

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Incrementar el nivel de producción en la línea de semi-sólidos en una
empresa del sector farmacéutico”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

**Nombre de la titulación
INGENIEROS INDUSTRIALES**

Presentado por:

Gabriela Denisse García Rodríguez

Stiven Marcelo Matamoros Adriano

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi familia, principalmente a mis padres que han dedicado su vida completa para darme la educación de la que se privaron por darnos lo mejor a mi hermano y a mí.

A mi padre Enrique por siempre llevarme en sus oraciones, demostrarle devoción a Dios y pedirle guía a mi vida.

A mi madre Elizabeth por ser el pilar fundamental de la familia, pero principalmente de mi vida, por cada palabra de aliento, confianza y consejos para no rendirme en este largo camino de mi vida profesional, gracias por sentarte a mi lado cada noche, por apoyarme siempre, llenarme de amor, ilusión, esperanzas e inculcarme todos los valores y principios para ser la gran mujer que soy.

A mis abuelos Timoteo y Juana, que en conjunto con mi tío Ramón siempre han hecho todo lo que esté a su alcance para cumplir cada uno de mis sueños, gracias por creer en mí, motivarme, encaminarme y por ser el ejemplo de todos.

Gabriela Denisse García Rodríguez

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a toda mi familia. Principalmente, a mis padres quienes fueron mi apoyo incondicional en los momentos más duros de mi vida universitaria. Gracias por enseñarme a no darme por vencido que a pesar del obstáculo que tenga en frente nunca bajar la cabeza y afrontarlo de la mejor manera.

Hoy puedo decir que soy la persona que soy gracias a ellos quienes inculcaron mis principios, valores, mi empeño y sobre todo un inmenso amor.

También quiero dedicarle este trabajo a mi hijo Caleb. Su llegada cuando estaba a mitad de carrera, sin duda alguna es lo mejor que me ha pasado, además de que junto con el apoyo de su madre Nicole han sido el empujón constante para que no tire la toalla y pueda terminar el proyecto.

Stiven Marcelo Matamoros Adriano

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por ser mi guía, fortaleza y por otorgarme la hermosa familia que me dio.

A mis abuelos y mi tío por ser mi lugar seguro, donde puedo refugiarme y llenarme de energía para continuar cada día, gracias por su apoyo incondicional, amor y confianza.

A mis padres Elizabeth y Enrique por darme su amor cada día y motivarme a cumplir todos mis sueños y metas.

A mi hermano Andrés y Mirella por ilusionarse junto a mí, confortarme y darme mis maravillosos sobrinos Annie y Dayer por los que me esfuerzo cada día por ser el mejor ejemplo para ellos.

A Armando por alentarme, ser mi calma, mi apoyo incondicional y llenarme de amor a lo largo de mi carrera.

A mi compañero Stiven por ser un pilar fundamental para la realización de este trabajo con éxito, gracias. por tu entrega, dedicación y soporte.

A mis compañeros que con el tiempo se volvieron amigos y hermanos.

A mis docentes que me formaron y llenaron de conocimientos para desarrollarlos en mi vida profesional.

Gabriela Denisse García Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser guía en mi tesis y vida universitaria.

A mis tíos Piedad y Ángel, quienes me criaron durante mis primeros años de vida y me dieron una infancia increíble.

A mis hermanas: Stephany y Cindy, que han sido una fuente de alegría desde siempre.

A mis amigos que adquirí durante mi camino universitario.

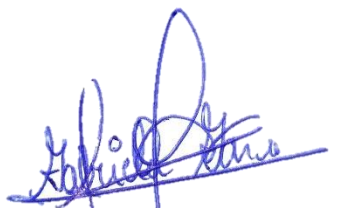
A mi compañera Gabriela por ser un pilar importante para poder terminar este proyecto y estar siempre que era necesario.

A mis docentes cuyo conocimiento, experiencia y amistad enriquecieron este trabajo y mi formación como profesional.

Stiven Marcelo Matamoros Adriano

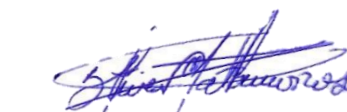
DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Gabriela Denisse García Rodríguez* y *Stiven Marcelo Matamoros Adriano*, damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Gabriela Denisse
García Rodríguez

Autor 1



Stiven Marcelo
Matamoros Adriano

Autor 2

EVALUADORES

.....
López S., MSc.

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Adanaqué I., MSc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto de titulación se realizó en una línea de producción de semi-sólidos de un laboratorio farmacéutico ubicado al norte de la Ciudad de Guayaquil. Esta línea de producción cuenta con tres fases de proceso, manufactura, envasado y empaquetado, en el cual se procesan diversos productos, siendo base de este estudio, su producto estrella, cremas de 20 g al 2%.

El objetivo principal de este proyecto fue aumentar el nivel de producción de la línea de semi-sólidos optimizando los procesos y recursos, por ello, se desarrolló la metodología DMAIC el cual consiste en 5 etapas Definición, Medición, Análisis, Implementación y Control.

En la primera etapa de Definición se utilizó las herramientas Voz del Cliente VOC, Ctg Tree, Sipoc, entre otras, con el cual se pudo hallar las necesidades, los indicadores, situación actual, para plantear el problema e identificar los objetivos. En la siguiente etapa Medición se utilizó un diagrama de flujo y un VSM, para encontrar las fábricas ocultas, las VA, NVA, NVAN, además, se realizó una estratificación de la Data, luego una comparación de la Data Histórica con la Data recolectada hallando y enfocándonos en los pasos que tenían mayor duración, es decir que les tomaba más tiempo durante el proceso.

Posteriormente se utilizó la data en la siguiente etapa de Análisis, se hallan las causas raíz de los problemas, aplicando diferentes herramientas como la de los 5 ¿Por qué?, luego se encontró las posibles soluciones, teniendo en cuenta a que causa raíz se enfocó, se priorizaron las posibles soluciones y se realizó un análisis de costo para considerar si es viable para la compañía o no implementarlas.

Finalmente, en la etapa de implementación y Control, se realizó un análisis de cada una de las soluciones implementadas, se tomó un control de un antes y un después, luego se realizó análisis de cuanto redujo sus tiempos, y si se cumplió con el objetivo de la compañía de aumentar los lotes de producción semanal para cumplir con la demanda en temporadas altas.

Palabras Clave: DMAIC, VOC, Tiempo de Producción, Reproceso.

ABSTRACT

This degree project was carried out in a semi-solids production line of a pharmaceutical laboratory located in the north of the city of Guayaquil. This production line has three process phases, manufacturing, bottling and packaging, in which different products are processed, being the basis of this study, its star product, creams of 20 g at 2%.

The main objective of the project is to increase the production level of the semi-solid line, optimizing processes and resources, therefore, the DMAIC methodology was developed, which consists of 5 stages Definition, Measurement, Analysis, Implementation and Control.

In the first stage of Definition, we used the tools Voice of the Customer VOC, Ctg Tree, Sipoc, among others, were used to identify the needs, indicators, current situation, to pose the problem and identify the objectives. In the next stage Measurement, we used a flow chart and a VSM, to find the hidden factories, the VA, NVA, NVAN, in addition, we made a stratification of the Data, comparison of the Historical Data with the collected Data, finding and focusing on the steps that had the longest duration, that is to say, that took more time during the process.

Subsequently, the data was then used in the next stage of analysis, the root causes of the problems were found, applying different tools such as the 5 Why's, then the possible solutions were found, taking into account the root cause focused on, the possible solutions were prioritized, and a cost analysis was performed to consider whether it is viable for the company or not to implement them.

Finally, in the implementation and control stage, an analysis was made of each of the implemented solutions, a before and after control was taken, an analysis was made of how much time was reduced, and if the company's objective of increasing weekly production batches to meet the demand in high seasons.

Keywords: DMAIC, VOC, Production Time, Reprocess.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	7
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1.....	10
1. Introducción	10
1.1 Descripción del problema	10
1.1.1 Variable de Interés.....	12
1.1.2 Alcance	15
1.1.3 Restricciones	16
1.2 Justificación del problema	17
1.3 Objetivos.....	18
1.3.1 Objetivo General	18
1.3.2 Objetivos Específicos.....	18
1.4 Marco teórico.....	18
CAPÍTULO 2.....	21
2. Metodología	21
2.1 Medición	21
2.1.1 Plan de Recolección de Datos	21
2.1.2 Verificación de Datos	21

2.1.3	Verificación Estadística.....	23
2.1.4	Procesos Detallados	26
2.1.5	Mapeo de la Cadena de Valor	29
2.2	Análisis	34
2.2.1	Análisis de Causas	34
2.2.2	Plan de Verificación de Causas	41
2.2.3	Determinación de Causas Raíz	42
2.2.4	Verificación de Causas	44
2.2.5	Listado de Causas Raíz.....	49
2.3	Propuestas de Mejoras.....	50
2.3.1	Lluvia de Ideas de Soluciones	50
2.3.2	Priorización de Soluciones.....	52
2.4	Implementación	55
2.4.1	Explicación de la Solución	55
2.4.2	Plan de Implementación.....	56
2.4.3	Simulación	63
CAPÍTULO 3.....		64
3.	Resultados Y ANÁLISIS	64
3.1	Aumento de los Lotes Producidos Semanalmente	64
3.2	Análisis Financiero	64
CAPÍTULO 4.....		66
4.	Conclusiones Y Recomendaciones	66
4.1	Conclusiones.....	66
4.2	Recomendaciones.....	67
BIBLIOGRAFÍA.....		1
APÉNDICES.....		2

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve and Control
VOC	Voice of Customers
SIPOC	Supplier, Inputs, Process, Output, Customers.
CTQ	Critical to Quality
VSM	Value Stream Mapping
SMED	Single Minute Exchange of Die
EPP	Equipo de Protección Personal
SRI	Servicio de Rentas Internas
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
VA	Agregan Valor
NVA	No agregan valor
NVAN	No agregan valor, pero necesarias.

SIMBOLOGÍA

min	Minutos
s	Segundos
\$	dólares americanos
%	Porcentaje
z	Nivel de Confianza
μ	Promedio
σ	Desviación estándar
H0	Hipótesis Nula
H1	Hipótesis Alternativa

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Herramienta 3W+2H.....	11
Figura 1.2 Tiempo promedio de producción de Enero a Octubre del 2022	11
Figura 1.3 Árbol de Variables Críticas CTQ TREE	14
Figura 1.4 SIPOC del Proceso	16
Figura 2.5 Data Histórica de Empaquetado.....	24
Figura 2.6 Prueba T e IC de dos muestras.....	24
Figura 2.7 Prueba de Capacidad de Tiempo de Producción	25
Figura 2.8 Estratificación	26
Figura 2.9 Diagrama de Flujo del proceso.....	29
Figura 2.10 Value Stream Mapping (VSM)	31
Figura 2.11 Actividades VA, NVA, NVAN	32
Figura 2.12 Fábricas ocultas del proceso	33
Figura 2.13 Cuello de botella.....	33
Figura 2.14 Diagrama de Ishikawa	34
Figura 2.15 Lluvia de ideas.....	35
Figura 2.16 Identificación de Causas con los operadores de producción.....	36
Figura 2.17 Diagrama de Ishikawa de Tiempo de Llenado del Tubo.....	36
Figura 2.18 Tiempo de Empaquetado	37
Figura 2.19 Cuadro de Causas.....	39
Figura 2.20 Análisis de Impacto vs Control	41
Figura 2.21 Acumulación de Tubos de Crema en Rampa	44
Figura 2.22 Porcentaje de Representación entre empaquetado y retrabajo.....	44
Figura 2.23 Calibración para envasado y pérdida de tubos por niveles de Estación.....	45
Figura 2.24 Recalibración y perdida de tubos por Recalibración.....	46
Figura 2.25 Reabastecimiento de tolva y tubos perdidos está acción	46
Figura 2.26 Empaquetado de producto y tubos perdidos por movimiento.....	47
Figura 2.27 Porcentaje del tiempo de empaquetado	47
Figura 2.28 Llenado Manual del agua con temperatura alta.....	48
Figura 2.29 Prueba T de 2 muestras	48
Figura 2.30 Reuniones de Propuesta de Soluciones.....	50

Figura 2.31 Impacto vs Esfuerzo	55
Figura 2.32 Diagrama de Gantt	58
Figura 2.33 Gráfico del tiempo de Manufactura Data histórica vs Post mejoras	60
Figura 2.34 Prueba T de Data Histórica y Post-Mejoras de Manufactura.....	61
Figura 2.35 Gráfico del tiempo de empaquetado Data histórica vs Post mejoras	61
Figura 2.36 Prueba T de Data Histórica y Post-Mejoras de Empaquetado	62
Figura 3.37 Simulación de la línea de producción de Semi-Sólidos	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Recolección de Datos.....	21
Tabla 2.2 Verificación de Data Histórica.....	22
Tabla 2.3 Recolección y Verificación de Datos de Manufactura y Envasado	23
Tabla 2.4 Nivel de Relación.....	37
Tabla 2.5 Efectos en el proceso	38
Tabla 2.6 Matriz de Causa y efecto	38
Tabla 2.7 Matriz de Impacto vs Control	40
Tabla 2.8 Plan de Verificación de Causas.....	42
Tabla 2.9 Causas Raíz.	43
Tabla 2.10 Listado de Causas Raíz.....	49
Tabla 2.11 Posibles Soluciones.....	51
Tabla 2.12 Análisis de Soluciones.....	53
Tabla 2.13 Análisis de Impacto y Esfuerzo.....	54
Tabla 2.14 Plan de Implementación	57
Tabla 2.15 Diferencias en el tiempo de llenado de Máquina Marmita	59
Tabla 2.16 Tiempo de Manufactura.....	62
Tabla 3.17 Tiempo de Empaquetado	62
Tabla 3.18 Comparación de los tiempos de producción antes y después.....	63
Tabla 3.19 Número de cremas producidas semanalmente	64
Tabla 3.20 Detalle del Costo de Mejoras y Utilidad	64
Tabla 3.21 Valores del VAN y el Porcentaje de TIR	65

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La demanda de cremas y productos semisólidos es muy variable en la actualidad por lo que las empresas buscan mejorar sus procesos para que puedan adaptarse a la variabilidad de esta y poder responder a estos cambios por temporada.

Debido a esta variación de la demanda en el mercado, las empresas deben tener la capacidad para poder cumplir con la demanda que se presente en el tiempo, para lo cual se debería automatizar los procesos, eliminando actividades que no agreguen valor o reduciendo las que no agreguen valor pero que son necesarias. Para llevar a cabo lo antes mencionado se necesita tener claros conceptos DMAIC para mejorar los procesos, enfocándonos en la eliminación de “Mudas” que provocan un aumento en el tiempo de producción bastante considerables, de esta manera el tiempo de producción se reducirá y tengamos la información necesaria para tomar decisiones a futuro, las cuales buscaran que el proceso sea más eficiente que el que se tiene actualmente.

1.1 Descripción del problema

Actualmente, la empresa presenta problemas por el rendimiento que poseen en la línea de producción de semi-sólidos, ya que es más bajo de lo esperado, debido a que registra altos tiempos promedios de producción de un lote, además incurren en horas extras, por tal se requiere optimizar recursos, horas de trabajo, mejorar y automatizar los procesos, reducir sus fábricas ocultas y eliminar las actividades que no agregan valor al producto.

Este elevado tiempo es afectado por causas como trabajos manuales en la transportación de materia prima y agua, tiempos de esperas por calentamiento del agua y enfriamiento de la mezcla, además por largos tiempos de espera para iniciar la producción.

En la figura 1.1 se puede observar la herramienta que se utilizó para la declaración del problema, apoyándose de los datos históricos proporcionados por la empresa.

