

# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Aplicación de Lean Six Sigma en NOPRACA, una empresa de procesamiento de alimentos, en el área de producción de conservas basado en la metodología DMAIC.**

**Daniel Mateo Cazar Fonseca**

**Ingeniería Industrial**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito  
para la obtención del título de  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

Quito, 17 de mayo de 2022

# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

## **HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Aplicación de Lean Six Sigma en NOPRACA, una empresa de procesamiento de alimentos, en el área de producción de conservas basado en la metodología DMAIC.**

**Daniel Mateo Cazar Fonseca**

**Nombre del profesor, Título Académico    Pablo Burneo, MeM.**

Quito, 17 de mayo de 2022

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Daniel Mateo Cazar Fonseca

Código: 00129564

Cédula de identidad: 1723225734

Lugar y fecha: Quito, 17 de mayo de 2022

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

## RESUMEN

Este trabajo tiene como finalidad el realizar un análisis en una empresa procesadora de alimentos en el área de producción de conservas, más específicamente en la línea de producción que pasa por la máquina principal de envasado. En este caso de estudio se realiza la aplicación de la metodología DMAIC al mismo tiempo que se usan ciertas herramientas de Lean y Six Sigma para tratar de mejorar los procesos dentro de la planta. El trabajo comienza con visualizar la situación actual en la que se encuentra trabajando la planta, y a su vez analizar los datos históricos de producción con los que cuenta la empresa. Posteriormente se analizaron todas las posibles causas de problemas dentro del proceso, y para esto se utilizaron herramientas como diagrama de Pareto y los 5 Por qué, para lograr identificar cuáles son los principales problemas en los que hay que enfocarse. A continuación, se establecieron propuestas de mejoras las cuales fueron aprobadas por la alta gerencia de la empresa y se pudo iniciar con la implementación de estas mejoras. Por último, se realizaron planes de control para cada una de las mejoras, las cuales nos ayudaran a apreciar si con el tiempo se está cumpliendo con los resultados deseados después de la implementación de las mejoras. En este caso de estudio se mostrará los resultados actuales que se tienen después de la implementación de las mejoras; en las cuales como resultado principal se obtuvo que en el proceso de producción se pudo reducir alrededor de 3 horas del tiempo total para la producción de una orden.

**Palabras clave:** Metodología DMAIC, Lean Six Sigma, Industria de procesamiento de alimentos, Disminución de tiempos.

## ABSTRACT

The purpose of this work is to carry out an analysis in a food processing company in the canning production, more specifically in the production line that passes through the main packaging machine. In this case study the application of the DMAIC methodology is carried out while certain Lean and Six Sigma tools are used to try to improve the processes. The project first analyzes the current situation, and at the same time study the historical production data. Subsequently, all known causes of problems within the process were analyzed, and for this, tools such as the Pareto diagram and the 5 Whys were used. This helped; to identify which are the main problems that need to be focused on. Next, improvement proposals were established which were revised and approved by the company's senior management so the implementation of these improvements could be executed. Finally, control plans were made for each of the improvements, which will help us to appreciate if the desired results are being achieved over time after the implementation of the improvements. In this case study the current results after the implementation of the improvements will be shown; in which the main result was that in the production process it was possible to reduce about 3 hours of the total time to produce an order.

**Key words:** DMAIC methodology, Lean Six Sigma, Food processing industry, Time reduction.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>2. REVISIÓN LITERARIA</b> .....	12
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	14
<b>4. CASO DE ESTUDIO</b> .....	16
4.1 Situación actual de la empresa.....	16
4.2 Rendimiento del proceso .....	20
4.3 Análisis de la situación de la empresa .....	23
4.4 Implementación de mejoras.....	26
4.4.1 Aplicación metodología SMED en limpieza de máquina de envasado.....	26
4.4.2 Estandarización de limpieza de máquina de envasado .....	28
4.4.3 Estandarización de calibrado de máquina de envasado.....	28
4.4.3.1 Señalización de máquina de envasado .....	29
4.4.4 Implementación de manual de mantenimiento para máquina de envasado .....	30
4.4.5 Planificación actividades operador de elaboración de salsa de tomate .....	31
4.4.6 Implementación nuevo proceso de descarga de salsa de tomate.....	32
4.4.7 Control de nuevas cantidades de inventario almidón.....	33
4.5 Plan de control de mejoras .....	34
<b>5. RESULTADOS</b> .....	35
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	37
<b>7. LIMITACIONES</b> .....	38
<b>8. REFERENCIAS</b> .....	39
<b>9. ANEXOS</b> .....	41
Anexo A: Flujograma del proceso de envasado.....	42
Anexo B: Fórmula usada para el cálculo de la disponibilidad de máquina.....	42
Anexo C: Fórmula usada para el cálculo del rendimiento de máquina. ....	42
Anexo D: Fórmula usada para el cálculo de la calidad. ....	43
Anexo E: Fórmula usada para el cálculo del OEE de máquina. ....	43
Anexo F: Flujograma de limpieza para máquina de envasado PAKVOL. ....	44
Anexo G: Flujograma de estandarización de limpieza para máquina de envasado PAKVOL.....	45
Anexo H: Flujograma de estandarización de calibrado para máquina de envasado PAKVOL. ....	46

Anexo I: Portada de manual realizado e implementado en planta. ....	47
Anexo J: Señalización de máquina de envasado en zona de matriz de corte. ....	48
Anexo K: Señalización de máquina de envasado en zona de matriz de corte.....	48
Anexo L: Señalización de máquina de envasado en zona de banda transportadora. ....	49
Anexo M: Señalización de máquina de envasado en zona de mordaza refrigerante. ....	49
Anexo N: Señalización de máquina de envasado en zona de mordazas verticales. ....	50
Anexo O: Señalización de máquina de envasado en zona de mordazas horizontales. ....	50
Anexo P: Señalización de máquina de envasado en zona de triángulo formador de lámina. ....	51
Anexo Q: Señalización de máquina de envasado en la zona del cilindro desbobinador de lámina. ....	51
Anexo R: Checklist de control para estandarización de limpieza de máquina de envasado. .	52
Anexo S: Checklist de control para estandarización de calibrado de máquina de envasado. ....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de producción mensual .....	18
Tabla 2. Métricas claves de rendimiento.....	21
Tabla 3. Tiempos de proceso y tiempos de espera .....	22
Tabla 4. Tiempo total de proceso y tiempo total de espera .....	23
Tabla 5. Clasificación de actividades en limpieza de máquina de envasado.....	27
Tabla 6. Planes de control para cada una de las mejoras .....	35
Tabla 7. Rendimiento actual del proceso post mejoras implementadas.....	36
Tabla 8. Rendimiento actual del proceso en tiempos de proceso y espera.....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma proceso de producción .....	17
Figura 2. Grafica de pastel. Producción en planta.....	18
Figura 3. VSM proceso de producción salsa de tomate y mayonesa.....	20
Figura 4. Diagrama de Pareto sobre paros de producción.....	24
Figura 5. Planificación de actividades en TAMARMIS para 1 operador. ....	31
Figura 6. Planificación de actividades en TAMARMIS para 2 operadores. ....	32

## 1. INTRODUCCIÓN

La industria del procesamiento de alimentos aún no se encuentra totalmente desarrollada dentro del país como para cumplir con la demanda local, y peor aún si se quiere incrementar las exportaciones y uno de los motivos es que en el Ecuador las empresas de la industria alimenticia importan la mayoría de las materias primas necesarias para el envasado, entre ellas se encuentra la caja de cartón, plástico para envolver las cajas de los pallets, etiquetas y bolsas de plástico. (Soledispa, S. & Solórzano, B., 2021) La industria de procesamiento de alimentos es un enorme componente del sector manufacturero de Ecuador, donde en 2017 el sector contribuyó con 6300 millones de dólares al producto interno bruto y obtuvo 10500 millones de dólares en ventas netas. (Cacho, M. & Espinoza, D., 2021)

Es por estas razones que es de gran prioridad para las empresas de la industria de procesamiento de alimentos del país, el poder reducir o eliminar sus desperdicios en sus procesos de elaboración de productos y en el envasado de estos, ya que en muchas ocasiones estas empresas abastecen con sus productos a todo el país y necesitan que sus procesos sean lo más eficientes posible. (Cacho, M. & Espinoza, D., 2021) Existen estudios realizados previamente por entidades privadas que demuestran la importancia de este tema como por ejemplo en una empresa de alto reconocimiento a nivel nacional en la cual se realizó un estudio acerca de la eficiencia de una de las máquinas de envasado. Este proyecto se enfocó en poder reducir los tiempos de producción de uno de sus productos de conservas, en el cual se tenían demasiados desperdicios generados dentro del proceso. (Arbaiza, L. & Flores, D., 2019)

Es por eso que este estudio se enfoca en una empresa de procesamiento de alimentos en su área de producción de alimentos conservas. En la cual existe el problema de desperdicios generados en el proceso de su línea principal de envasado, limitando así su capacidad productiva. Se tiene tiempos muertos y retrasos en la producción que se desean eliminar o disminuir en la

mayor cantidad posible. Al ser una empresa que tiene una gran demanda de producción mensual, es indispensable que pueda tener la mayor eficiencia y productividad posible en cada una de sus áreas de producción y sobre todo en sus productos de mayor demanda donde la producción no puede parar por mucho tiempo ya que esto se vería reflejado de gran manera en consecuencias económicas para la empresa, en este caso en pérdida por falta de producción.

## **2. REVISIÓN LITERARIA**

La metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) es ampliamente usado dentro de la industria de procesamiento de alimentos ya que permite encontrar soluciones eficientes y adecuadas a problemas o necesidades que surjan dentro de las empresas. (Pérez, L., 2020) Como lo demuestran Castaño Carlos y Sánchez Fernando en su caso de estudio en 2021, aplicando la metodología DMAIC dentro de una empresa de producción de chocolates, en su línea de envasado y empaquetado, se puede lograr la reducción de costos en procesos esenciales de la empresa, a través de un análisis de mejora para encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos de envasado y empaquetado.

La generación de desperdicios a lo largo de un proceso productivo no solo es un problema que afecta a las empresas nacionales como lo es el caso de una empresa ubicada en Guayaquil donde a través de la aplicación de metodología DMAIC o Seis Sigma en una planta de alimentos balanceados donde se quiere reducir los desperdicios generados en el proceso de producción. (Blandón, L., Espinal, M. & Moncada, R., 2021) Sino también se ven afectadas empresas internacionales como lo es el caso de un negocio peruano donde se implementó la metodología DMAIC en una planta de producción de alimentos balanceados en el cual se buscaban reducir al máximo los desperdicios generados del proceso manufacturero. (Quillupangui, P., 2019)

Para ir más a detalle y acorde a la situación que vive la empresa en la que se va a realizar este proyecto, se encontraron casos de estudio en los cuales el principal problema de desperdicios es la cantidad de tiempo muerto considerable que se genera dentro del proceso. Dentro de los casos de estudio se informaron de una empresa donde se aplicó DMAIC para la reducción de mermas asociadas a la producción de una empresa procesadora de alimentos, (Arriola, I., 2021) de igual forma se encontró un caso de otra empresa internacional donde se aplicó la metodología DMAIC para la mejora de producción y reducción de pérdidas en procesadora de alimentos. (Vidal, L. & Bravo, P., 2015)

Para que la aplicación de la metodología DMAIC tenga el éxito deseado dentro de la empresa se deben de aplicar de manera correcta las implementaciones de mejoras previamente analizados, de esta manera se puede mencionar de la aplicación de herramientas Lean que son usadas principalmente para buscar de la mejor manera la solución correcta a los problemas que causan estos desperdicios dentro del proceso. (Arboleda, J., 2017) Dentro de estas herramientas las cuales se aplicará de igual manera para este caso de estudio se encuentran la aplicación de metodología SMED en la cual consiste la eliminación de actividades innecesarias y transformación de actividades para que el proceso se pueda cumplir en un menor tiempo y de manera eficiente. (García, M., Sanz, P., de Benito, M. & Galindo, J., 2012)

De igual forma se encuentra la estandarización de los procesos la cual es una herramienta que se usará a posterior dentro de este caso de estudio y es muy usada dentro de la industria para unificar procedimientos claves que se cumplan dentro de una empresa, creando patrones sobre las actividades más variadas y que los involucrados dentro del funcionamiento de la empresa se guíen por ciertas pautas determinadas. (Hurtado, M. & Palapa, J., 2011)

### 3. METODOLOGÍA

Una vez que se realizó una exhaustiva revisión literaria, revisando diferentes casos de estudio ya analizados en el punto anterior, donde se aplicó la metodología DMAIC, se visualizó que se puede utilizar esta metodología para el caso de estudio que se presenta en este proyecto integrador. Donde a través de esta metodología se buscará resolver el problema que presenta la empresa, y a su vez mejorar la productividad y eficiencia en el proceso de envasado de salsas. Para comenzar con cada uno de los pasos que nos establece la metodología DMAIC, se debe definir y entender de manera correcta cuales son los procesos que se tienen al momento de fabricar las salsas. Desde que llega la materia prima hasta que se guardan en bodega de productos terminados listos para ser llevados los diferentes centros de distribución en el país. Para esto se levantarán los diferentes procesos dentro de la empresa que están relacionados a la fabricación de salsas, utilizando diagramas de flujo, diagrama SIPOC y VSM para de esta manera tener más claro cómo funciona todo el proceso y se verá posibles errores que pueda tener el mismo.