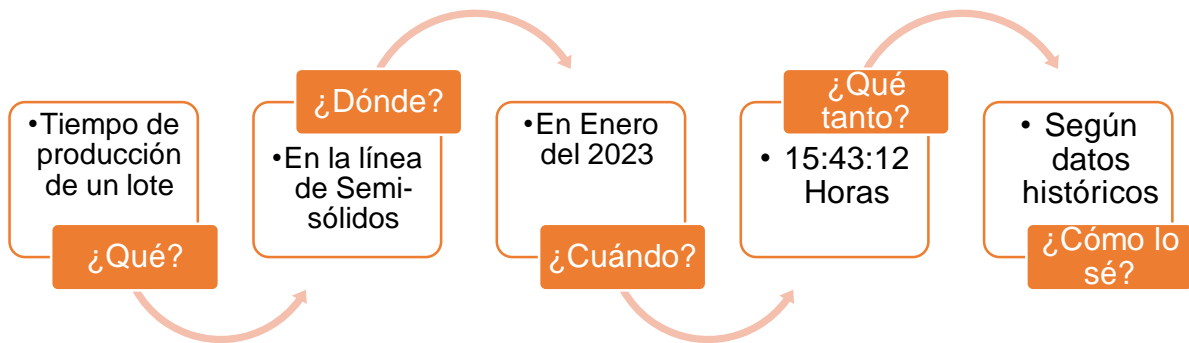


Figura 1.1 Herramienta 3W+2H

Fuente: Elaboración propia

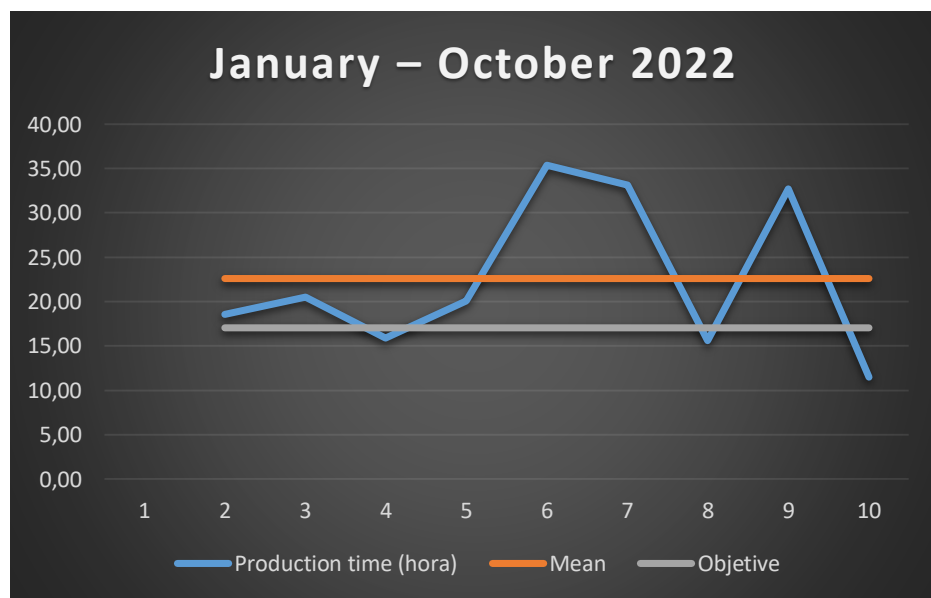


Figura 1.2 Tiempo promedio de producción de Enero a Octubre del 2022

Fuente: Elaboración Propia

Con la ayuda de esta Herramienta, la declaración del problema queda expresada de la siguiente forma:

“La empresa desea incrementar la producción semanal de 2 a 3 lotes, para satisfacer la demanda en temporada alta, actualmente el tiempo promedio de producción

de un lote de 20 gramos al 2% en la línea de semi-sólidos es de 15:48:36 horas; aunque el lote producido más rápido fue de 11:00:00 horas, según datos históricos”

Para la Declaración del objetivo general y el objetivo Smart, se tomó la declaración de la data histórica de enero a octubre del 2022, donde se obtuvo un tiempo promedio de 15:48:36 horas, el Benchmark o valor referencia es de 11:00:00 horas, dando una brecha de 4:48:36 horas, la tasa de reducción del Gap, es un escenario neutral del 50%.

Para el objetivo general queda expresada de la siguiente forma: *“Reducción de tiempo promedio de producción de un lote en la línea de semi-sólidos en aproximadamente 2:24:00 horas para el mes de enero del 2023”*.

Para el cálculo del objetivo Smart, se utiliza la siguiente formula:

$$\text{Objetivo} = \text{Promedio} - (\% * \text{GAP})$$

De acuerdo a la fórmula usada se obtiene el objetivo de 13:24:00 horas, con un escenario neutro (50%) y Green Belt quedando la declaración del objetivo de la siguiente manera:

“Reducir el tiempo promedio de producción por lote de 15:48:36 horas a 13:24:00 horas, hasta el mes de enero del 2023”

1.1.1 Variable de Interés

Con la finalidad de recopilar la información que afecta el proceso productivo de la línea de estudio, se procede a realizar las entrevistas respectivas con el Gerente General, Jefa de Producción y personal operativo, para entender las necesidades del cliente, con la herramienta VOC se logra reunir los siguientes hallazgos:

- I. Falta de Digitalización de Datos Históricos.
- II. Pérdida de Tiempo debido a la distancia entre la materia prima y el inicio del proceso.

- III. Reducir el tiempo de calentamiento del agua y Mejorar el transporte de Materia prima.
- IV. Reducir el tiempo de enfriamiento del agua considerando condiciones especiales.
- V. Control de muchas pausas activas durante el día.
- VI. Largos tiempos de espera para la producción.

Luego, con la herramienta CTQ TREE o árbol de Variables Críticas, se procedió a traducir los requerimientos del cliente en variables medibles, es decir cuantitativas (Drivers), para finalmente ser traducidas en variables críticas o indicadores, como se puede observar en la figura 1.3.

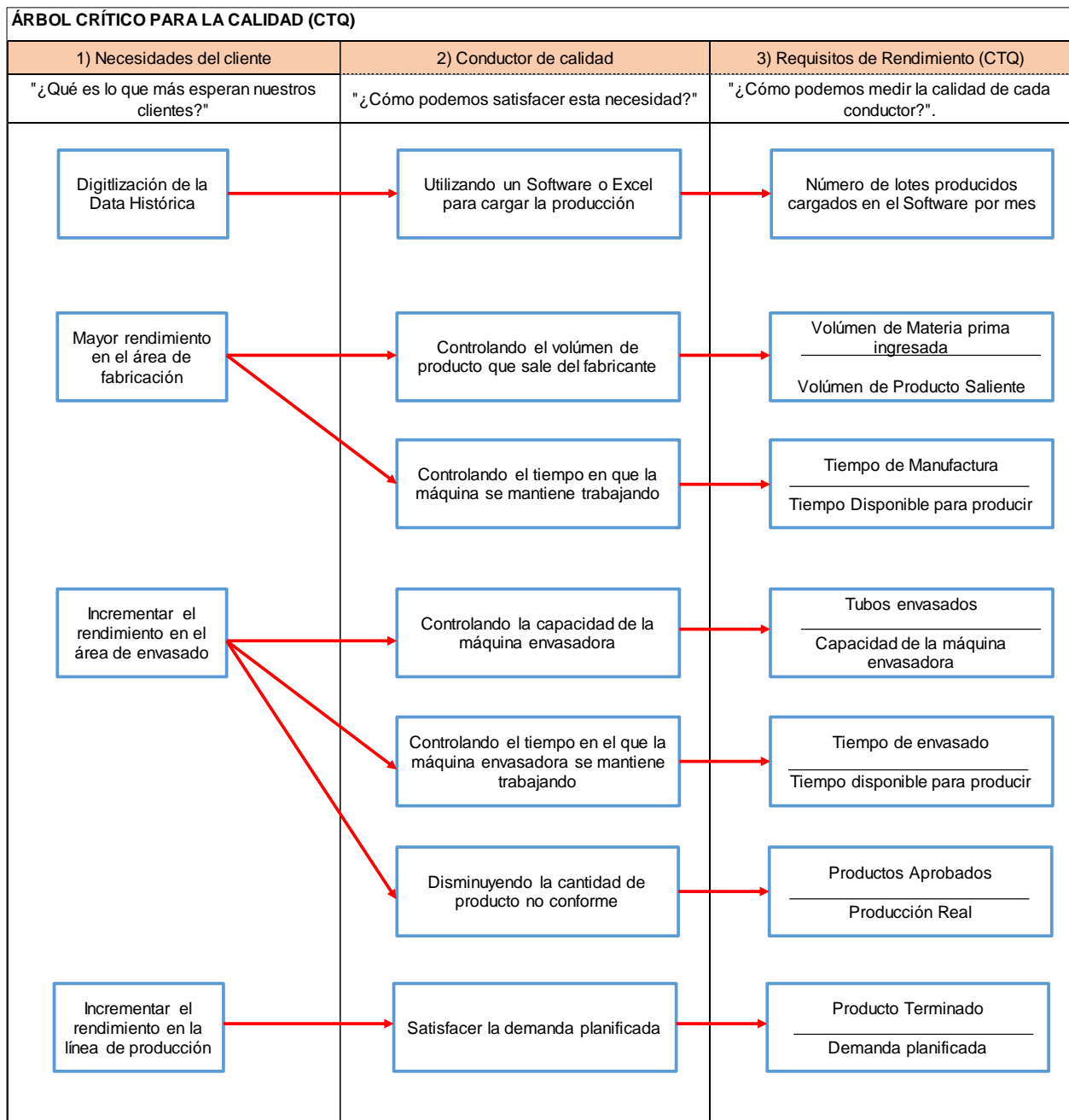


Figura 1.3 Árbol de Variables Críticas CTQ TREE

Fuente: Elaboración Propia

A partir de la identificación de las variables críticas, se determinó la variable de respuesta de nuestro proyecto de incremento del nivel de producción, el cual será el número de Batches semanales, debido a que actualmente ellos producen 2 lotes semanales lo que significan 18000 tubos de crema, siendo la expectativa producir 3 lotes por semana lo que significa 27000 tubos de crema.

1.1.2 Alcance

Para el alcance de este proyecto para la línea de producción de semi-sólidos, se realizó el mapeo general del proceso de producción, con la utilización de la herramienta SIPOC (Supplier, Inputs, Process, Output, Customers), como se puede observar en la figura 1.4 al mapear las entradas y salidas, se logra analizar cuáles son los limitantes del proceso, cuáles son los proveedores y clientes, además del proceso de manufactura, envasado y empaquetado, con su respectivo flujo de información generado en cada una de las etapas que corresponde.

El enfoque del presente estudio se realiza a partir del proceso de Dosificación, donde se generan las órdenes de insumos y materia primas, el proceso de estudio termina, una vez el producto queda almacenado en las gavetas en zona de cuarentena, para su posterior aprobación y empaquetado final.

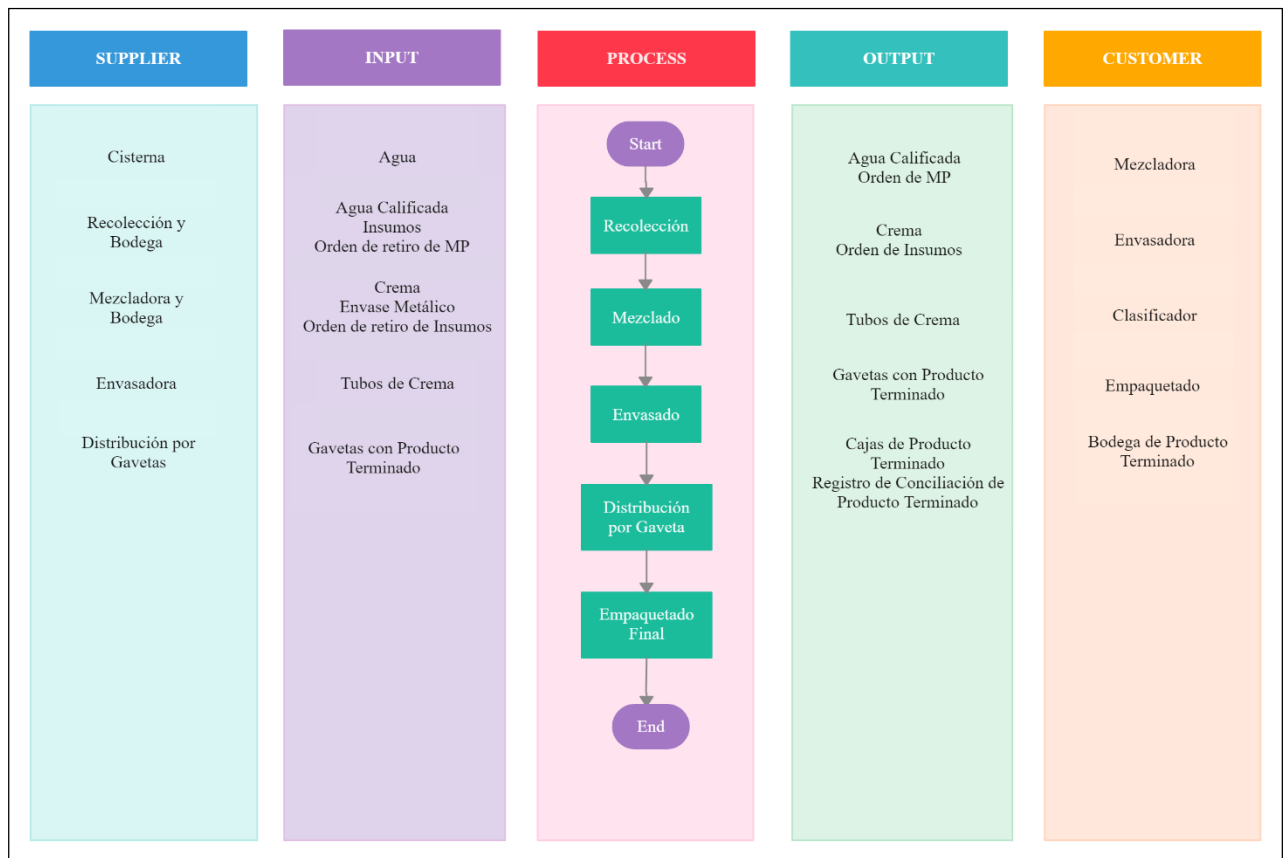


Figura 1.4 SIPOC del Proceso

Fuente: Elaboración propia

1.1.3 Restricciones

Las principales restricciones que tiene el proyecto son:

- I. Antes de iniciar cada proceso, se necesita la aprobación y liberación de la línea de parte del Departamento de Calidad, puesto que al inicio de la manufactura el agua calificada debe estar dentro del rango 0% - 0.5% máximo de contaminantes, además cuando se culmina el proceso de manufactura, antes de empezar el proceso de envasado, control de calidad, tiene un rol principal donde debe realizar pruebas de microorganismos, viscosidad y verificación de que la mezcla contenga 2g del ingrediente activo por cada 100 gramos.
- II. Antes de incorporar la materia prima a la mezcladora, se debe esperar un tiempo prolongado hasta que el agua calificada alcance la temperatura optima de 80°C, para que la mezcla no se separe, además se debe comprobar

constantemente que las revoluciones del agitador son las correctas terminando el proceso de mezcla porque a mayor viscosidad, más revoluciones.

- III. Capacidad en litros de la máquina y su llenado, debido a que la capacidad de la máquina es limitada por 116 litros, hace que su contenido se desborde, por ello la máquina es llenada por cubos con una capacidad de solo 14 litros, además que la máquina no cuenta con datos referentes a la velocidad de llenado ni intensidad de caudal.

- IV. Los procesos de operación se realizan de forma manual, además no se encuentran los procesos estandarizados.

1.2 Justificación del problema

El sector farmacéutico tiene un rol importante en la recuperación de la economía y bienestar de un país, por ello se evidencia su crecimiento constante relacionando con un aumento en la actividad tanto económica, como de innovación, generación de empleos e inversión y eso se evidencia, según reportes al SRI que en el primer bimestre del 2022 las ventas cuentan con tendencia creciente del 18%, aumentando de \$1610 millones a \$1909 millones, comparando con el 2021. Lo que indica que son cifras favorables para el sector farmacéutico en este año. (Zabala J., Guamán J., Burgos D., Burgos A., Calvopiña., 2022)

Además, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, el sector farmacéutico, hasta el mes de Febrero del 2022 registraba el 3,5% total de empleo al país, (Zabala J., Guamán J., Burgos D., Burgos A., Calvopiña., 2022), lo que significa que las personas que trabajan en este sector, cuentan con un empleo adecuado, estable, por lo tanto, al poseer personal altamente calificado, se debe considerar aprovechar los recursos de mejor manera, disminuir tiempos y actividades que no agregan valor, manteniendo los estándares de calidad, eficiencia y competitividad, que son rasgos característicos de la empresa, en pro de satisfacer las necesidades de consumidores, distribuidores y cliente final.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Incrementar el nivel de producción en la línea de semi-sólidos con la ayuda de la metodología Lean Six Sigma implementando DMAIC, optimizando recursos, eliminando las fábricas ocultas, actividades que no agregan valor al proceso, logrando el objetivo de reducir el tiempo promedio de producción por lote, en aproximadamente 2:24:00 horas para enero del 2023.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Mapear el proceso de la situación actual e identificar actividades que agregan valor y actividades que no agregan valor.
2. Tomar los tiempos del proceso, desde el comienzo de la etapa de manufactura hasta la etapa de empaquetado.
3. Identificar y analizar las causas raíz, de la baja productividad
4. Proponer y priorizar las posibles soluciones
5. Evaluar soluciones.

1.4 Marco teórico

DMAIC

DMAIC es una metodología que se deriva de Six Sigma con una estructura de 5 etapas según su acrónimo Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar, su enfoque está basado en mejoras de proceso, resolución de problemas, optimización de productos, diseños y procesos. (Bastidas L., 2020)

Definir

La primera etapa o fase de la metodología es la Definición del problema que necesitamos resolver, para así encontrar correctamente la variable de respuesta, en esta etapa nos apoyaremos de la metodología 3W+2h en el cual hallaremos el planteamiento del problema e identificamos objetivos, (Bastidas L., 2020), además, de analizar las posibles mejoras dentro de la empresa y en coordinación con los involucrados dentro del proceso, haciendo una lluvia de ideas y VOC, a su vez usamos la metodología SIPOC para fijar el alcance del proyecto.

Medir

La segunda etapa o fase de la metodología es Medir tiene como objetivo establecer rendimiento actual y los datos que se encontraran en estudio, por ello hacemos un plan de recopilación de datos, en el cual se describen los datos necesarios a medir, usando las interrogantes ¿Cómo medir el problema correctamente?, ¿Qué indicadores implementar?, ¿Cómo obtenemos la información?, etc. Además, para conocer nuestras fábricas ocultas, las actividades que VA, NVA y NVAN, se procedió a realizar un mapeo del proceso detallado y un VSM. En esta etapa, además se utilizó intervalos de medición, análisis de capacidad y graficas de control del proceso. (Vera Josseline., 2021).