Posteriormente se medirá el proceso a través de la obtención de la disponibilidad, eficiencia, calidad y OEE de cada una de las maquinas que se utilizan dentro del proceso para la fabricación de salsas. De igual manera se vera la capacidad del proceso en el envasado de las salsas en la máquina que se utiliza para dicho proceso. Posteriormente se medirá el proceso a través de la obtención de la disponibilidad, eficiencia, calidad y OEE de cada una de las maquinas que se utilizan dentro del proceso para la fabricación de salsas. De igual manera se vera la capacidad del proceso en el envasado de las salsas en la máquina que se utiliza para dicho proceso. Se calcularán como indicadores a ser revisados al final los tiempos de proceso y tiempos de espera dentro de todo el proceso, todo esto para saber cuál es la situación en la que se encuentra la empresa como tal y como se vieron afectados estos indicadores una vez se aplicaron las mejoras propuestas.

Al momento de la fase de analizar se deben ver todas las posibles causas raíz para los errores o problemas identificados previamente dentro del proceso, para esto se utilizarán herramientas como diagrama de Ishikawa, 5 por qué y diagrama de Pareto. Para poder analizar cuáles son las causas raíz se utilizará los diferentes reportes de producción utilizados por los operadores para registrar tiempos de producción, motivos de paro, producto a realizar y todos los detalles del lote de producción del cual eran responsables. Para analizar estos reportes de producción se utilizó un muestreo sistemático para la obtención de la muestra, esto debido a que el proceso de selección de los reportes de producción es manual, por lo cual el muestreo sistemático resulta más fácil, simple, menos tiempo y más económico. (QuestionPro, 2021)

Después de revisar varias referencias bibliográficas y que se mencionaron en el punto de revisión literaria, se pudo establecer que el tamaño de muestra utilizado para estos casos de estudio es de un  $n = 100$ , por lo tanto, se seleccionaran 100 reportes de producción de los últimos 4 meses de producción dentro de la empresa. Y esta cantidad de reportes serán analizados para verificar cuales son las causas raíz de los problemas que presenta el proceso. Para la fase de implementar las mejoras del proceso se utilizarán diferentes herramientas lean, las cuales serán analizadas su implementación de acuerdo con las necesidades que presente la empresa en cada uno de los problemas encontrados. Después de revisar varias referencias bibliográficas podemos observar que las herramientas más usadas para esto tipos de casos de estudio son SMED, TPM, estandarización de procesos y 5S's, para este caso de estudio se verá si estas herramientas pueden ser también usadas para llegar a la resolución de los problemas identificados.

Por último, para la fase de controlar se analizarán diferentes formas de llevar a cabo un control cada cierto tiempo sobre las mejores implementadas, para esto se manejarán diferentes posibilidades como un control por llenado de "checklist", el cual debe ser llenado por los

operadores y archivado para posterior revisión. De igual manera utilizar tarjetas de control para las 5S's en caso de que se aplique esta metodología.

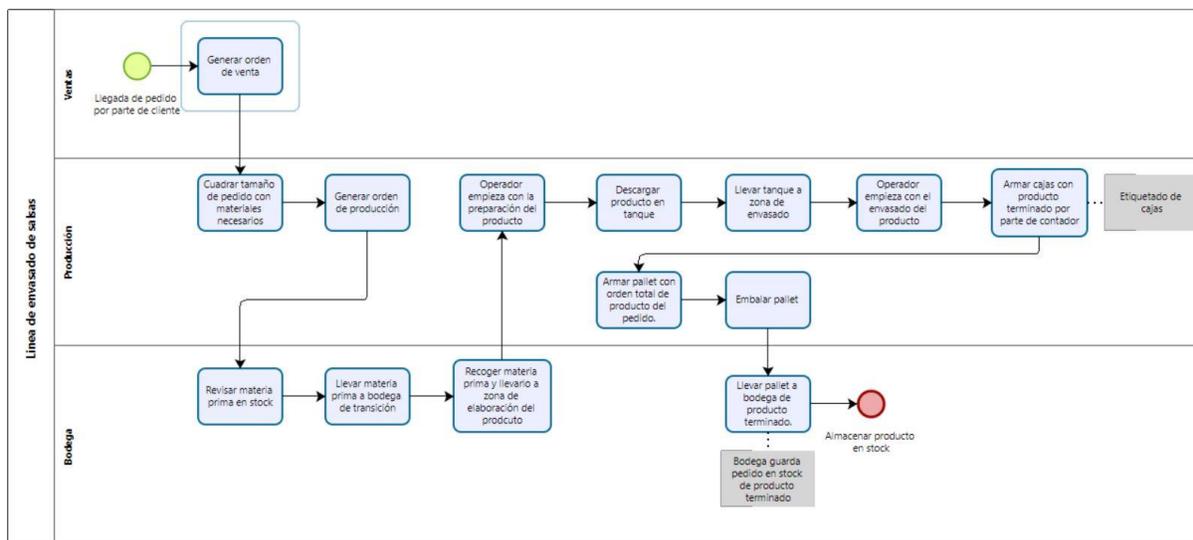
#### **4. CASO DE ESTUDIO**

Antes de empezar con la aplicación de la metodología DMAIC dentro de la empresa, se tuvieron conversaciones con la gerencia, en las cuales se establecieron los principales problemas que existían dentro de la planta, más específicamente para la línea de producción que pasa por la principal máquina de envasado. Donde el principal problema es la gran cantidad de desperdicios, tiempos muertos, que se generan a lo largo de todo el proceso. Generando así problemas como el tener que trabajar un día extra prácticamente todas las semanas debido a que no se logra completar toda la planificación que se tenía prevista para los 5 días laborales de la semana. De esta manera se produce un 20% más de gastos por el funcionamiento de las máquinas que se involucran en el proceso y por todo el personal que tiene que asistir a planta para trabajar. Es por este motivo la importancia de aplicar la metodología DMAIC dentro del proceso para encontrar las formas en las que se puede resolver este problema y optimizar el proceso de planta.

##### **4.1 Situación actual de la empresa**

Para tener claro que es lo que se iba a realizar durante esta fase de reconocimiento de la situación de la empresa fue necesario establecer cuáles serían las personas involucradas dentro del levantamiento de información, los datos históricos de la empresa que serían revisados, los pasos a seguir con tiempos asignados de cumplimiento y el alcance y objetivos que tendrá este proyecto como tal. Como paso inicial en la aplicación de la metodología es fundamental entender el funcionamiento del proceso productivo dentro de la planta, para esto se utilizó diagramas de flujo

para visualizar de mejor manera las actividades que se llevaban a cabo en todo el proceso de producción. Se utilizó esta herramienta debido a que es muy útil para poder entender correctamente las diferentes fases de cualquier proceso y su funcionamiento, y por lo cual permite comprenderlo y estudiarlo para tratar de mejorar sus procedimientos. (Manene, L., 2013)



*Figura 1. Flujograma proceso de producción*

En la figura 1 se representa el cómo se trabaja en toda la planta de conservas, ya sea para cualquier pedido en cualquier máquina de envasado. Al ser este un proyecto que se enfoca en la línea de producción que pasa por la máquina principal de envasado de la planta, se realizó un flujograma más detallado para ver las actividades que conlleva toda esta línea de producción en específico. Véase el flujograma en la sección de anexos.

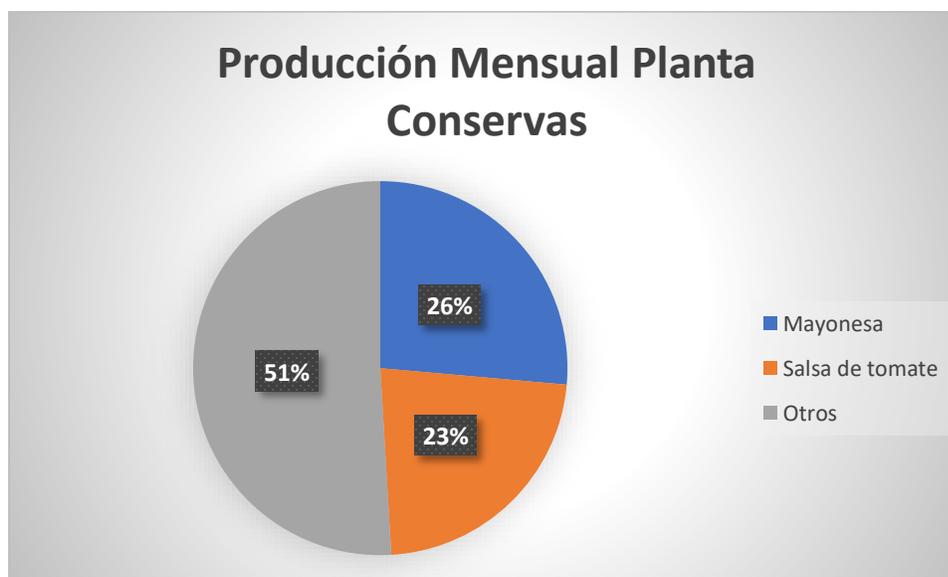
Al presentarse que en esta máquina de envasado principal llamada PAKVOL pasan 82 productos en total de todos los que produce la empresa, se quiere visualizar cuales son los productos más importantes que pasan a través de esta máquina. Para lo cual se revisan informes mensuales de producción de 6 meses anteriores, para poder establecer que producto o productos de todos los que pasan por la línea de envasado PAKVOL representan una mayor producción

dentro de la planta. Una vez revisados los 6 meses de informes de producción mensual se obtienen los siguientes promedios de datos.

	<b>Unidades Producidas</b>	<b>Kilogramos producidos</b>
<b>Mayonesa</b>	523370	312983.816
<b>Salsa de tomate</b>	448815	165792.455
<b>Otros</b>	1009614	481824.09
<b>Total Producidas</b>	1981799	960600.361

*Tabla 1. Cantidad de producción mensual*

En la tabla 1 se observa que se detalla la cantidad de unidades y kilogramos promedio producidos de productos que pasan por la línea de envasado PAKVOL en los 6 meses de producción registrados en informes. A partir de estas cantidades se podrá ver que producto o productos son los que más se producen mensualmente y pasan por la línea de envasado PAKVOL. A partir de los datos encontrados de los 82 productos y las cantidades totales que se están produciendo mensualmente en planta nos dan los siguientes porcentajes de producción.



*Figura 2. Grafica de pastel. Producción en planta*

Se puede evidenciar claramente en la figura 2 que solo dos productos de los 82 totales abarcan la mitad de producción de la planta, los cuales son la salsa de tomate que abarca un 23% de la producción y la mayonesa que abarca un 26% de la producción. Lo cual también conlleva a que estos productos son los que más gastos e ingresos generan dentro de la planta. Por lo cual, el proyecto se enfocará directamente en estos dos productos que pasan por la línea de envasado PAKVOL.

Una vez que ya se han definido todas las principales líneas del proyecto se quiere empezar a visualizar cuales son los puntos claves dentro del proceso y que factores están involucrados dentro de los mismos, para esto se realiza un VSM del proceso. Debido a que es una herramienta útil y de gran importancia para identificar la realidad de una empresa, para iniciar el proceso de mejoramiento continuo, y lograr mayor productividad, eficiencia y finalmente rentabilidad. (Villadiego Tuirán, M., 2013)

Para la realización del VSM se revisó datos históricos con los que contaba la empresa, los cuales eran reportes diarios de producción almacenados en cajas por los meses correspondientes, siendo toda la información registrada de manera física. Debido a una disponibilidad de datos de la empresa, se revisó 4 meses de reportes diarios de producción de los cuales se sacó una muestra de 136 datos, donde a través del teorema del límite central se pudo justificar que la distribución de la media de la muestra si sigue una distribución normal. Esto basado en que el teorema estadístico menciona que, si hay una muestra aleatoria que sea suficientemente grande, los datos

siguen una distribución normal. (Montgomery, D., 2009)