Análisis

En la tercera etapa se evalúan y analizan los datos obtenidos, a través de análisis estadísticos, para obtener causas potenciales o hipótesis, que tienen gran impacto en el problema, logrando identificar las causas raíz, a través de Diagrama de Ishikawa, 5 ¿Por qué? y la matriz de priorización de causas. (Vera Josseline., 2021).

Implementación

En la cuarta fase o etapa, se proponen varias posibles soluciones, para acabar con las causas potenciales que generan un impacto más significativo al problema, luego de realizar el análisis, se seleccionan las mejores opciones que cubran en su totalidad los diferentes objetivos planteados, realizando pruebas piloto, simulaciones, para identificar y conocer los resultados de la mejora. (Vera Josseline., 2021).

Control

Luego de obtener los resultados de mejora en la etapa anterior, es importante plantear métodos de control y mantener las soluciones en el tiempo.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El proyecto se realizó utilizando la metodología DMAIC la cual consta de 5 etapas tales como: Definición, Medición, Análisis, Implementación y Control. Debido a que, en el capítulo anterior, en el capítulo 1, se declaró la parte de Definición, se procederá a la explicación de la siguiente etapa medición.

2.1 Medición

Luego de haber definido el problema, con sus respectivos objetivos, alcance y variable de respuesta, se procede con el levantamiento de información sobre el proceso de manufactura y envasado de tubos de cremas.

2.1.1 Plan de Recolección de Datos

Para poder levantar información relevante para las variables de interés, se establece un plan de recolección de datos que permita obtener información. Para el desarrollo del plan de recolección de datos, se tomó en consideración medir las variables respuestas, dependientes, restricciones y todos los datos necesarios.

¿Qué?			¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cómo?		¿Por qué?	¿Quién?	
Datos a Recopilar	Unidad	Tipo de Datos	¿Dónde recopilar?	¿Cuándo Recopilar?	Método de Observación	Método de Recopilación	¿Por qué se recopila?	Persona encargada	
Volúmen de Producción	Unidad	Cuantitativa discreta	Base de Datos	Fase de Medición	Entrevista	Batch Histórico	Permite calcular el nivel de producción	Líderes de Proyecto	
Demanda planificada	Unidad	Cuantitativa discreta	Base de Datos	Fase de Medición	Entrevista	Batch Histórico	Permite calcular la variable de desempeño en las métricas propuestas por la empresa	Líderes de Proyecto	
Unidades defectuosas	Unidad	Cuantitativa discreta	Base de Datos	Fase de Medición	Entrevista	Batch Histórico	Permite calcular la variable de desempeño en las métricas propuestas por la empresa	Líderes de Proyecto	
Tiempo	Manufactura	Unidad	Cuantitativa Continua	Base de Datos/ Presencial	Fase de Medición	Entrevista	Semanal	Permite calcular la variable de desempeño en las métricas propuestas por la empresa	Líderes de Proyecto
	Envasado	Unidad	Cuantitativa Continua	Base de Datos/ Presencial	Fase de Medición	Entrevista	Semanal	Permite calcular la variable de desempeño en las métricas propuestas por la empresa	Líderes de Proyecto

Tabla 2.1 Recolección de Datos

Fuente: Elaboración propia

2.1.2 Verificación de Datos

Para el levantamiento de la información se realizó un formato de toma de tiempos el cual fue llenado por nosotros en las visitas que hacíamos a la planta de producción. Para de esta manera recolectar información que antes no tenía en consideración la

empresa, además de que se recolectaron datos de la base histórica que manejaba la empresa.

Número de Lote : 220105						
Presentación: Tubo de 20 gramos						
	Cantidad Teórica	Cantidad Real	Dañado en Proceso	# muestra	Calculo de % Rendimiento	Calculo de % de Rendimiento PT
Producto	180	172,92	6,81	0,27	96,07	100
Producto en unidades	9000	8646	346	8	96,07	100
Tubos de Aluminio	8794	8646	139	9	98,32	100
Aplicador Desechable	8652	8646	6	3	99,98	100
Cajas Clotrimazol	8725	8646	75	4	99,09	100
Cajas Kronos	68	68	0	0	100,00	100
Etiqueta Adhesiva	69	68	0	1	98,55	100
Cinta Novo	2	2	0	0	100,00	100

% MERMA DEL LOTE 3,93

Número de Lote : 220429						
Presentación: Tubo de 20 gramos						
	Cantidad Teórica	Cantidad Real	Dañado en Proceso	# muestra	Calculo de % Rendimiento	Calculo de % de Rendimiento PT
Producto	180	175,6	4,16	0,27	97,56	100
Producto en unidades	9000	8780	212	8	97,56	100
Tubos de Aluminio	8881	8780	92	9	98,86	100,00
Aplicador Desechable	8783	8780	0	3	99,97	100,00
Cajas Clotrimazol	8780	8780	100	4	100,00	101,18
Cajas Kronos	70	69	1	0	98,57	100,00
Etiqueta Adhesiva	70	69	0	1	98,57	100,00
Cinta Novo	2	2	0	0	100,00	100

% MERMA DEL LOTE 2,46

Número de Lote : 220137						
Presentación: Tubo de 20 gramos						
	Cantidad Teórica	Cantidad Real	Dañado en Proceso	# muestra	Calculo de % Rendimiento	Calculo de % de Rendimiento PT
Producto	180	175,96	3,77	0,27	97,76	100
Producto en unidades	9000	8798	194	8	97,76	100
Tubos de Aluminio	8879	8798	72	9	99,09	100
Aplicador Desechable	8801	8798	0	3	99,97	100
Cajas Clotrimazol	8876	8798	74	4	99,12	100
Cajas Kronos	69	69	0	0	100,00	100
Etiqueta Adhesiva	70	69	0	1	98,57	100
Cinta Novo	2	2	0	0	100,00	100

% MERMA DEL LOTE 2,24

Número de Lote : 220462						
Presentación: Tubo de 20 gramos						
	Cantidad Teórica	Cantidad Real	Dañado en Proceso	# muestra	Calculo de % Rendimiento	Calculo de % de Rendimiento PT
Producto	180	173,68	6,05	0,27	96,49	100
Producto en unidades	9000	8684	308	8	96,49	100
Tubos de Aluminio	8871	8684	78	9	97,89	98,87
Aplicador Desechable	8687	8684	0	3	99,97	100
Cajas Clotrimazol	8800	8684	112	4	98,68	100
Cajas Kronos	68	68	0	0	100,00	100
Etiqueta Adhesiva	69	68	0	1	98,55	100
Cinta Novo	2	2	0	0	100,00	100

% MERMA DEL LOTE 3,51

Número de Lote :						
Presentación: Tubo de 20 gramos						
	Cantidad Teórica	Cantidad Real	Dañado en Proceso	# muestra	Calculo de % Rendimiento	Calculo de % de Rendimiento PT
Producto	180	176,48	3,25	0,27	98,04	100
Producto en unidades	9000	8824	168	8	98,04	100
Tubos de Aluminio	8843	8824	10	9	99,79	100
Aplicador Desechable	8827	8824	0	3	99,97	100
Cajas Clotrimazol	8870	8824	42	4	99,48	100
Cajas Kronos	69	69	0	0	100,00	100
Etiqueta Adhesiva	70	69	0	1	98,57	100
Cinta Novo	2	2	0	0	100,00	100

% MERMA DEL LOTE 1,96

Número de Lote : 220509						
Presentación: Tubo de 20 gramos						
	Cantidad Teórica	Cantidad Real	Dañado en Proceso	# muestra	Calculo de % Rendimiento	Calculo de % de Rendimiento PT
Producto	180	174,46	5,27	0,27	96,92	100
Producto en unidades	9000	8723	269	8	96,92	100
Tubos de Aluminio	8848	8723	116	9	98,59	100,00
Aplicador Desechable	8734	8723	8	3	99,87	100
Cajas Clotrimazol	8950	8723	223	4	97,46	100
Cajas Kronos	69	69	0	0	100,00	100
Etiqueta Adhesiva	70	69	0	1	98,57	100
Cinta Novo	2	2	0	0	100,00	100

% MERMA DEL LOTE 3,08

Tabla 2.2 Verificación de Data Histórica

Fuente: Elaboración propia

Máquina/Proceso:		Envasado		Fecha:		9/11/2022		Lote:	
# Muestra	Tiempo de Ciclo (U/min)	# Muestra	Tiempo de Ciclo (U/min)	# Muestra	Tiempo de Ciclo (U/min)	# Muestra	Tiempo de Ciclo (U/min)	# Muestra	Tiempo de Ciclo (U/min)
1	30	51	30	101	27	151	29		
2	30	52	30	102	28	152	29		
3	29	53	28	103	27	153	29		
4	28	54	30	104	29	154	29		
5	30	55	30	105	26	155	29		
6	28	56	29	106	28	156	26		
7	30	57	30	107	28	157	26		
8	30	58	28	108	28	158	28		
9	28	59	30	109	28	159	30		
10	29	60	29	110	29	160	29		
11	29	61	29	111	28	161	28		
12	27	62	28	112	27	162	30		
13	29	63	30	113	27	163	28		
14	28	64	29	114	27	164	27		
15	29	65	30	115	30	165	26		
16	30	66	29	116	28	166	30		
17	30	67	30	117	31	167	30		
18	29	68	30	118	28	168	29		
19	28	69	28	119	27	169	28		
20	29	70	29	120	28	170	26		
21	29	71	30	121	30	171	28		
22	29	72	30	122	27	172	28		
23	26	73	28	123	30	173	27		
24	29	74	28	124	31	174	28		
25	30	75	29	125	27	175	29		
26	30	76	28	126	30	176	28		
27	29	77	28	127	26	177	26		
28	28	78	27	128	28	178	21		
29	28	79	28	129	30	179	31		
30	30	80	27	130	27	180	26		
31	30	81	29	131	29	181	23		
32	28	82	29	132	30	182	23		
33	30	83	20	133	29	183	29		
34	26	84	30	134	28	184	27		
35	29	85	28	135	28	185	31		
36	30	86	26	136	28	186	24		
37	30	87	27	137	27	187	24		
38	28	88	28	138	26	188	23		
39	28	89	29	139	27	189	28		
40	30	90	28	140	28	190	25		
41	31	91	28	141	29	191	27		
42	30	92	28	142	28	192	29		
43	28	93	27	143	28	193	28		
44	28	94	30	144	28	194	26		
45	29	95	29	145	29	195	20		
46	29	96	29	146	30	196	24		
47	30	97	28	147	30	197	21		
48	28	98	28	148	29	198	31		
49	30	99	29	149	26	199	23		
50	29	100	30	150	26	200	27		

Observación:

Máquina/Proceso:		Empaquetado		Fecha:		9/11/2022		Lote:	
# Muestra	Tiempo de Ciclo (U/min)	# Muestra	Tiempo de Ciclo (U/min)	# Muestra	Tiempo de Ciclo (U/min)	# Muestra	Tiempo de Ciclo (U/min)	# Muestra	Tiempo de Ciclo (U/min)
1	31	51	27	101	40	151	44		
2	28	52	28	102	51	152	48		
3	33	53	34	103	41	153	34		
4	34	54	27	104	47	154	28		
5	33	55	31	105	50	155	49		
6	45	56	28	106	45	156	30		
7	33	57	33	107	37	157	31		
8	32	58	27	108	43	158	26		
9	26	59	31	109	41	159	30		
10	46	60	26	110	35	160	36		
11	35	61	31	111	31	161	31		
12	26	62	29	112	43	162	34		
13	49	63	30	113	30	163	30		
14	31	64	30	114	43	164	28		
15	48	65	26	115	40	165	28		
16	46	66	27	116	37	166	26		
17	45	67	30	117	32	167	28		
18	33	68	26	118	35	168	26		
19	30	69	28	119	30	169	25		
20	36	70	27	120	31	170	27		
21	36	71	30	121	46	171	25		
22	31	72	28	122	30	172	41		
23	30	73	27	123	31	173	26		
24	24	74	26	124	40	174	26		
25	45	75	29	125	35	175	26		
26	33	76	56	126	40	176	30		
27	33	77	40	127	33	177	29		
28	31	78	31	128	38	178	29		
29	30	79	47	129	29	179	33		
30	38	80	30	130	29	180	45		
31	32	81	28	131	50	181	30		
32	26	82	41	132	35	182	55		
33	28	83	32	133	32	183	26		
34	31	84	51	134	28	184	54		
35	31	85	31	135	30	185	27		
36	32	86	28	136	28	186	54		
37	26	87	30	137	30	187	25		
38	28	88	28	138	27	188	55		
39	33	89	31	139	58	189	29		
40	30	90	26	140	53	190	44		
41	30	91	30	141	51	191	46		
42	26	92	30	142	46	192	32		
43	25	93	28	143	50	193	53		
44	28	94	38	144	48	194	44		
45	31	95	25	145	54	195	33		
46	31	96	30	146	46	196	44		
47	31	97	46	147	36	197	54		
48	27	98	40	148	30	198	27		
49	27	99	43	149	45	199	57		
50	31	100	45	150	50	200	54		

Observación:

Tabla 2.3 Recolección y Verificación de Datos de Manufactura y Envasado

Fuente: Elaboración Propia

2.1.3 Verificación Estadística

2.1.3.1 Tiempo de Empaquetado

Con la ayuda de Minitab 17 se realizó una prueba de medias para verificar que los datos recolectados por nosotros y los datos obtenidos de la base de datos de la empresa tenían relación.

PACKANGING				
HISTORICAL DATA				SAMPLES
BATCH	TIME(min)	#produced	u/min	u/min
220105	180	8646	48	31
220137	260	8798	34	28
-	140	8824	63	33
220429	235	8780	37	34
220462	540	8684	16	33
220736	540	8675	16	45
220737	145	8685	60	33
220849	545	8742	16	32
220948	395	8723	22	26
				46
				35
				26
				49
				31
				48
				46
				45
				33
				30
				36
				36
				31
				30
				24
				45

Figura 2.5 Data Histórica de Empaquetado
Fuente: Elaboración propia

HOJA DE TRABAJO 1

Prueba T e IC de dos muestras: teorico emp; ttiempos emp

Método

μ_1 : media de teorico emp
 μ_2 : media de ttiempos emp
Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
teorico emp	9	34,7	18,8	6,3
ttiemplos emp	200	34,08	7,65	0,54

Estimación de la diferencia

IC de 95% para la Diferencia diferencia
0,64 (-13,86; 15,14)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T GL Valor p
0,10 8 0,921

Figura 2.6 Prueba T e IC de dos muestras
Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado las pruebas T e IC de dos muestras como se puede observar en la figura 2.9 da como resultado que los datos históricos proporcionados por la empresa son confiables.

Luego de haber hecho el análisis se verificó la confiabilidad de los datos que se obtuvo en nuestra recolección, como se puede observar con un valor p de 0.921 no rechazamos la hipótesis nula de que las dos medias son iguales.

Luego de esto se realizó un análisis de capacidad para comprobar que el proceso es capaz en función de los requerimientos de la empresa en sus tiempos de producción por lote.

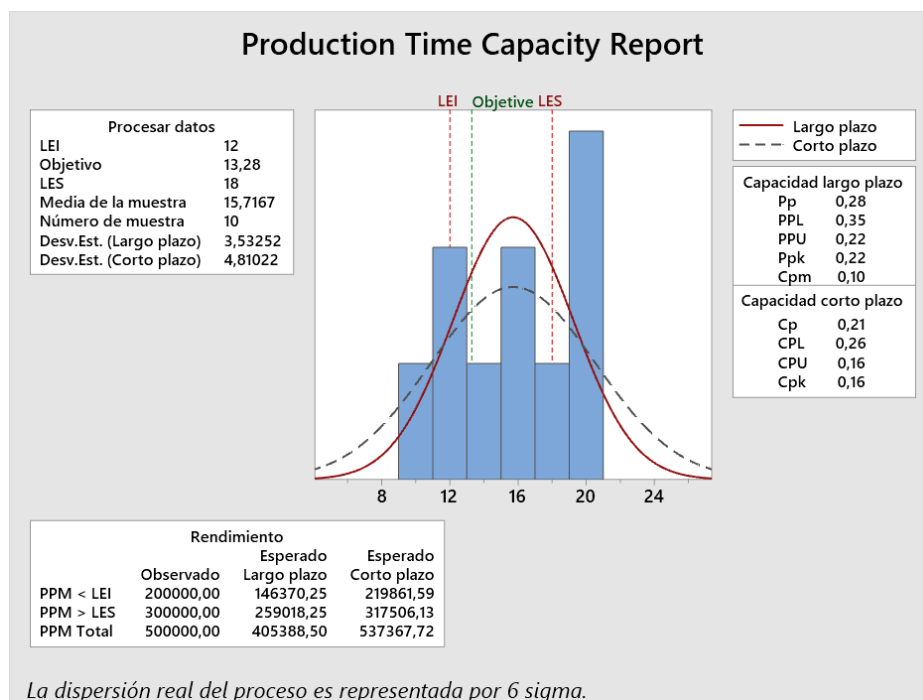


Figura 2.7 Prueba de Capacidad de Tiempo de Producción

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar con un Cpk de 0.16 se logra concluir que el proceso no es capaz de cumplir con los requerimientos de la empresa.