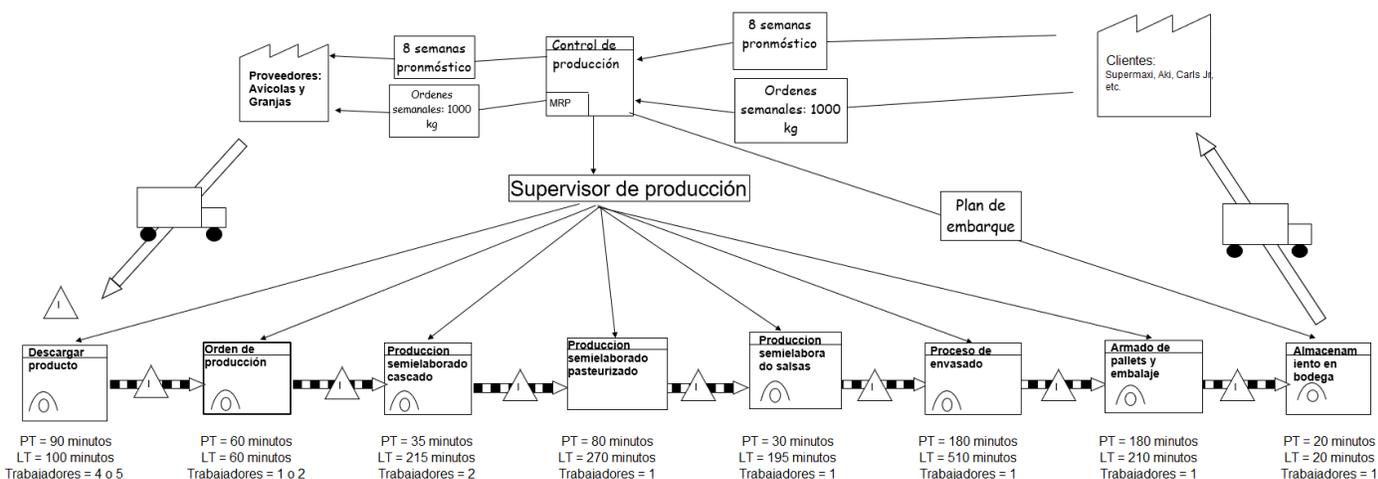


Figura 3. VSM proceso de producción salsa de tomate y mayonesa

## 4.2 Rendimiento del proceso

Para conocer cuál es el rendimiento del proceso, establecemos los parámetros que afectan el funcionamiento del proceso y las características y variables clave, para de esta manera medir la capacidad del proceso. Habiendo establecido estas métricas que nos ayudan a conocer la situación en la que se encuentra el problema que queremos resolver, debemos medir estos parámetros y establecer un seguimiento mediante indicadores que nos permita posteriormente poder analizar la situación. (Pérez, E. & García, M., 2014)

Las métricas establecidas para este caso del proceso fueron determinadas debido al problema que se tenía desde un principio el cual es que durante el proceso se generaban desperdicios considerables, tiempos muertos. Es por esto por lo que teniendo conocimiento de que en el proceso para cada una de las etapas de elaboración y envasado de salsa de tomate y mayonesa se utiliza un diferente tipo de máquina se pudo determinar que las métricas a usar para futuro

seguimiento son la disponibilidad, calidad, eficiencia y OEE. Estas métricas serán usadas para cada una de las máquinas que se ven involucradas dentro del proceso, siendo que existe:

- Para la elaboración de mayonesa. Una máquina de cascado de huevos, una máquina pasteurizadora y una máquina mezcladora de ingredientes denominada MAFRY.
- Para la elaboración de salsa de tomate. Dos máquinas de preparación de salsa donde se mezclan los ingredientes, llamados TAMARMI 1 y TAMARMI 2.
- Para el envasado del producto. La máquina envasadora llamada PAKVOL.

Para el cálculo de cada una de las métricas se usaron los datos recopilados de los reportes diarios de producción, los cuales fueron los tiempos que se registraban por parte de los operadores que manejan cada una de las maquinas ya mencionadas y el número de unidades de productos terminados en buen estado y defectuosos que cada maquina produce. Dentro de estos tiempos se tiene las horas trabajadas y horas de paro de la máquina. Una vez aplicadas las fórmulas con los datos correspondientes para cada una de las métricas se obtuvieron los siguientes resultados para cada una de las máquinas involucradas en el proceso. Véase las fórmulas usadas para el cálculo de cada una de las métricas en anexos.

	<b>CASCADO</b>	<b>PASTEURIZADO</b>	<b>MAFRY</b>	<b>TAMARMI 1</b>	<b>TAMARMI 2</b>	<b>PAKVOL</b>
<b>Disponibilidad</b>	100%	100%	81.90%	58,5%	62.10%	58.30%
<b>Eficiencia</b>	100%	100%	100%	100%	100%	103%
<b>Calidad</b>	100%	100%	100%	100%	100%	98%
<b>OEE</b>	100%	100%	-	-	-	62.20%

*Tabla 2. Métricas claves de rendimiento*

Para futuros análisis en las métricas se enfocará solamente en las maquinas MAFRY, TAMARMI 1 y 2, y PAKVOL. Debido a que como se puede evidenciar en la tabla 2 las máquinas

de cascado y pasteurizado están trabajando de una manera totalmente correcta y no se tiene problema alguno con referencia a las métricas usadas.

Como indicadores principales del proceso y métricas que nos van a permitir observar de manera clara cuál es el rendimiento real que está teniendo el proceso, tenemos el tiempo de proceso y el tiempo de espera. De esta manera con la ayuda de estos tiempos se podrá saber cuánto realmente es el tiempo que se está aprovechando y cuanto es el tiempo que no se está utilizando la maquina o los operadores no están siendo del todo productivos. Como se pudo observar en la figura 3, se establecieron los tiempos de proceso y espera en cada una de las actividades del proceso, teniendo los siguientes resultados.