Luego se procedió a realizar la estratificación de los tiempos promedios en cada paso de los procesos tanto de manufactura como de envasado, por tal se centró el estudio en los 5 primeros pasos que obtuvieron el 80 por ciento del tiempo total del proceso en la estratificación, el primer punto es el paso 8, 2 que pertenece al área de envasado, el cual cuenta con el 22.4% del tiempo promedio, con el 22.1% es el paso 7,2 que pertenece al proceso de envasar el producto, el siguiente cuenta con el 16,7% al paso 6,1 el cual pertenece al llenado de la máquina Marmita que es el mezclador de los insumos, 11.3% para el paso 13,1 el cual consiste en esperar a que la crema se enfríe en condiciones especiales y el 4.4% del tiempo promedio pertenece al igual que el punto anterior a tiempos de espera por calentar el agua antes de la producción el cual es considerado el paso 3,1.

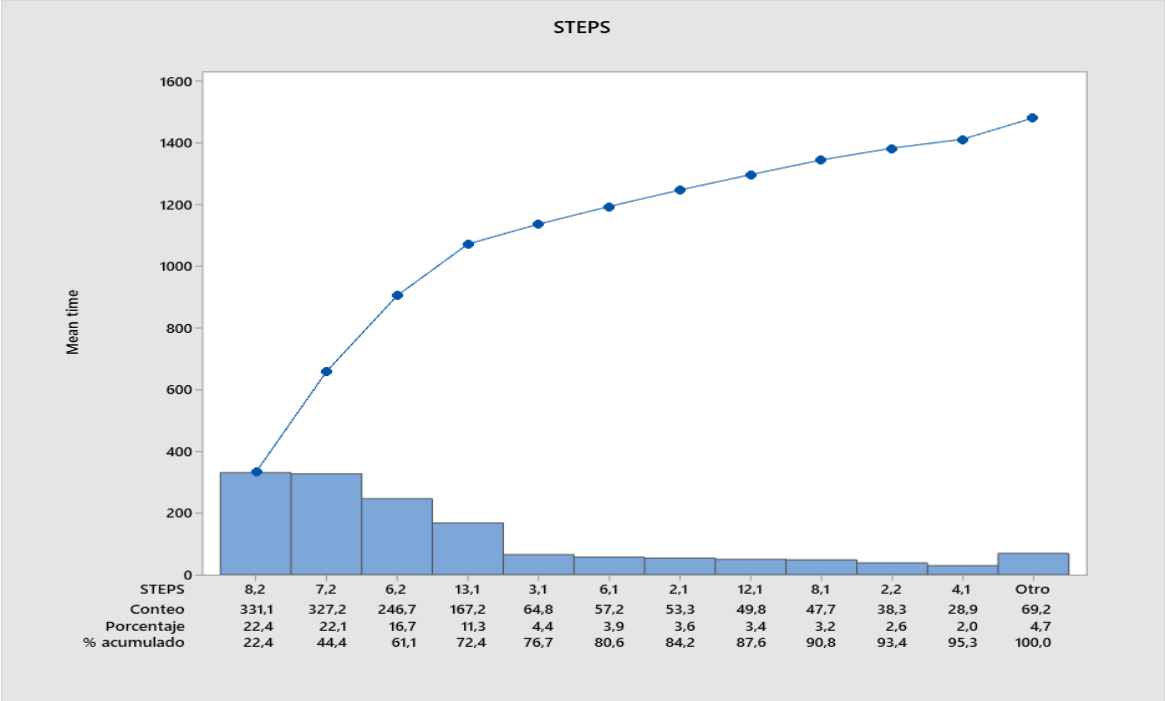
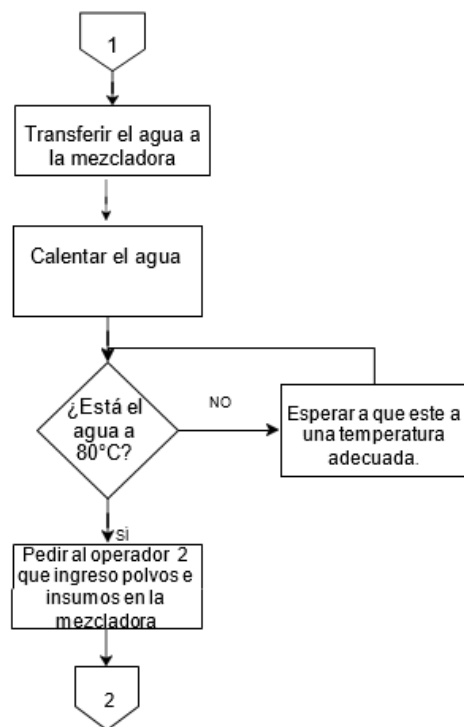
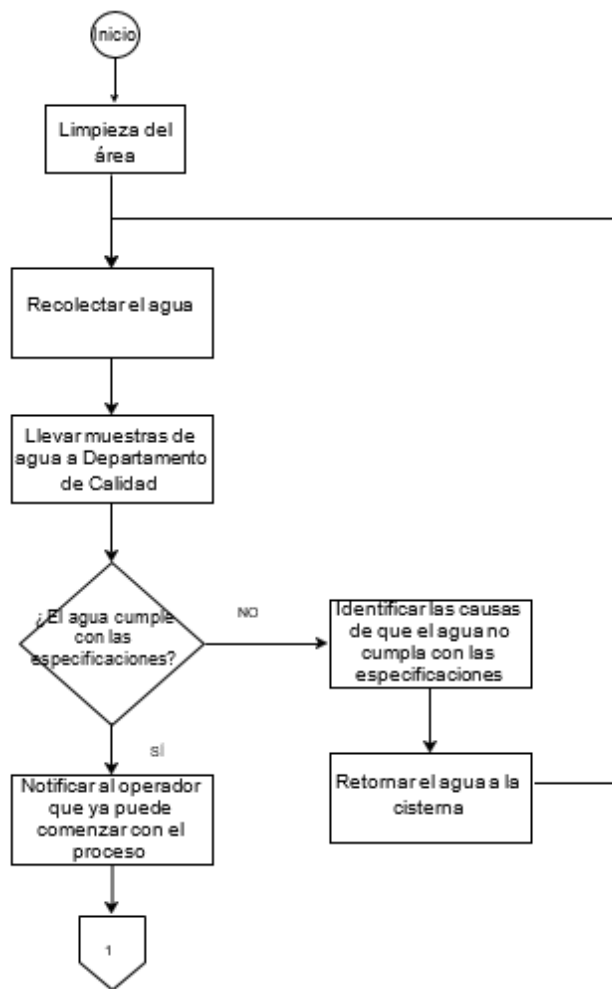
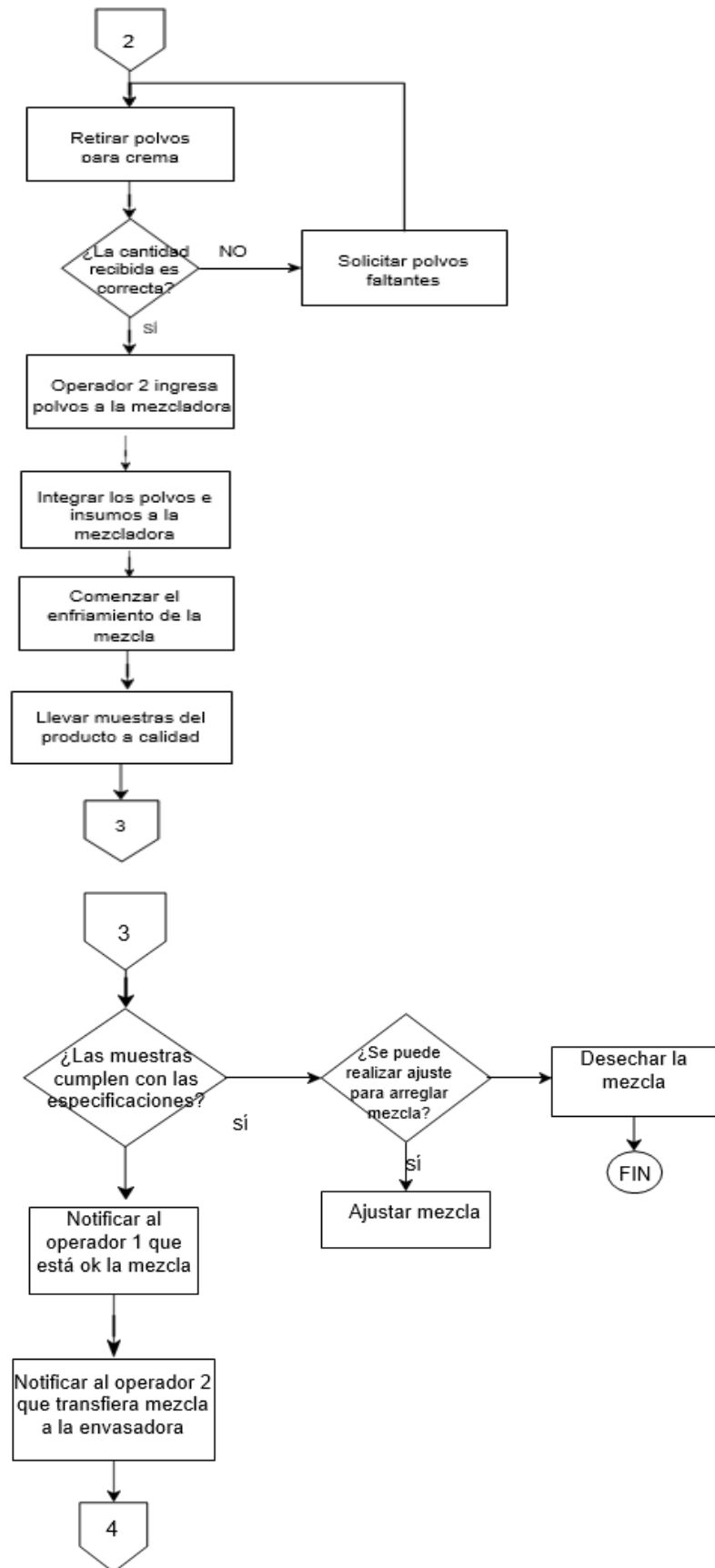


Figura 2.8 Estratificación
Fuente: Elaboración propia

2.1.4 Procesos Detallados

Para un mejor análisis en esta etapa es de suma importancia conocer detalladamente todos los procesos involucrados en la línea a atacar, tales como manufactura, envasado y empaquetado. Para lo cual se realizó un diagrama de toda la línea de semisólidos.





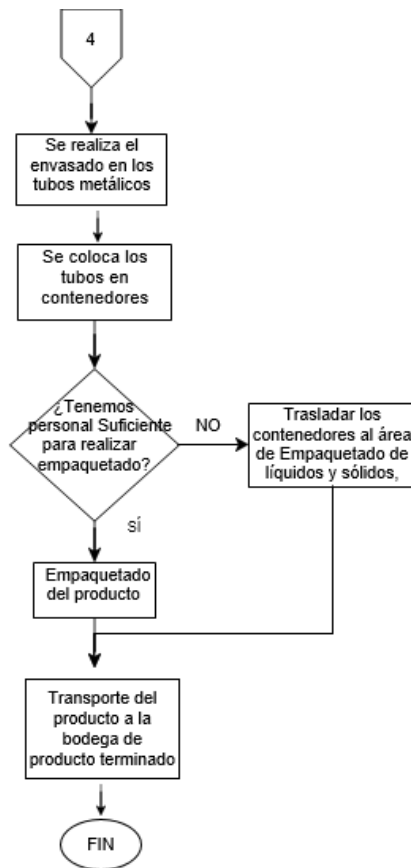
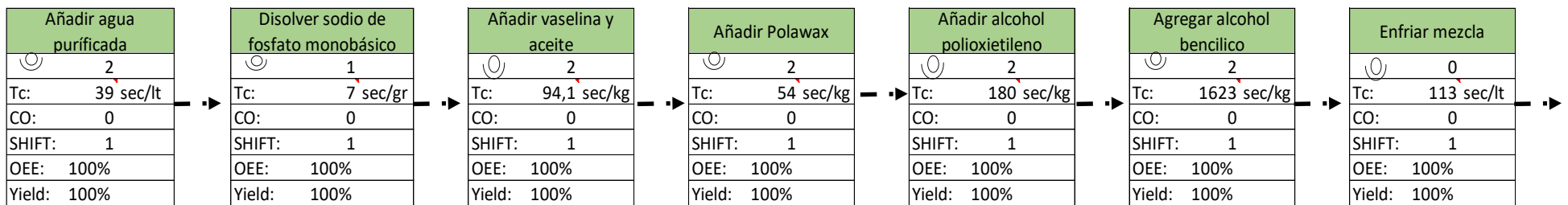
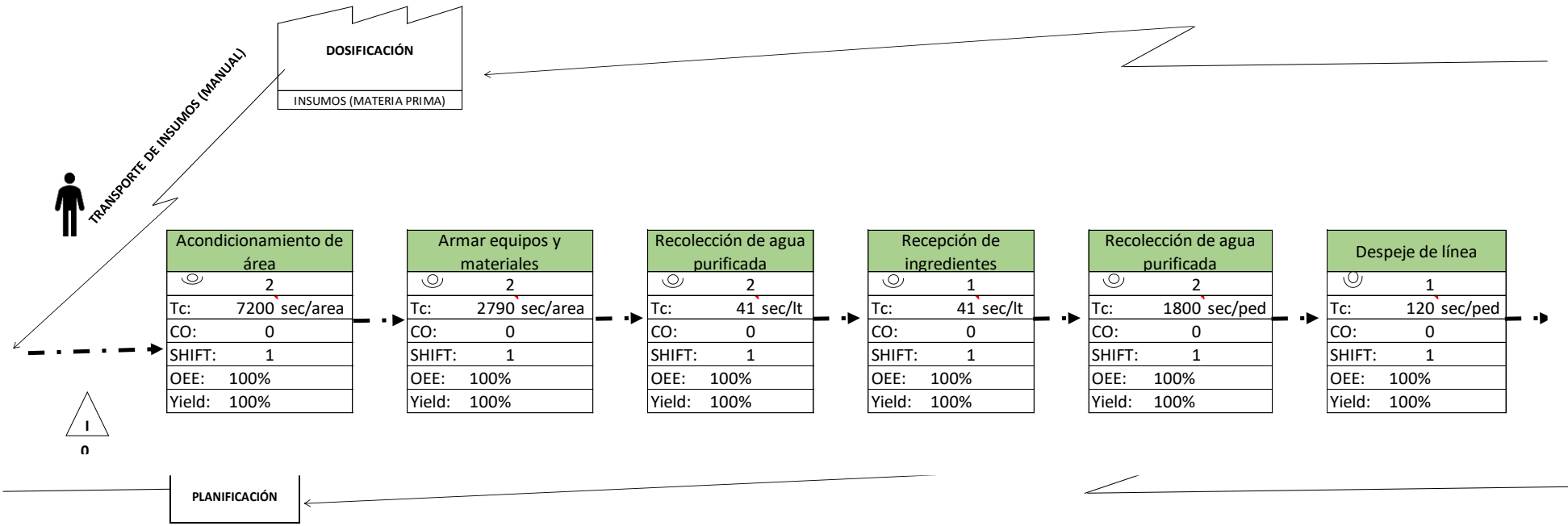


Figura 2.9 Diagrama de Flujo del proceso

Fuente: Elaboración propia

2.1.5 Mapeo de la Cadena de Valor

Luego de haber realizado la recolección y verificación de toda la información levantada, además de realizar la familiarización de todos los procesos que se ven involucrados en los problemas, se realizó un mapeo de la cadena de valor y se determinó así cuáles son las fábricas ocultas y cuellos de botella hallado a lo largo del proceso.



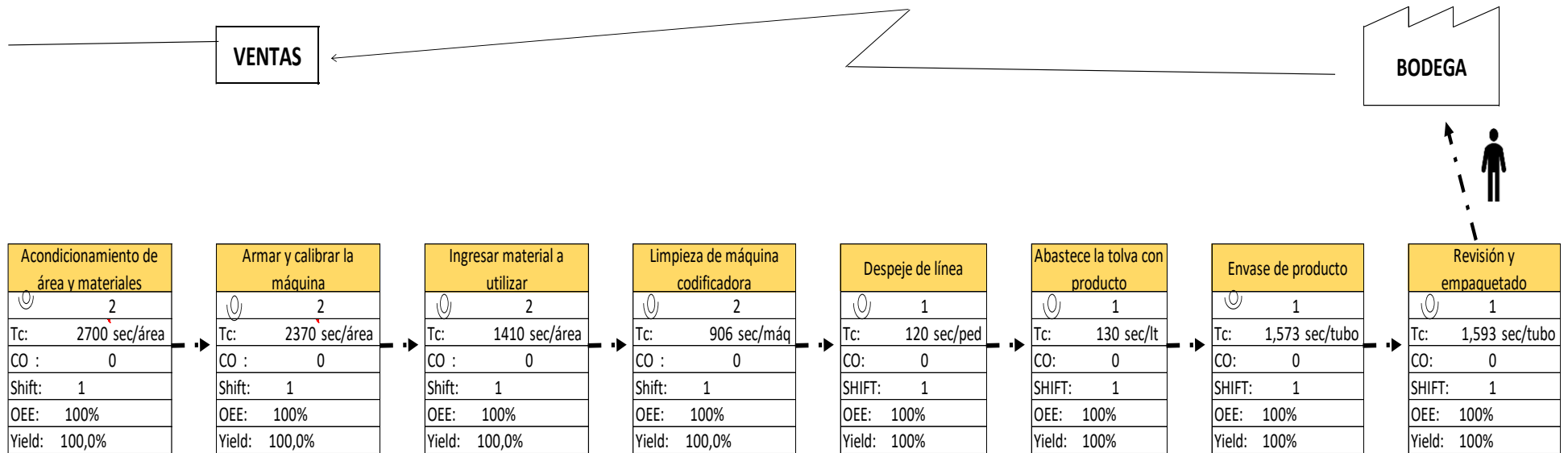


Figura 2.10 Value Stream Mapping (VSM)

Fuente: Elaboración propia

En base al VSM, se logró definir cuáles de las actividades agregan valor, no agregan valor y no agregan valor, pero son necesarias.

Manufactura		VA/NVA/NVAN
1	Acondicionamiento el área y materiales	NVAN
2	Armar equipos y materiales a utilizar	NVAN
3	Recolección del agua purificada	VA
4	Recepción de los ingredientes previamente dosificados.	NVAN
5	Calidad hace el despeje de línea	NVAN
6	Añadir en la marmita el agua purificada	VA
7	Disolver el sodio de fosfato monobásico	VA
8	Añadir la parafina (Vaselina solida blanca) y el aceite mineral liviano	VA
9	Calentar Propibenglicol y se agrega clotrimazol en polvo USP	VA
10	En la marmita se agregar el Polawax	VA
11	Añadir en la marmita el Alcohol Polioxietileno	VA
12	Enfriar la mezcla de la marmita a 50°C luego agregar el alcohol Bencílico junto a la mezcla del paso anterior	VA
13	Enfriar a 30°C manteniendo a una agitación constante.	VA
14	Llevar muestra 0.065 g control de calidad para verificar PH y viscosidad	NVAN
15	Llevar muestra 0.045g a control de calidad para su respectivo análisis microbiológico	NVAN
16	Llevar el producto al área de envasado, en recipiente de acero inoxidable debidamente tapado.	NVAN
Envasado		VA/NVA/NVAN
1	Acondicionar el área y materiales	NVAN
2	Armar y calibrar la maquina llenadora materiales a utilizar	NVAN
3	Ingresar todo el material que se va a utilizar en el proceso de envasado y verificar cantidades.	NVAN
4	Realizar la limpieza de la maquina codificadora, se calibra el cabezal al nivel del área del tubo	NVAN
5	Solicitar a Control de calidad el despeje de línea	NVAN
6	Abastecer la tolva del producto durante todo el proceso.	VA
7	Calibrar la maquina ajustando el peso, con una cantidad neta del producto por tubo y envasar el producto	VA
8	Verificar que el sellado del tubo, controlar el peso neto del producto y almacenar el mismo en gavetas sobre pallets, ordenado e identificado en zona de cuarentena para posterior empaque.	VA
9	Llevar los tubos con producto durante al inicio, medio y al final de envasado a control de calidad para su posterior análisis microbiológicos, químicos y físicos.	NVAN
10	Empaque de producto.	VA

Figura 2.11 Actividades VA, NVA, NVAN

Fuente: Elaboración propia

Además de esto, se puede encontrar las fábricas ocultas presentes a lo largo del proceso de estudio.



Figura 2.12 Fábricas ocultas del proceso

Fuente: Elaboración propia

En la figura siguiente se puede observar el cuello de botella del proceso el cual consiste en realizar la verificación en el sellado del tubo de crema, controlar el peso neto del producto y almacenarlo en cajones sobre pallets, ordenados e identificados en una zona de cuarentena para su posterior envasado.



Figura 2.13 Cuello de botella

Fuente: Elaboración propia

2.2 Análisis

Luego de haber realizado el levantamiento de la información de la variable respuesta y los datos acerca de las posibles causas en la etapa de Medición se realizó el análisis de causas del problema. En esta fase, se utilizó la herramienta Lluvia de ideas con el equipo de trabajo de la línea de semisólidos, además de incluir a la doctora encargada, para de así determinar todas las posibles causas que intervienen, para de esta manera identificar cuales las causas raíz del problema mediante la herramienta de 5 ¿por qué?

2.2.1 Análisis de Causas

Lluvia de ideas e Ishikawa para poder presentarlas en la empresa y así facilitar la búsqueda de causas raíz.

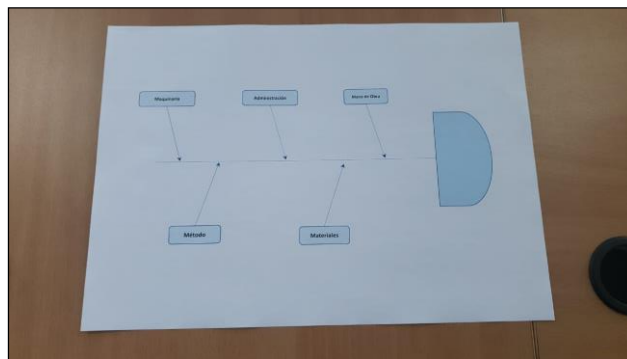


Figura 2.14 Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

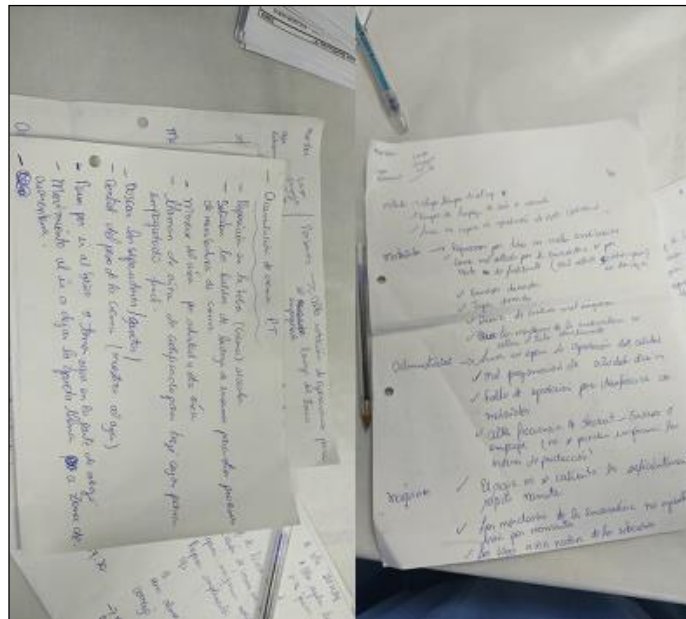


Figura 2.15 Lluvia de ideas
Fuente: Elaboración propia

Con base de la lluvia de ideas para las posibles causas que ocasionas un alto tiempo de producción por lote, se realizó una socialización con la doctora encargada de la línea y los operadores encargados de la línea para que en base a sus experiencias pudieran expandir y conocer más detalladamente las causas raíz de nuestro problema, además se dio una ponderación de las causas para análisis posteriores



Figura 2.16 Identificación de Causas con los operadores de producción
Fuente: Elaboración Propia

Luego de estas reuniones se logró obtener los Ishikawa finales con relación a los problemas resultante de la estratificación en la etapa anterior.

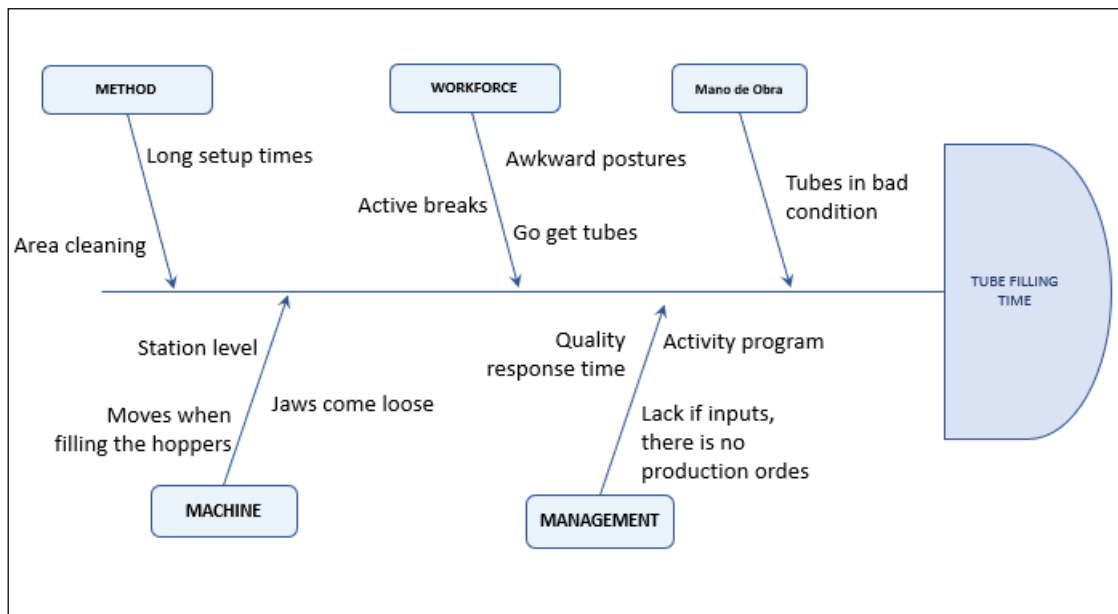


Figura 2.17 Diagrama de Ishikawa de Tiempo de Llenado del Tubo.
Fuente: Elaboración propia

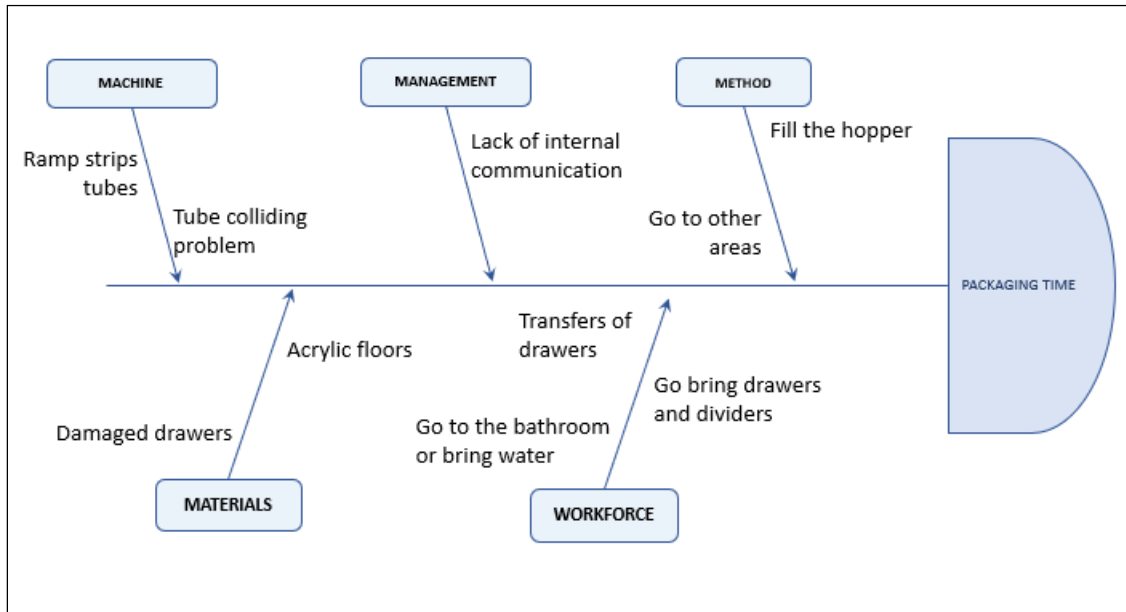


Figura 2.18 Tiempo de Empaquetado

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la importancia de estas causas se realizó una ponderación con los operadores de la línea ¿Qué tan controlable es realizar una mejora?, además del impacto que tiene en las variables definidas en el CTQ TREE.

NIVEL DE RELACIÓN	
9	Relación Fuerte
3	Relación Media
1	Relación Baja

Tabla 2.4 Nivel de Relación

Fuente: Elaboración propia

EFECTOS	
1	¿Qué tan viable es realizar una mejora?
2	¿Cuánto afecta el tiempo de manufactura?
3	¿Cuánto afecta el tiempo de manufactura?
4	¿Cuánto afecta el número de lotes?

Tabla 2.5 Efectos en el proceso

Fuente: Elaboración propia

MATRIZ CAUSA Y EFECTO							
#	CAUSAS	CALIFICACIÓN	TIEMPO DE MANUFACTURA	TIEMPO DE ENVASADO	# DE BATCHES	PONDERACIÓN	ACUMULADA
4	La placa de nivel giratoria de la máquina de llenado para tubos de crema de 20 gr no es correcta.	9	1	9	9	7,78%	7,78%
5	Los tubos de crema no se sellan correctamente las mordazas se aflojan durante el envasado	9	1	9	9	7,78%	15,56%
6	La tolva de la máquina envasadora se desplaza durante el llenado manual.	9	1	9	9	7,78%	23,33%
8	Posturas incómodas provocan muchas pausas activas	9	1	9	9	7,78%	31,11%
11	Los tubos de crema se pelan con la rampa	9	1	9	9	7,78%	38,89%
12	Problemas de colisión cuando los tubos de crema se acumulan	9	1	9	9	7,78%	46,67%
13	El operario realiza movimientos innecesarios al traer los contenedores y separadores para los tubos de crema	9	1	9	9	7,78%	54,44%
14	Las gavetas llenas de tubos de crema de 20 gr hacen imposible su traslado a la zona de cuarentena	9	1	9	9	7,78%	62,22%
16	Gavetas plásticas en mal estado	9	1	9	9	7,78%	70,00%
3	Llenado manual de materia prima al principio de cada producción	3	9	1	9	6,11%	76,11%
17	Ir al baño o tomar agua a planta baja.	9	1	3	9	6,11%	82,22%
2	Pre calentamiento del agua previo al inicio de producción	3	9	1	3	4,44%	86,67%
7	Tiempo de respuesta del departamento de calidad previo al inicio del proceso de manufactura como de envasado	3	3	3	3	3,33%	90,00%
9	Largos tiempos de preparación	3	3	3	3	3,33%	93,33%
15	Despazarse como apoyo a otras áreas e ir a recoger documentación	3	1	3	3	2,78%	96,11%
1	Despeje de Línea por parte del Departamento de calidad	1	3	3	1	2,22%	98,33%
10	Limpieza y desinfección de áreas	1	1	1	3	1,67%	100,00%

Tabla 2.6 Matriz de Causa y efecto

Fuente: Elaboración propia

Después del resultado de esta ponderación se realizó un análisis de Pareto con el fin de seleccionar las causas que tengan un mayor impacto sobre las variables respuestas y luego verificarlas.

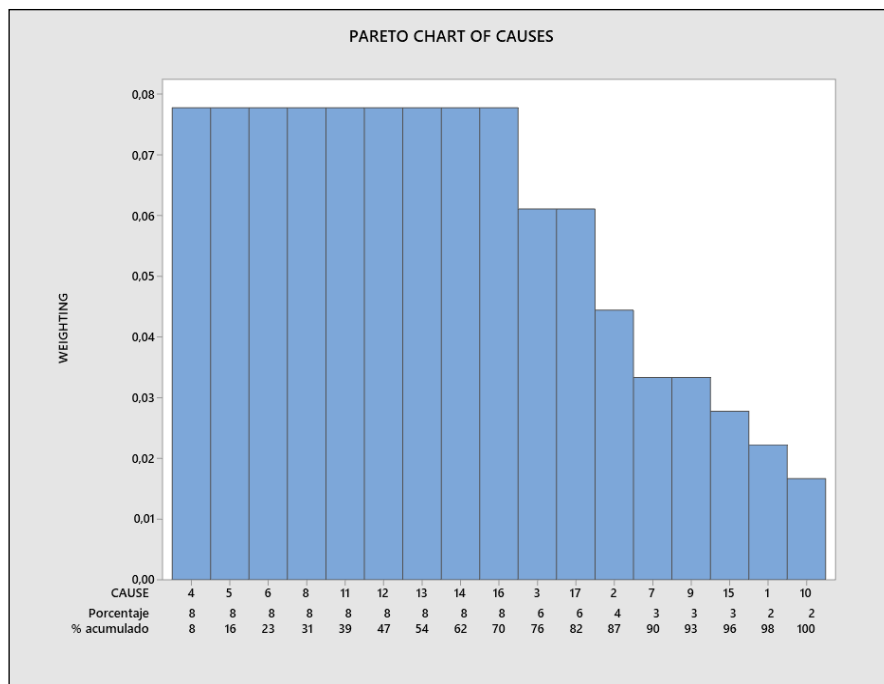


Figura 2.19 Cuadro de Causas

Fuente: Elaboración propia

Luego de seleccionar en el Pareto las causas de mayor impacto se procede a darles una segunda ponderación ahora con respecto a que tan controlable son y el impacto en la línea de semisólidos.