	<b>Process Time (min)</b>	<b>Lead Time (min)</b>	<b>Trabajadores</b>
<b>Descargar Producto</b>	90	100	4
<b>Generar orden de producción</b>	60	60	2
<b>Producción semielaborado cascado</b>	35	215	2
<b>Producción semielaborado pasteurizado</b>	80	270	1
<b>Producción semielaborado salsas</b>	90	195	1
<b>Proceso de envasado</b>	180	510	1
<b>Armado de pallets y embalaje</b>	180	210	1
<b>Almacenamiento en bodega</b>	20	20	1

*Tabla 3.* Tiempos de proceso y tiempos de espera

Para resumir de mejor manera la tabla 3, se puede ver que en varias actividades se tiene un tiempo de espera demasiado alto, en especial en el proceso de envasado, a comparación de cuanto es el tiempo de proceso en sí. Para visualizar mejor cuanto es el tiempo que se está

pasando sin producir y cuanto es el tiempo que está produciendo en total durante todo el proceso.

Lo que se realiza es la suma de todas las actividades del tiempo de proceso y tiempo de espera.

	<b>Process Time (min)</b>	<b>Lead Time (min)</b>	<b>Trabajadores</b>
<b>Total original</b>	735	1580	13
<b>Total actual</b>	735	1505	14

Tabla 4. *Tiempo total de proceso y tiempo total de espera*

Se puede observar en la tabla 4 que el tiempo de espera casi triplica al tiempo de proceso, por lo cual ese es el punto de enfoque en el planteo de las mejoras, el tratar de reducir de manera correcta los tiempos en los que no se está produciendo durante el proceso.

### 4.3 Análisis de la situación de la empresa

Para el análisis de que está pasando en la empresa se utilizaran los datos recopilados en los reportes diarios de producción, más específicamente se trabajara con las razones de paro de la producción que los operadores colocan en las hojas de reporte. Para tratar de averiguar las razones por las que algo está fallando y que acciones deben llevarse a cabo para poder corregir el problema y mejorar los indicadores que se han planteado anteriormente. (Pérez, E. & García, M., 2014)

Una vez recopilada toda la información de los reportes diarios de producción en una hoja de Excel en la cual se pueden visualizar de mejor manera cuales fueron las razones de paro. Lo que se realiza es un diagrama de Pareto el cual es una herramienta muy útil para el análisis de problemas o defectos, y sirve para ayudar a priorizar que causas provocan estos problemas y así poder mejorar la situación. (Gallach, F., Soler, V., Pérez, A. & Pérez E., 2020)

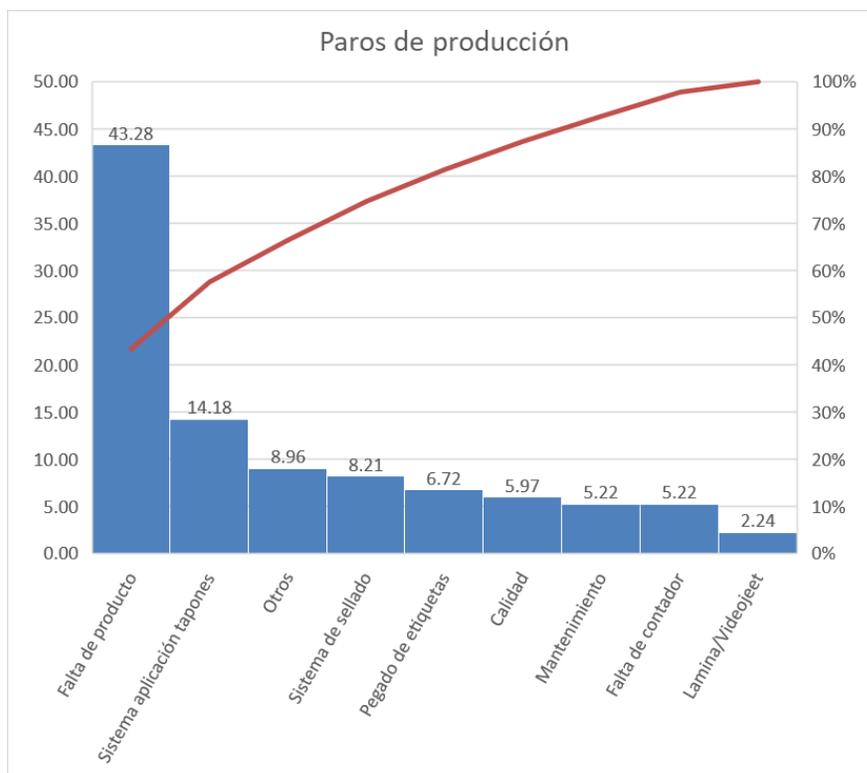


Figura 4. Diagrama de Pareto sobre paros de producción

Se aplicará el principio de Pareto o también llamado principio del 80-20 para poder enfocarse en los problemas que están trayendo la mayor consecuencia sobre el proceso y empezar a analizar porque se pueden estar dando todos estos problemas. Como se refleja en la figura 4, el 80% de las razones de paros dentro del proceso y en las cuales se tendrá que hacer un análisis más extenso son:

- Falta de producto – 43.28%
- Problemas con el sistema de aplicación de tapones (PAKVOL) – 14.18%
- Otros (Reuniones, alimentación, dispensario médico, corte de energía, etc.) – 8.96%
- Problemas en sistema de sellado (PAKVOL) – 8.21%
- Pegado de etiquetas (etiquetado de producto terminado) – 6.72%

Para poder ahondar más sobre el porqué se están generando estos problemas que originan el paro de la producción, encontrar la causa raíz de estos. Se aplica la técnica de los 5 porqués, la cual es una técnica simple pero muy poderosa que sirve para llegar a la causa real de cualquier problema. Esta técnica consiste en preguntar y responder “por qué” cinco veces, a pesar de que el número 5 es un número arbitrario y podríamos seguir preguntando más veces, normalmente 5 preguntas son suficientes para llegar a la raíz del problema. (Ries, E., 2012)

La técnica de los 5 ¿por qué? fue realizada en este caso a los supervisores y a los operadores del área de producción, ya que ellos son los que más experiencia tienen realizando el proceso por años y saben cuáles son los problemas dentro del proceso y que es lo que está causando como tal estos problemas. Es por eso por lo que se realizaron las siguientes 5 preguntas para saber cuáles realmente son los problemas por los que para la producción.

- 1) ¿Por qué se tienen tiempos muertos en el proceso o retrasos en la programación?
- 2) ¿Por qué falta la materia prima para arrancar con la producción?
- 3) ¿Por qué no abastece el personal para la elaboración de salsa de tomate?
- 4) ¿Por qué se detiene la máquina de envasado?
- 5) ¿Por qué no hay tanques para usar?