MATRIZ CONTROL VS IMPACTO							
#	CAUSAS	CALIFICACIÓN	TIEMPO DE MANUFACTURA	TIEMPO DE ENVASADO	# DE BATCHES	PONDERACIÓN	ACUMULADA
4	La placa de nivel giratoria de la máquina de llenado para tubos de crema de 20 gr no es correcta.	9	1	9	9	15	5
5	Los tubos de crema no se sellan correctamente las mordazas se aflojan durante el envasado	9	1	9	9	18	8
6	La tolva de la máquina envasadora se desplaza durante el llenado manual.	9	1	9	9	12	2
8	Posturas incómodas provocan muchas pausas activas	9	1	9	9	8	15
11	Los tubos de crema se pelan con la rampa luego de ser envasados	9	1	9	9	7	9
12	Problemas de colisión cuando los tubos de crema se acumulan	9	1	9	9	17	6
13	El operario realiza movimientos innecesarios al traer los contenedores y separadores para los tubos de crema	9	1	9	9	18	7
14	Las gavetas llenas de tubos de crema de 20 gr hacen imposible su traslado a la zona de cuarentena	9	1	9	9	14	9
16	Gavetas plásticas en mal estado	9	1	9	9	6	13
3	Llenado manual de materia prima al principio de cada producción	3	9	1	9	11	9
17	Ir al baño o tomar agua a planta baja.	9	1	3	9	9	12
2	Pre calentamiento del agua previo al inicio de producción	3	9	1	3	8	12
7	Tiempo de respuesta del departamento de calidad previo al inicio del proceso de manufactura como de envasado	3	3	3	3	9	16

Tabla 2.7 Matriz de Impacto vs Control

Fuente: Elaboración propia

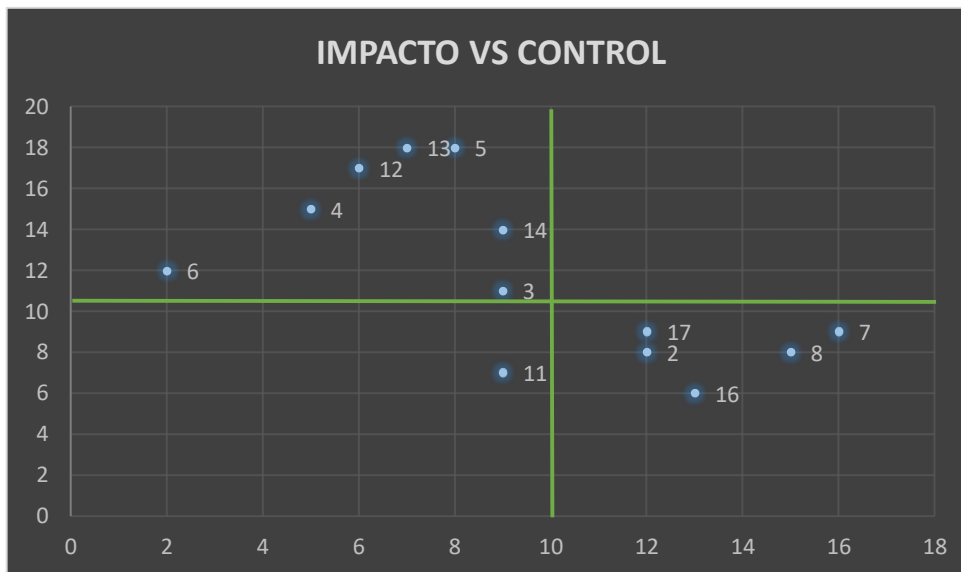


Figura 2.20 Análisis de Impacto vs Control

Fuente: Elaboración propia

Luego de este análisis se eligió las siguientes causas:

- I. Nivel de estaciones en la máquina de envasado
- II. Mordazas de envasadora se sueltan
- III. Movimiento de la tolva mientras la abastecen de crema
- IV. Problemas con los tubos cuando se chocan
- V. Traer gavetas y separadores
- VI. Transportar gavetas llenas al área de cuarentena
- VII. Llenado manual de la Marmita
- VIII. Con estas causas a continuar el análisis para determinar las causas raíz y poder así tomar acciones correctivas en la siguiente etapa.

2.2.2 Plan de Verificación de Causas

Una vez ponderadas las causas se realizó un plan de verificación de causas y su estructura.

#	CAUSAS POTENCIALES	TEORÍA SOBRE LAS CAUSAS	¿CÓMO VERIFICARLO?
4	La placa de nivel giratoria de la máquina de llenado para tubos de crema de 20 gr no es correcta.	Las estaciones de 20 gr no tienen el mismo nivel ya que se fabricaron por separado, por lo que el tiempo de calibración aumenta	Caminata Gemba, Tomando el tiempo que necesitan resolver cada vez que esta causa ocurrió.
5	Los tubos de crema no se sellan correctamente las mordazas se aflojan durante el envasado	Las mordazas después de varias rondas de uso se aflojan y tienden a caerse, requiriendo la intervención del departamento de mantenimiento además el tiempo de calibración de la máquina codificadora aumenta.	Caminata Gemba, Tomando el tiempo que necesitan resolver cada vez que esta causa ocurrió.
6	La tolva de la máquina envasadora se desplaza durante el llenado manual.	Al llenar la tolva se mueve debido a las ruedas que tiene la máquina, descalibrando el codificador, aumentando el tiempo de preparación.	Caminata Gemba, Tomando el tiempo que necesitan resolver cada vez que esta causa ocurrió.
12	Problemas de colisión cuando los tubos de crema se acumulan	Cuando los tubos de crema se acumulan al final de la rampa, chocan, lo que provoca la deformación de los tubos y el aumento de la cantidad de retrabajo.	Caminata Gemba, Tomando el tiempo que necesitan resolver cada vez que esta causa ocurrió.
13	El operario realiza movimientos innecesarios al traer los contenedores y separadores para los tubos de crema	El lugar de trabajo del empaquetador no se ha definido, ni dónde se colocan los cajones y separadores, por lo que el operario debe ir a buscarlos, aumentando el tiempo de empaquetado y el número de tubos dañados por acumulación.	Caminata Gemba, Tomando el tiempo que necesitan resolver cada vez que esta causa ocurrió.
14	Las gavetas llenas de tubos de crema de 20 gr hacen imposible su traslado a la zona de cuarentena		
3	Llenado manual de materia prima al principio de cada producción	El llenado de la máquina "MARMITA" se realiza manualmente, por lo que los operarios deben medir los cubos hasta que tengan 14 litros y luego vaciarlos en la mezcladora, contando el número de cubos para no superar los 96 litros que son necesarios para la fabricación de un lote. Por este motivo, el tiempo de llenado es grande.	Caminata Gemba, Tomando el tiempo que necesitan resolver cada vez que esta causa ocurrió y T test

Tabla 2.8 Plan de Verificación de Causas.

Fuente: Elaboración propia

2.2.3 Determinación de Causas Raíz

Se realizó dos reuniones con la doctora encargada de la línea y los operadores con el fin de analizar y escuchar las causas que hacen que su tiempo de fabricación sea

alto y problemas que se presenta día a día, pudiendo así obtener las causas raíz de las causas potenciales.

#	Causas Potenciales	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4
4	La placa de nivel giratoria de la máquina de llenado para tubos de crema de 20 gr	Se adaptaron a la máquina envasadora para producir cremas de 20 gr	La máquina se compró para envasar sólo tubos de 40 gramos de crema	Se fabricaban por separado y no venían igual	Es difícil para el operario trabajar en ese nivel rotativo con estos tubos de crema
5	Los tubos de crema no cierran correctamente Las mordazas se aflojan durante el envasado	El ensamblaje de la máquina lo realizan los operarios	Se tarda en llamar a mantenimiento para hacer el cambio	Los operarios deben ajustar la máquina hasta que sea revisada	No existe ningún protocolo o guía para la configuración de la máquina.
		Después de varias rondas las mordazas se aflojan	Las mordazas ya tienen mucho tiempo de uso		
6	La tolva de la máquina envasadora se desliza durante el llenado manual.	La tolva se mueve y se descalibra al llenarla	Utilizar una escalera en malas condiciones		
			Cuando el operario asienta el cubo e la tolva para vaciar la crema, ésta se mueve.	La máquina tiene ruedas y se desliza durante el llenado	
12	Problemas de colisión cuando los tubos de crema se acumulan	Los tubos de crema chocan al bajar por la rampa y se acumulan	El operador realiza otras actividades	Es el único operador disponible	
13	El operario realiza movimientos innecesarios al traer las gavetas y separadores para los tubos de crema	El lugar en el que tiene asignado el trabajo no le facilita la recogida de las gavetas.	El operario no dispone del número de bandejas y separadores necesarios para el lote.		
14	Las gavetas llenas de tubos de crema de 20 gr hacen imposible su traslado a la zona de cuarentena	El operador debe mover gaveta por gaveta.	Debido al peso de la gaveta llena de tubos de crema de 20 gr, no se puede mover más de una gaveta a la vez		
3	Llenado manual de materia prima al principio de cada producción	El operario llena manualmente la máquina Marmita y la máquina envasadora con cubos de agua y crema	El llenado no es automático		
			Tienen que llevar el agua caliente con cubos y deben medir cubo por cubo.	Hay una marca en el cubo para controlar los litros.	No hay forma de saber cuándo la máquina marmita tiene los litros necesarios por lote.

Tabla 2.9 Causas Raíz.

Fuente: Elaboración propia

2.2.4 Verificación de Causas

Se realizó una reunión con la doctora encargada de la línea para validar las causas encontradas y analizar su nivel de significancia, además de corroborar los datos que se obtuvo y recolectó en las visitas hechas a la producción.

Con la data histórica se pudo evidenciar el tiempo de reproceso que tiene la empresa por los tubos de cremas que se dañan cuando estos se chocan, ya que el control de este dato lo vienen recolectando desde el mes de enero de este año.



Figura 2.21 Acumulación de Tubos de Crema en Rampa

Fuente: Elaboración propia

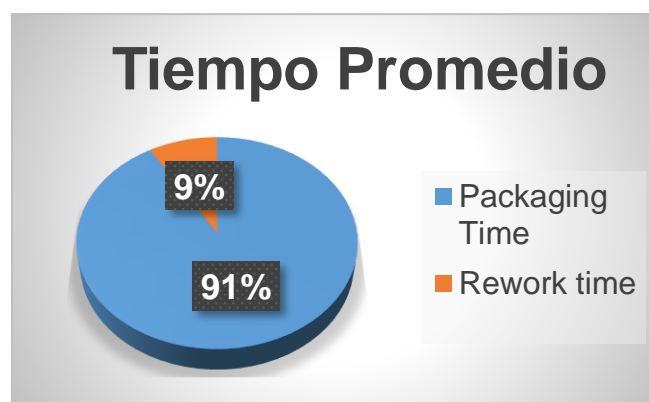


Figura 2.22 Porcentaje de Representación entre empaquetado y retrabajo

Fuente: Elaboración propia

Con lo que se validó que el 9% del tiempo del área de empaquetamiento se utiliza para el reproceso por estos productos que se dañan cuando se chocan.

Luego con las visitas en la producción de lotes de cremas se validaron las principales causas que hacen que el tiempo de envasado y empaquetamiento sean altos:

- I. El tiempo perdido por los problemas en la placa de nivel giratoria de la máquina de llenado para tubos de crema de 20 gr en el cual el operador necesita volver a calibrar la máquina de sellado e impresión.



Figura 2.23 Calibración para envasado y pérdida de tubos por niveles de Estación

Fuente: Elaboración propia

Representa un 6% del tiempo de envasado y una pérdida de 490 tubos que no se llenan en ese tiempo.

- II. Tiempo perdido por el rearmado y recalibración cuando las mordazas se aflojan o se caen debido a esto los tubos de crema no se sellan correctamente durante el sellado.



Figura 2.24 Recalibración y pérdida de tubos por Recalibración

Fuente: Elaboración propia

Representa un 9% del tiempo de envasado y una pérdida de 838 tubos que no se llenan en ese tiempo.

- III. Tiempo que se pierde recalibrando la máquina cuando ésta se desplaza durante el llenado manual al reabastecer la tolva de crema.



Figura 2.25 Reabastecimiento de tolva y tubos perdidos está acción

Fuente: Elaboración propia

Representa un 10% del tiempo de envasado y 958 tubos que no se llenan en ese tiempo.

- IV. Tiempo que se pierde cuando el operador debe buscar gavetas y separadores, o cuando debe llevar las gavetas llenas al área de cuarentena.



Figura 2.26 Empaquetado de producto y tubos perdidos por movimiento.

Fuente: Elaboración propia

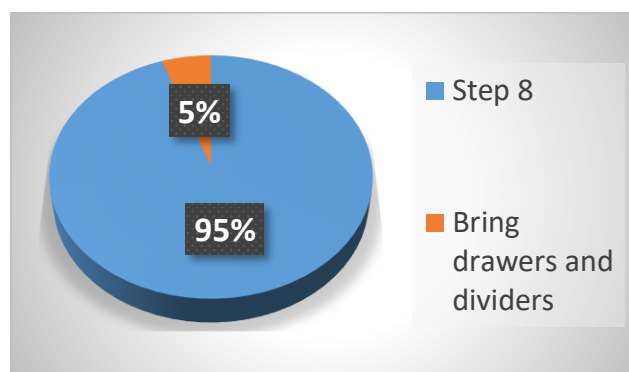


Figura 2.27 Porcentaje del tiempo de empaquetado

Fuente: Elaboración propia

Representa un 5% del tiempo de empaquetado, además que durante ese tiempo no se empaqueta alrededor de 591 tubos.

Además, se realizó caminata gamba y la prueba T para el paso que consiste el Llenado manual de agua con cubos al principio de cada producción, puesto que estos cubos si tienen marcado cuantos litros de capacidad tiene.



Figura 2.28 Llenado Manual del agua con temperatura alta

Fuente: Elaboración propia

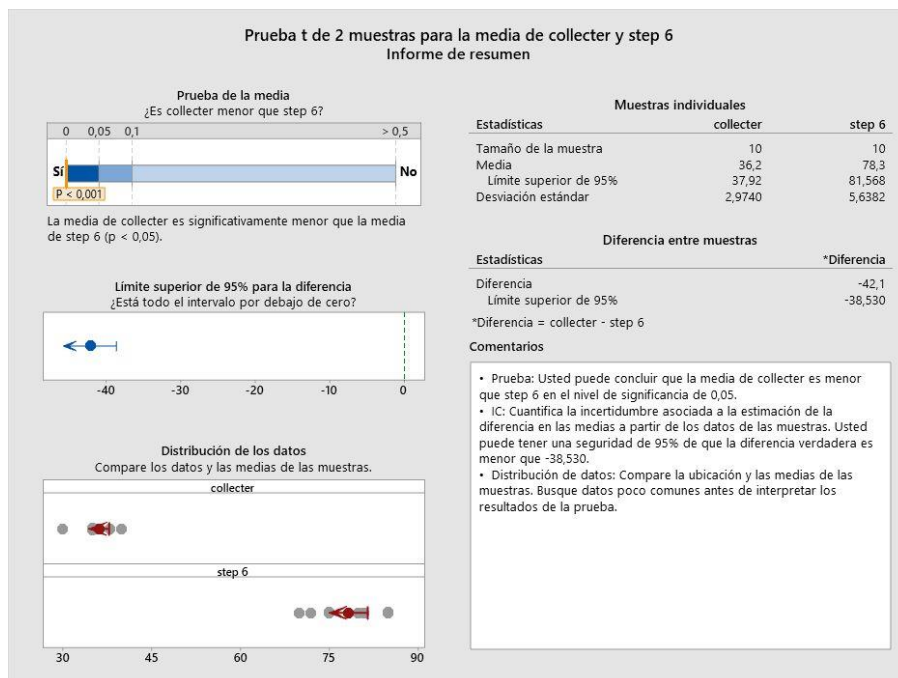


Figura 2.29 Prueba T de 2 muestras

Fuente: Elaboración propia

2.2.5 Listado de Causas Raíz

Con la ayuda de la caminata gemba y los 5 ¿Por qué? Se pudo determinar las causas raíz a eliminar en la siguiente etapa, las cuales con la ayuda de las herramientas mencionadas se pudieron validar con la participación activa de las personas involucradas en el proceso.

#	CAUSAS POTENCIALES	CAUSAS RAÍCES
4	La placa de nivel giratoria de la máquina de llenado para tubos de crema de 20 gr no es correcta.	El alto y el agujero del nivel giratorio de la envasadora en algunas piezas son diferentes.
5	Los tubos de crema no se sellan correctamente las mordazas se aflojan durante el envasado	Los resortes para aplicar la prensa en las mordazas los algunos están dañados.
6	La tolva de la máquina envasadora se desplaza durante el llenado manual.	Utilizar una escalera en mal estado.
		La máquina envasadora tiene ruedas y se desliza durante el llenado.
12	Problemas de colisión cuando los tubos de crema se acumulan	Es el único operador disponible.
13	El operario realiza movimientos innecesarios al traer los contenedores y separadores para los tubos de crema	El operador no dispone del número de bandejas y separadores necesarios para el lote.
14	Las gavetas llenas de tubos de crema de 20 gr hacen imposible su traslado a la zona de cuarentena	Debido al peso de la gaveta, no se puede mover más de un gaveta a la vez
3	Llenado manual de materia prima al principio de cada producción	No hay forma de saber cuándo la máquina "MARMITA" dispone de los litros necesarios por lote.
		No hay llenado automático

Tabla 2.10 Listado de Causas Raíz.

Fuente: Elaboración propia

2.3 Propuestas de Mejoras

2.3.1 Lluvia de Ideas de Soluciones

Una vez definido la lista de causas raíz que fueron validadas en la etapa anterior, se realizaron dos reuniones con los líderes del proyecto del área de Producción, con los operarios de la línea y con personal del Departamento de Mantenimiento.



Figura 2.30 Reuniones de Propuesta de Soluciones.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la siguiente tabla, se realizó las propuestas de soluciones, con el problema que vamos a tratar y el costo que conlleva la implementación de cada una de ellas.

POSIBLES SOLUCIONES	CAUSAS ATACADAS	COSTO TOTAL
Marcas las piezas giratorias para saber la forma correcta de insertar los tubos.	El alto y el agujero del nivel giratorio de la envasadora en algunas piezas son diferentes.	\$ 21,25
	Los resortes para aplicar la prensa en las mordazas los algunos están dañados.	
Compra resortes nuevo para más presión.	Los resortes para aplicar la prensa en las mordazas los algunos están dañados.	\$ 81,25
Cambiar la escalera para llenar la tolva.	Utilizar una escalera en mal estado.	\$ 50,00
	La máquina envasadora tiene ruedas y se desliza durante el llenado.	
Retirar los llantas de la máquina de llenado.	La máquina envasadora tiene ruedas y se desliza durante el llenado.	\$ 42,50
	Es el único operador disponible.	
Evitar reparar el producto final dañado mientras se está empaquetando	Es el único operador disponible.	\$ 30,00
	El operador no dispone del número de bandejas y separadores necesarios para el lote.	
Realizar un JBS con los pasos correctos para preparar el puesto de trabajo.	Es el único operador disponible.	\$ 150,00
	El operador no dispone del número de bandejas y separadores necesarios para el lote.	
Cambiar las gavetas y separadores dañados	Es el único operador disponible.	\$ 204,00
	El operador no dispone del número de bandejas y separadores necesarios para el lote.	
Rediseñar el área de trabajo.	Es el único operador disponible.	\$ 240,00
	El operador no dispone del número de bandejas y separadores necesarios para el lote	
Construir un carrito para almacenar las gavetas hasta 6 gavetas por columna.	Debido al peso de la gaveta, no se puede mover más de un gaveta a la vez	\$ 90,00
	Es el único operador disponible.	
Marcar de forma visible la "MARMITA" para conocer el nivel adecuado para los litros de agua correctos.	No hay forma de saber cuándo la máquina "MARMITA" dispone de los litros necesarios por lote.	\$ 21,25
	No hay llenado automático	

Tabla 2.11 Posibles Soluciones.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2 Priorización de Soluciones

Se realizó un análisis de costo, a todas las soluciones planteadas tomando en consideración diferentes parámetros tales como:

- Costo horas hombres del personal operativo, considerando los tiempos que son necesarios para implementar la solución.
- Costo horas hombres del personal administrativo como el departamento de compras, y de igual forma que el punto anterior se considerará los tiempos que son necesarios para implementar la solución.
- Costo de Inversión de equipos.

En la siguiente tabla se puede observar los costos con mayor detalle, con las ponderaciones de cada una de sus calificaciones siendo éstas del 1 al 10, donde 1 representa la solución que tendrá menor inversión y 10 la inversión más alta.

			COSTO HORA HOMBRE							
			OPERATOR	2,66						
			MANAGEMENT	3,75	COSTOS					
N O.	POSIBLE SOLUCIONES	RESPONSABLES	DÍAS DE IMPLEMENTACIÓN (OPERADOR)	DÍAS DE IMPLEMENTACIÓN (GESTIÓN)	HORAS-HOMBRE	PERSONA	MÁQUINAS O PARTES	TOTAL	TASA	
1	Hacer nuevas piezas para llenar los tubos.	2	1	1	16	\$ 51,25	150	\$ 201,25	7	
2	Marque las piezas para saber la forma correcta de insertar los tubos.	1	1		8	\$ 21,25		\$ 21,25	1	
3	Comprar nuevas mordazas	2	1	1	16	\$ 51,25	180	\$ 231,25	8	
4	Compra resortes nuevo para más presión.	2	1	1	16	\$ 51,25	30	\$ 81,25	4	
5	Cambiar la escalera para llenar la tolva.	1		1	8	\$ 30,00	20	\$ 50,00	3	
6	Retirar los llantas de la máquina de llenado.	2	1		16	42,5		\$ 42,50	3	
7	Evitar reparar el producto final dañado mientras se está empaquetando	1		1	8	\$ 30,00		\$ 30,00	2	
8	Realizar un JBS con los pasos correctos para preparar el puesto de trabajo.	1		5	40	\$ 150,00		\$ 150,00	6	
9	Cambiar las gavetas y separadores dañados	2		2	32	120	84	\$ 204,00	7	
10	Rediseñar el área de trabajo.	2		4	64	240		\$ 240,00	9	
11	Construir un carrito para almacenar las gavetas hasta 6 gavetas por columna.	2		1	16	60	30	\$ 90,00	4	
12	Llenado automático de la máquina "MARMITA".	3	5	3	64	\$ 196,25	2500	\$ 2.696,25	10	
13	Marcar de forma visible la "MARMITA" para conocer el nivel adecuado para los litros de agua correctos.	1	1		8	\$ 21,25		\$ 21,25	1	

Tabla 2.12 Análisis de Soluciones

Fuente: Elaboración propia

La ponderación que se obtuvo como resultado, ayuda como un parámetro para realizar un análisis más profundo al momento de priorizar las soluciones, en el cual se agrega tiempo de implementación, por cada una de las causas, tanto el costo como el número de horas hombres por cada una de ellas, con la ayuda de estos parámetros se halló el impacto y el esfuerzo de las soluciones según fórmulas siguientes:

$$\text{Impacto} = C_i * C_k$$

$$\text{Esfuerzo} = C_j * C_l$$

NO.	POSIBLES SOLUCIONES	CAUSAS ATACAR	C_i	Time (days)	C_j	HORA S-HOMB	C_k	C_l	IMPACT O	ESFUER ZO
1	Hacer nuevas piezas para llenar los tubos.	1	5	2	3	16	7	7	35	21
2	Marque las piezas para saber la forma correcta de insertar los tubos.	2	10	1	1	8	3	1	30	1
3	Comprar nuevas mordazas	1	5	2	3	16	7	8	35	24
4	Compra resortes nuevo para más presión.	1	5	2	3	16	7	4	35	12
5	Cambiar la escalera para llenar la tolva.	2	10	1	1	8	3	3	30	3
6	Retirar los llantas de la máquina de llenado.	2	10	1	1	16	7	3	70	3
7	Evitar reparar el producto final dañado mientras se está empaquetando	2	10	1	1	8	3	2	30	2
8	Realizar un JBS con los pasos correctos para preparar el puesto de trabajo.	2	10	5	7	40	9	6	90	42
9	Cambiar las gavetas y separadores dañados	2	10	2	3	32	9	7	90	21
10	Rediseñar el área de trabajo.	2	10	4	6	64	10	9	100	54
11	Construir un carrito para almacenar las gavetas hasta 6 gavetas por columna.	2	10	1	2	16	7	4	70	8
12	Llenado automático de la máquina "MARMITA".	1	5	8	10	64	10	10	50	100
13	Marcar de forma visible la "MARMITA" para conocer el nivel adecuado para los litros de agua correctos.	2	10	1	1	16	7	1	70	1

Tabla 2.13 Análisis de Impacto y Esfuerzo

Fuente: Elaboración propia

Con el cálculo del esfuerzo y de impacto se obtiene una matriz, con unos parámetros que se puede emplear para tomar decisiones de una forma más gráfica de las soluciones a implementar.

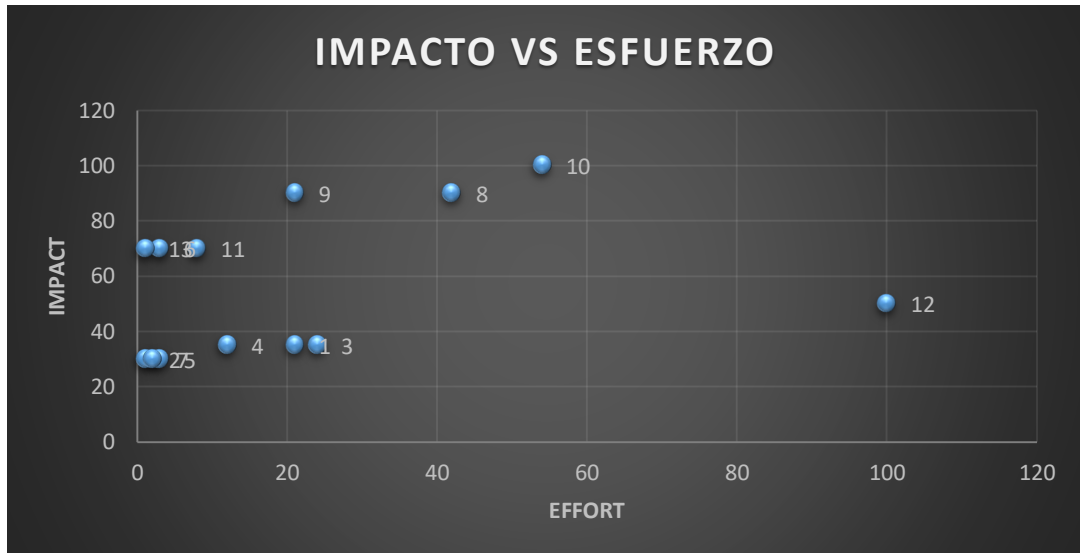


Figura 2.31 Impacto vs Esfuerzo

Fuente: Elaboración propia

2.4 Implementación

2.4.1 Explicación de la Solución

En la fase de Medición se encontró que el tiempo que los operadores pierden en otras actividades que no incrementan el valor es demasiado grande. También encontramos Muda en el proceso como:

- Retrabajo
- Movimientos Innecesarios
- Productos dañados
- Mal transporte
- Esperas en el proceso

Por esta razón, se realizó un enfoque en eliminar estas Mudras, porque la empresa quiere aumentar los lotes por semana de 2 a 3. Así que, si se eliminan estos tiempos perdidos, se logra reducir el tiempo de proceso de cada lote y por tal llegar al objetivo.

2.4.2 Plan de Implementación

Para realizar las soluciones propuestas se elaboró un plan detallado que se debió seguir, con fechas establecidas y el departamento encargado de realizar las implementaciones.

NO.	ACTIVIDADES	DURACIÓN	EMPIEZA	TERMINA	PERSONA A CARGO
1	Hacer nuevas piezas para llenar los tubos.	1	6/1/2023	6/1/2023	Mantenimiento
2	Marque las piezas para saber la forma correcta de insertar los tubos.	1	6/1/2023	6/1/2023	Dpto. de Compra
3	Comprar nuevas mordazas	1	12/1/2023	12/1/2023	Mantenimiento
4	Compra resortes nuevos para más presión.	3	6/1/2023	10/1/2023	Líderes de Proyecto
5	Cambiar la escalera para llenar la tolva.	1	6/1/2023	6/1/2023	Dpto. de Compra
6	Retirar las llantas de la máquina de llenado.	1	13/1/2023	13/1/2023	Mantenimiento
7	Evitar reparar el producto final dañado mientras se está empaquetando	1	9/1/2023	9/1/2023	Mantenimiento
8	Realizar un JBS con los pasos correctos para preparar el puesto de trabajo.	2	11/1/2023	12/1/2023	Líderes de Proyecto
9	Cambiar las gavetas y separadores dañados	1	10/1/2023	10/1/2023	Líderes de Proyecto
10	Rediseñar el área de trabajo.	2	12/1/2023	12/1/2023	Líderes de Proyecto
11	Construir un carrito para almacenar las gavetas hasta 6 gavetas por columna.	2	13/1/2023	16/1/2023	Líderes de Proyecto
12	Llenado automático de la máquina "MARMITA".	1	16/1/2023	16/1/2023	Dpto. de Compra
13	Marcar de forma visible la "MARMITA" para conocer el nivel adecuado para los litros de agua correctos.	1	19/1/2023	19/1/2023	Mantenimiento
14	Analizar cómo el operario realiza su trabajo en el área de envasado	2	12/1/2023	13/1/2023	Líderes de Proyecto
15	Determinar la mejor manera de hacer su trabajo en el proceso de envasado	3	14/1/2023	17/1/2023	Líderes de Proyecto
16	Rediseñar el área de envasado.	3	18/1/2023	20/1/2023	Líderes de Proyecto

17	Comprar 2 carro para almacenar los cajones hasta 6 por columna	1	16/1/2023	16/1/2023	Dpto. de Compra
18	Entrega los carros a los operarios y explícales cómo utilizarlos.	1	19/1/2023	19/1/2023	Mantenimiento, Dpto. de Compra, Líderes de proyecto
19	Analizar donde es el lugar adecuado para marcar la marmita para saber los litros necesarios en cada lote.	2	17/1/2023	19/1/2023	Mantenimiento, Dpto. de Compra, Líderes de proyecto
20	Marcar de forma visible la "MARMITA" para conocer el nivel adecuado para los litros de agua correctos.	1	20/1/2023	20/1/2023	Mantenimiento
21	Validación	5	20/1/2023	25/1/2023	Líderes de Proyecto
TOTAL		14			

Tabla 2.14 Plan de Implementación

Fuente: Elaboración propia

Además, se realizó un diagrama de Gantt para que de manera visual se pueda observar el estado actual y el estado futuro de cada una de las implementaciones.

NO.	ACTIVITIES																																	
		6/1/2023	7/1/2023	8/1/2023	9/1/2023	10/1/2023	11/1/2023	12/1/2023	13/1/2023	14/1/2023	15/1/2023	16/1/2023	17/1/2023	18/1/2023	19/1/2023	20/1/2023	21/1/2023	22/1/2023	23/1/2023	24/1/2023	25/1/2023	26/1/2023	27/1/2023											
1	Hacer nuevas piezas para llenar los tubos.																																	
2	Marque las piezas para saber la forma correcta de insertar los tubos.																																	
3	Comprar nuevas mordazas																																	
4	Compra resortes nuevo para más presión.																																	
5	Cambiar la escalera para llenar la tolva.																																	
6	Retirar los llantas de la máquina de llenado.																																	
7	Evitar reparar el producto final dañado mientras se está empaquetando																																	
8	Realizar un JBS con los pasos correctos para preparar el puesto de trabajo.																																	
9	Cambiar las gavetas y separadores dañados																																	
10	Rediseñar el área de trabajo.																																	
11	Construir un carrito para almacenar las gavetas hasta 6 gavetas por columna.																																	
12	Llenado automático de la máquina "MARMITA".																																	
13	Marcar de forma visible la "MARMITA" para conocer el nivel adecuado para los litros de agua correctos.																																	
14	Analizar cómo el operario realiza su trabajo en el área de envasado																																	
15	Determinar la mejor manera de hacer su trabajo en el proceso de envasado																																	
16	Rediseñar el área de envasado.																																	
17	Comprar 2 carro para almacenar los cajones hasta 6 por columna																																	
18	Entrega los carros a los operarios y explícales cómo utilizarlos.																																	
19	Analizar donde es el lugar adecuado para marcar la marmita para saber los litros necesarios en cada lote.																																	
20	Marcar de forma visible la "MARMITA" para conocer el nivel adecuado para los litros de agua correctos.																																	
21	Validación																																	

Figura 2.32 Diagrama de Gantt
Fuente: Elaboración propia

2.4.2.1 Disminución del tiempo de Producción

2.4.2.1.1 Disminución del tiempo de Manufactura

Como resultado de las últimas observaciones en la fábrica se registró una disminución considerable en el tiempo de llenado de la Marmita, ya que se eliminó el tiempo perdido en medir balde por balde. A continuación, se presenta una tabla con la diferencia:

	Data Histórica	Post Mejoras
	15	9
	15	12
	15	10
	70	13
	75	
	75	
	80	
	85	
	85	
	75	
Promedio	59	11
Diferencia	48	

Tabla 2.15 Diferencias en el tiempo de llenado de Máquina Marmita

Fuente: Elaboración propia

2.4.2.1.2 Disminución de tiempo de Empaquetado

Con respecto a las últimas visitas se constató que se consiguió eliminar las mudas presentes durante el proceso, logrando así una disminución considerable en el tiempo de empaquetado.

2.4.2.2 Resultados de la mejora

Durante las últimas 2 semanas de enero se recolectaron los tiempos de manufactura y empaquetado enfocándonos en los procesos que atacan directamente las

soluciones, para luego realizar una prueba de T y verificar la reducción del tiempo de producción.