Todas las preguntas fueron contestadas con claridad y exactitud por parte de los entrevistados, dando respuestas que fueron de gran utilidad para identificar la causa raíz de los paros de producción, las respuestas más destacadas y que coincidían entre todos los que respondieron fue:

- Porque no hay tanques para usar, la máquina de envasado PAKVOL está parada, no se tiene suficiente personal trabajando en la producción de salsa de

tomate y no se cumple con el tiempo estimado y no se tiene materia prima para comenzar con la producción de mayonesa.

- Porque el proveedor de almidón no hace las entregas en los tiempos establecidos y no se tiene suficiente en inventario para cubrir esa falta de producto.
- Porque en la elaboración de salsa de tomate solo se tiene a 1 operador que maneja las dos máquinas y tiene que realizar doble trabajo.
- Porque a la máquina de envasado se le tiene que dar el set up correspondiente y además muchas veces se para por fallos mecánicos.
- Porque los tanques se están lavando o están siendo utilizados en algún otro proceso de la planta.

A través de las respuestas a las preguntas se pudo identificar la causa raíz de los problemas por los cuales se está teniendo los paros de producción y por ende se generan los tiempos muertos, desperdicios en el proceso. De esta manera también se establecen los puntos de mejora dentro del proceso, donde aplicando herramientas lean correctas se pueden tener propuestas de mejora que permitan que el proceso se desarrolle de una manera más eficiente y productiva.

#### **4.4 Implementación de mejoras**

Una vez identificados los puntos de mejora dentro del proceso, se procede a implementar las mejoras propuestas, para tratar de tener una mejor situación actual en el proceso de producción.

##### **4.4.1 Aplicación metodología SMED en limpieza de máquina de envasado**

Mediante la técnica de los 5 ¿Por qué? se identificó que uno de los problemas principales para el paro de la producción se debía al tiempo de set up que se le da a la máquina de envasado,

este tiempo de set up se divide en dos grandes actividades: la limpieza y el calibrado de la máquina. Para poder observar cuales eran los tiempos que se estaban produciendo en cada paso de la limpieza se procedió a hacer un diagrama de flujo del proceso. Véase en anexos el flujograma de limpieza para la máquina de envasado PAKVOL.

Ahora que ya se tienen detalladas todas las actividades con su tiempo de realización y después de observar varias veces el proceso se llega a la conclusión de que es posible aplicar metodología SMED dentro de este proceso de limpieza. Debido a que esta técnica que forma parte de Lean Manufacturing hace posible la reducción drástica en tiempos de alistamiento de una máquina, lo hace posible separando el proceso en actividades internas, externas e innecesarias. Para posteriormente eliminar las actividades innecesarias y transformar las actividades internas en actividades externas. (Minor, O., 2014) La clasificación de actividades junto con su tiempo de realización respectivo que se obtuvo una vez analizado todo el proceso fue la siguiente:

Actividades Internas	Tiempo de realización	Actividades Externas	Tiempo de realización	Actividades innecesarias	Tiempo de realización
Desarmado de mordazas, tuberías y partes de la máquina.	30 minutos	Limpieza con manguera de zonas sin riesgo de daño por agua.	25 minutos	Uso tanque de plástico con agua para limpieza del piso.	20 minutos
Limpieza de partes desarmadas.	15 minutos	Limpieza interna de la máquina	20 minutos		
Armado de partes.	30 minutos				

*Tabla 5. Clasificación de actividades en limpieza de máquina de envasado.*

Como se ve reflejado en la tabla 6, el tiempo total que el proceso de limpieza se demora es 2 horas, una vez eliminadas las actividades innecesarias y transformadas las actividades internas

en externas se obtiene un tiempo total de realización de la limpieza de 1 hora con 30 minutos. Generando una reducción de 30 minutos del tiempo que los operadores se estaban demorando originalmente.

#### **4.4.2 Estandarización de limpieza de máquina de envasado**

Para realizar la estandarización del proceso de limpieza se tiene que realizar un nuevo flujograma con las actividades actuales que se están realizando durante el proceso, con las modificaciones respectivas realizadas una vez se aplicó la metodología SMED. Véase en anexos el flujograma establecido para la estandarización de limpieza en la máquina de envasado PAKVOL.

Esta estandarización del proceso pasa a ser revisada por todos los operadores de la máquina de envasado de los 3 diferentes turnos, donde se busca estar de acuerdo con el proceso con todos los operadores. De igual manera este nuevo proceso es revisado por los supervisores de planta de los 3 turnos para que todos sepan y estén familiarizados con los cambios hechos, una vez esté aprobado y revisado por todas las personas involucradas en el proceso se procede a implementar este nuevo proceso y empezar a registrar los cambios que se van dando con el proceso de producción.

#### **4.4.3 Estandarización de calibrado de máquina de envasado**

En esta ocasión de igual manera se procedió a realizar un diagrama de flujo de todas las actividades que se producían al momento del calibrado de la máquina, con su tiempo respectivo de realización. Y en este caso se encontró que cada uno de los operadores estaba realizando el calibrado de la máquina de una forma distinta y con tiempos que variaban según la persona que realizaba la calibración. Es por esta razón que se tomó la determinación de ir trabajando

conjuntamente con los 3 operadores para poder obtener finalmente un solo proceso en el cual se pueda realizar el menor tiempo posible, pero de manera correcta sin causar daños a la máquina.

Al momento que se finalizó la estandarización del proceso, se realizó un flujograma con el nuevo proceso de calibrado aprobado y revisado por los operadores y supervisores correspondientes. Para de esta manera comenzar a trabajar con el nuevo proceso para ir observando los cambios que se generen en todo el proceso de producción. Véase en anexos el flujograma de estandarización del calibrado para la máquina de envasado PAKVOL.

#### **4.4.3.1 Señalización de máquina de envasado**

Para poder facilitar la realización del proceso de calibrado se observó que existen partes de la máquina que pueden ser señalizadas para que el operador de turno tenga facilidad y referencia rápida para poder calibrar la maquina según el formato que toque en ese momento. Después de verificar información con los operadores se procedió a señalar la maquina en ciertas zonas en específico que se analizaron eran de suma importancia para la calibración y se podía señalar mediante el uso de marcadores de metal. Las partes señalizadas de la máquina son las siguientes:

- ✓ Cilindro desbobinador de lámina, señalizado para cada formato posible de producto.
- ✓ Posición correcta de triangulo formador de lámina.
- ✓ Posición de las 4 mordazas para cada formato posible de producto.
- ✓ Posición de las tuercas que sostienen mordazas para cada formato posible de producto.
- ✓ Matriz de corte para cada formato de producto posible, existen 3 matrices de uso posible.