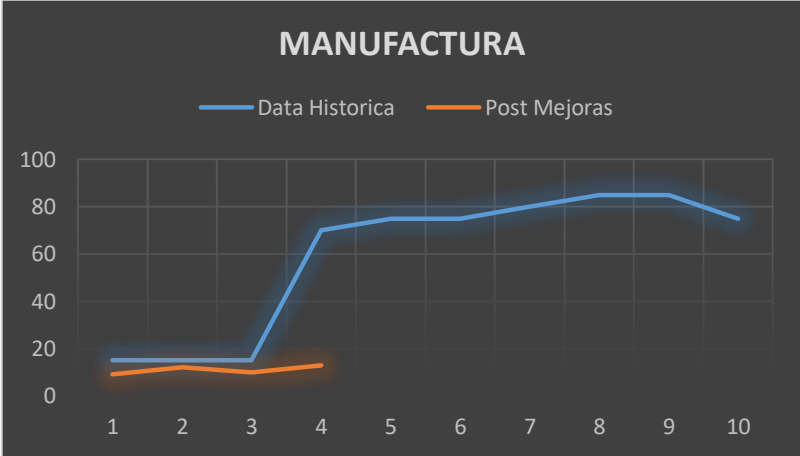


Figura 2.33 Gráfico del tiempo de Manufactura Data histórica vs Post mejoras
Fuente: Elaboración propia

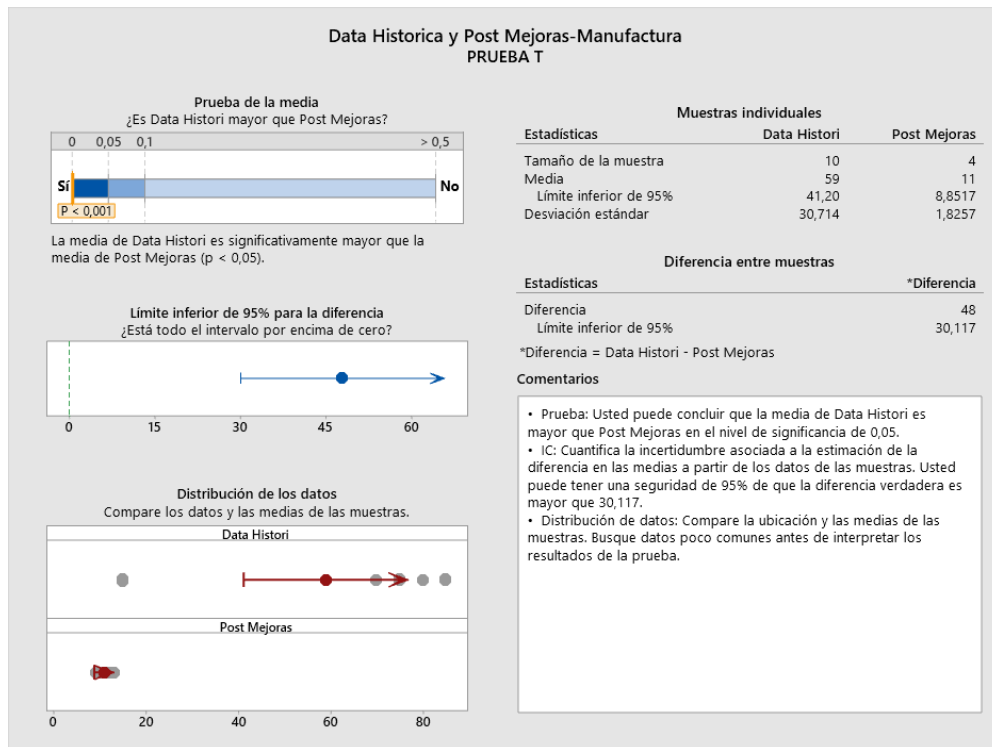


Figura 2.34 Prueba T de Data Histórica y Post-Mejoras de Manufactura

Fuente: Elaboración propia

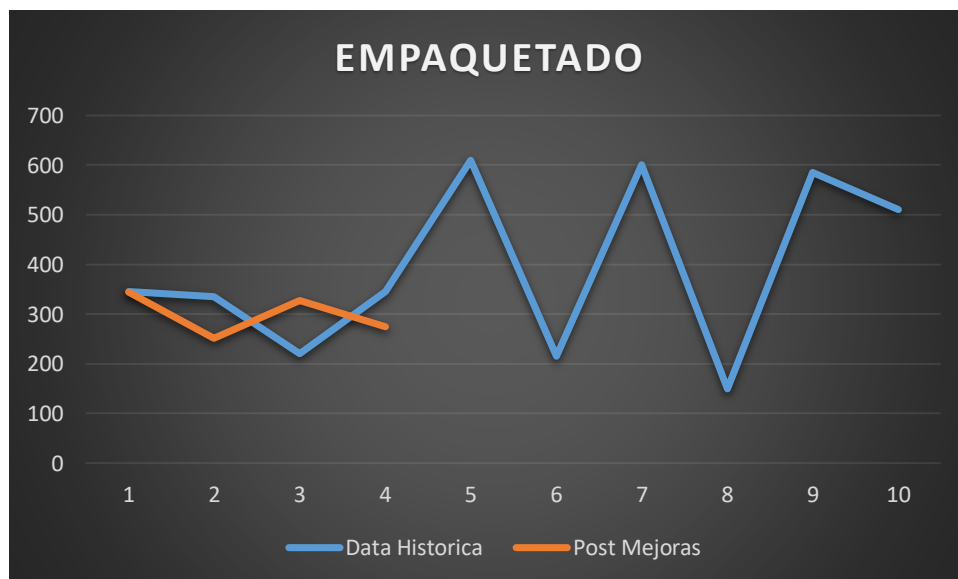


Figura 2.35 Gráfico del tiempo de empaquetado Data histórica vs Post mejoras

Fuente: Elaboración propia

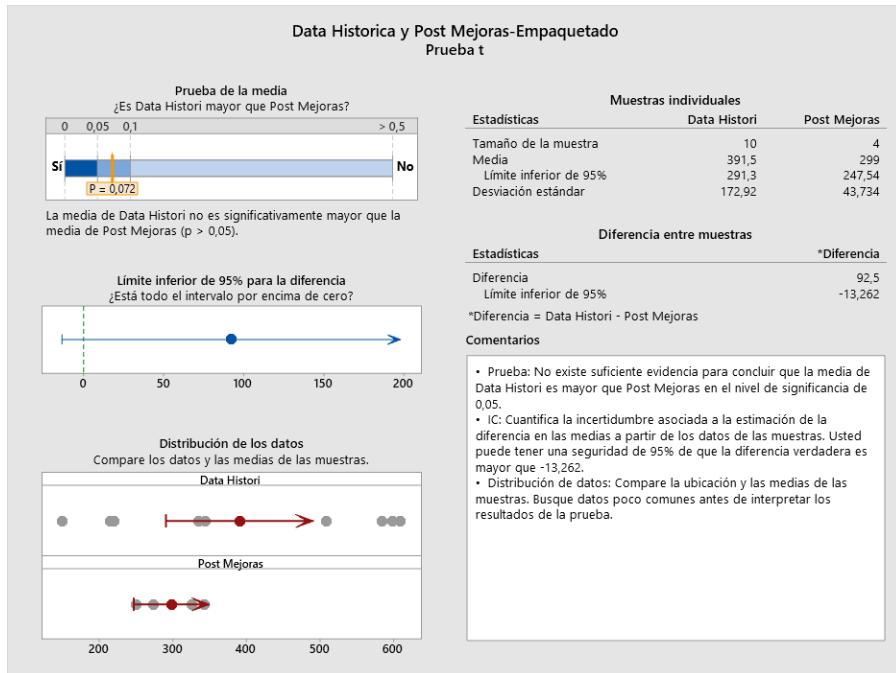


Figura 2.36 Prueba T de Data Histórica y Post-Mejoras de Empaquetado

Fuente: Elaboración propia

MANUFACTURA			Prueba de medias	
PASO	Promedio Antes (min)	Promedio Después (min)	Menor	Mayor
Llenado de marmita	59	11	✓	✗

Tabla 2.16 Tiempo de Manufactura

Fuente: Elaboración propia

EMPAQUETADO		Prueba de medias	
Promedio Antes (min)	Promedio Después (min)	Menor	Mayor
391,5	299	✗	✓

Tabla 3.17 Tiempo de Empaquetado

Fuente: Elaboración propia

El tiempo actual de producción es menor que el tiempo que hay en la data histórica, se utilizó los datos recolectados y con la ayuda del software “Minitab19”, donde se aceptó la hipótesis de que “el tiempo actual es menor que el anterior”. Esto es gracias a la eliminación de mudas en el proceso.

Gracias a esto se obtuvo como resultado el aumento de 8277 tubos de cremas aproximadamente, teniendo en consideración una planificación semanal de 5 días con 8 horas diarias.

2.4.3 Simulación

Para ejemplificar de mejor manera el tiempo real de producción de un lote se realizó una simulación con la ayuda del software “FlexSim 2019”, de esta manera se pudo obtener cual es el valor real de producción de un lote.

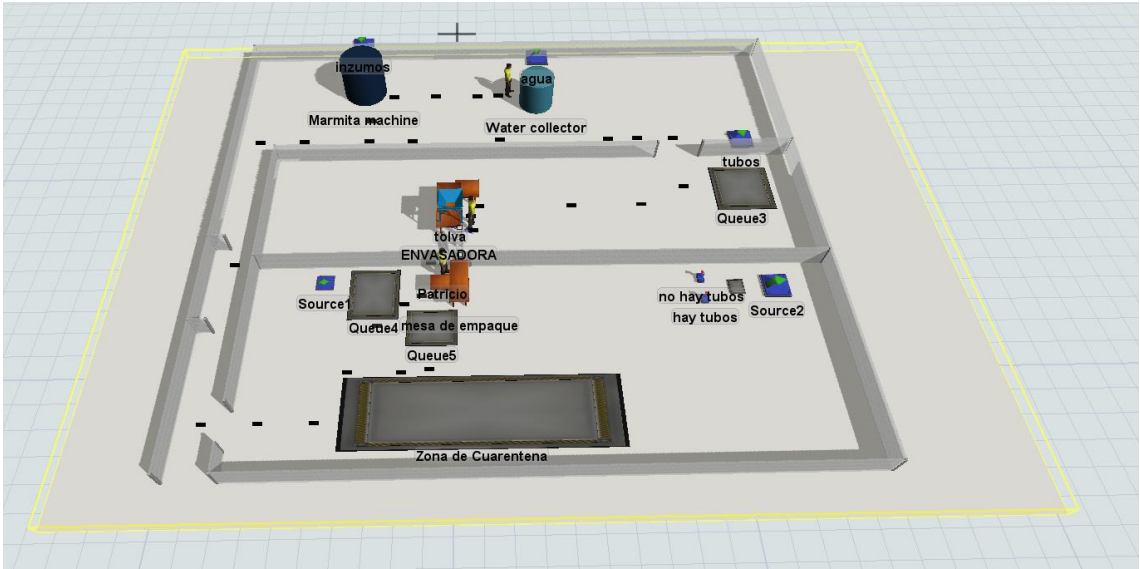


Figura 3.37 Simulación de la línea de producción de Semi-Sólidos

Fuente: Elaboración propia

Realizando la comparación de lo obtenido en la simulación con la data histórica se pudo calcular cuántos tubos de crema se ganaron semanalmente.

Tiempo de producción de un lote antes	15,81 min
Tiempo de producción de un lote después	13,47 min
Tiempo reducido	2,34 min

Tabla 3.18 Comparación de los tiempos de producción antes y después

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Aumento de los Lotes Producidos Semanalmente

Con los resultados obtenidos en el capítulo previo es posible calcular la nueva cantidad de productos que se pueden producir con las mejoras implementadas.

Número de cremas producidas antes semanal	18,000
Número de cremas producidas después de mejoras	26,277

Tabla 3.19 Número de cremas producidas semanalmente

Fuente: Elaboración propia

Dado que los objetivos al inicio del proyecto consistían en aumentar la producción de lotes semanales de 2 a 3 lotes que representaban el aumento de producción de cremas de 18000 a 27000 cremas. Los resultados que se obtuvo y las soluciones que sugerimos fueron aceptados con la mejor disponibilidad por parte de la compañía e implementadas el 100% de éstas.

3.2 Análisis Financiero

Con el fin de verificar que las soluciones sean rentables y viables, se realizará un versus en función de los beneficios con la cantidad de cremas ganadas y el personal utilizado, para así obtener el beneficio mensual como se muestra a continuación.

MEJORAS	
Costos de inversión	\$ 930,25

BENEFICIOS			
	Número de cremas producidas	Utilidad por crema	Total
Meses alta demanda	18000	\$ 0,01	\$ 180,00
Meses baja demanda	52554	\$ 0,01	\$ 525,54

Tabla 3.20 Detalle del Costo de Mejoras y Utilidad

MESES	EGRESOS	INGRESOS	FLUJO
0	\$ 930,25		\$ -930,25
1	\$ 100,00	\$ 525,54	\$ 425,54
2	\$ 100,00	\$ 525,54	\$ 425,54
3	\$ 100,00	\$ 180,00	\$ 80,00
4	\$ 100,00	\$ 180,00	\$ 80,00
5	\$ 100,00	\$ 525,54	\$ 425,54
6	\$ 100,00	\$ 525,54	\$ 425,54
7	\$ 100,00	\$ 525,54	\$ 425,54
8	\$ 100,00	\$ 180,00	\$ 80,00
9	\$ 100,00	\$ 180,00	\$ 80,00
10	\$ 100,00	\$ 180,00	\$ 80,00
11	\$ 100,00	\$ 180,00	\$ 80,00
12	\$ 100,00	\$ 180,00	\$ 80,00
VAN			\$1.620,10
TIR			31%

Tabla 3.21 Valores del VAN y el Porcentaje de TIR

Luego de haber realizado los flujos correspondientes a un año con las soluciones funcionales, donde se toma como partida las inversiones realizadas, se obtuvieron dos resultados, la promesa de un VAN de \$1620.10 que al ser mayor que cero representa una correcta inversión además que con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 31% que supera la establecida por la empresa en 11.26%.

Por lo que el proyecto es rentable y viable, por lo que se puede replicar y aplicar la misma metodología en otras líneas de producción.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Con el fin de aumentar la producción de lotes por semana, reduciendo el tiempo de producción del lote, se eliminaron las mudas encontradas. Luego del proceso metodológico, resultados y análisis, se concluye lo siguiente:

1. Producto del análisis del proceso, en la etapa de manufactura se redujo considerablemente el tiempo que se toma en transportar el agua del colector a la máquina marmita, llegando aproximadamente a la reducción de 48 min.
2. Producto de la implementación de soluciones, en la etapa de llenado y empaquetado, se eliminaron tiempos de calibración de máquina, además de que con el rediseño del área de empaquetado y la implementación de carritos para movilizar las gavetas, se redujo de manera considerable los movimientos innecesarios.
3. Producto del análisis del proceso, en la etapa de empaquetado, se concluye que, con la capacitación adecuada del personal, de cómo realizar una correcta preparación de su área de trabajo, se logra evitar paradas no programadas.
4. Con el resultado del análisis del proceso, se obtuvo que la máquina de llenado de tubos de crema al ser antigua continuará presentando fallas por lo que se realizarán mantenimientos preventivos y queda a consideración de la empresa cambiar de máquina por una moderna.
5. Luego del análisis, se tuvo conocimiento que la máquina de preparación de la crema y la máquina colectora de agua están muy distante, por lo que queda a consideración de la compañía invertir en acercar las dos máquinas.

4.2 Recomendaciones

1. Las mejoras que se implementaron no fueron todas de metodología aplicada a la Ingeniería, por tal motivo se recomienda realizar grupos de escucha activa, para una comunicación asertiva, con el fin de conocer los requerimientos de los diferentes involucrados en el proceso, desde operadores, Líderes, jefes de Producción y Gerentes.
2. Se recomienda la implementación de la metodología 5s, con la finalidad de eliminar desperdicios y material obsoleto o de poca utilización en cada una de las fases del proceso.
3. Se recomienda para un análisis de costo más real de los costos horas-hombre, se considere los costos tanto operativos como administrativos al implementar las soluciones.
4. Para fomentar la comunicación asertiva, se recomienda realizar cada actividad en conjunto con las personas involucradas en el proceso, puesto que algunas causas raíz no eran de conocimiento de los Líderes por no existir una correcta comunicación de las necesidades del cliente interno por cada etapa del proceso.
5. Para mejorar continuamente los procesos en las líneas de producción, se recomienda incorporar al equipo de trabajo un ingeniero industrial, para que se enfoque en la implementación de metodologías para un mayor control de cada área.

BIBLIOGRAFÍA

Bastidas L., V. K. (2020). *DSpace Espol*. Recuperado el 05 de Diciembre de 2022, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/51805/1/T-109978%20BASTIDAS%20-%20VILLALVA.pdf>

Vera Josseline. (2021). *DSpace Espol*. Recuperado el 7 de Diciembre de 2022, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/52592/T-88989%20Josselin%20Vera%20Aguirre.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zabala J., Guamán J., Burgos D., Burgos A., Calvopiña. (17 de Mayo de 2022). *Ekos Negocios*. Obtenido de <https://www.ekosnegocios.com/articulo/ranking-perspectivas-economicas-del-sector-de-la-salud-en-2022#:~:text=De%20acuerdo%20con%20las%20ventas,al%20mismo%20per%C3%ADodo%20de%202021.>

APÉNDICES

APÉNDICE A