- ✓ Posición de banda transportadora para cada formato de producto posible.

Véase en anexos las imágenes de todas las señalizaciones de las partes de la máquina que fueron marcadas con marcadores de colores para cada formato posible. A través del tiempo se verá si la implementación de esta mejora fue aceptada y tomada como prioridad por parte de los operadores y supervisores de la planta. Se propuso que esta mejora con el tiempo reducirá el tiempo total que los operadores se demoran en la calibración de la máquina.

#### **4.4.4 Implementación de manual de mantenimiento para máquina de envasado**

A lo largo de la estandarización de los procesos de limpieza y calibrado se pudo visualizar que los operadores en ocasiones no conocían del proceso correcto que tenían que realizar para el set up de la máquina de envasado. Generando que el proceso lo realicen por instinto o porque alguien alguna vez les había comentado que se realizaba así. Por lo tanto, se pudo concluir que muchos de los problemas mecánicos que se ocasionaban en la maquina era principalmente por malas prácticas a la hora de la limpieza y calibrado de la misma.

Debido a que sin tener conocimiento los operadores estaban aplicando agua en circuitos eléctricos o hidráulicos por mal uso de la manguera a la hora de la limpieza, o a su vez estaban forzando piezas ya desgastadas de la maquina y se generaban fallas mecánicas una vez que la maquina se ponía en funcionamiento. Es por estas razones que se realizó y se implementó un manual técnico donde cualquier operador que este de turno en la máquina de envasado PAKVOL pueda revisar este manual y encuentre todo el procedimiento correcto que se debe de realizar para el set up de esta máquina. De esta forma evitando posibles daños a futuro y también creando la oportunidad de capacitar a actuales y posibles futuros operadores de la maquina en caso de ser necesario. Véase en anexos la portada del manual que se implementó.

#### 4.4.5 Planificación actividades operador de elaboración de salsa de tomate

Una de las causas principales por la cual se tiene paros en la producción se debe a que el operador que trabaja en las maquinas TAMARMI 1 y 2 no se abastece para poder cumplir con las expectativas de producción, ya que tiene que operar las dos marmitas el solo al mismo tiempo. Generando que tenga que ocuparse de las actividades para 1 sola máquina. Es por eso por lo que se implementó un diagrama de Gantt para poder mostrar y comparar los dos posibles escenarios que se tienen en caso de que se añada un operador para ayudar con la operación y actividades de la TAMARMI que queda sin operarse muchas veces.

Para el primer escenario se planifico las actividades que realiza el operador en cada turno una vez que le toca operar las dos marmitas. De esta manera se verá reflejado en tiempos cuanto es lo que le toma realizar una orden de salsa de tomate operando las dos TAMARMIS.

	1 hora	10 minutos	1 hora	3 horas	45 minutos	20 minutos	20 minutos
Limpieza de máquinas							
Liberación calidad							
Traer materiales y hacer premezcla							
Elaboración de una parada de salsa de tomate							
Esperar a que se enfríe salsa de tomate							
Descargar producto en tanque							
Llevar tanque a pesar y a envasar							

<b>Tiempo Total</b>	7 horas 45 minutos
---------------------	--------------------

Figura 5. Planificación de actividades en TAMARMIS para 1 operador.

En el caso del segundo escenario se planifico las actividades que se realizarían si se añadiese a 1 operador más dentro del proceso. De esta manera se podrá reflejar cuanto es el cambio en actividades y tiempo si se tiene a 1 operador trabajando en cada una de las máquinas. A pesar de que esto significaría un costo extra lo que se quiere observar es si existe un cambio contundente en el tiempo de elaboración de la salsa de tomate.

	1 hora	10 minutos	30 minutos	1 hora y 30 minutos	45 minutos	10 minutos	10 minutos
Limpieza de máquinas							
Liberación calidad							
Traer materiales y hacer premezcla							
Elaboración de una parada de salsa de tomate							
Esperar a que se enfríe salsa de tomate							
Descargar producto en tanque							
Llevar tanque a pesar y a envasar							
<b>Tiempo Total</b>	3 horas 15 minutos						

*Figura 6. Planificación de actividades en TAMARMIS para 2 operadores.*

Como se ve reflejado en las figuras 5 y 6 realizados, existe una gran diferencia al momento de agregar un operador más al proceso, generando que se duplique la producción y en este caso poder cumplir con la planificación diaria de producción de salsa de tomate, al igual que reducir el tiempo de producción en más de un 50%. Generando una flexibilidad en el proceso de producción.

#### **4.4.6 Implementación nuevo proceso de descarga de salsa de tomate en tanques**

Realizando el levantamiento de información del proceso de elaboración de salsa de tomate, surgió un inconveniente que de igual manera está perjudicando al proceso de producción. Esto

debido a que se tiene producto que se está quedando en las tuberías al momento de descargar la salsa de tomate desde la TAMARMI al tanque y se convierte en producto de reproceso, perdiendo 30 kg de producto en cada descarga que se realiza. Es por eso que se plantearon dos posibles soluciones a este problema, el cual el primero tiene que ver con un sistema de recirculación para evitar que se quede producto en las tuberías y la otra opción es conectar una manguera desde la TAMARMI al tanque para poder evitar que se quede producto de reproceso y así aprovechar toda la producción.

Lo que conllevaría la implementación de estas mejoras es por un lado que el sistema o dispositivo de recirculación tiene un costo de instalación y mantenimiento a tomar en cuenta, mientras que para la mejora de implementar la manguera para el descargo del producto al tanque se debe tomar en cuenta que esto aumentaría el proceso de descargar la salsa de tomate al tanque en 45 minutos a 1 hora, esto por la razón de que se debería esperar aproximadamente ese tiempo para que el producto dentro de la TAMARMI se enfrié y una vez frío realizar el descargo al tanque.

#### **4.4.7 Control de nuevas cantidades de inventario almidón**

Dentro de las principales causas de los problemas del paro de producción se encuentra la falta de almidón para comenzar con la producción de mayonesa. A lo largo de las conversaciones que se tuvo con el área de compras se pudo determinar que debido al cambio de proveedor post pandemia COVID 19 no se realizaron chequeos en tiempos de entrega, ni puntos de reorden en stock de inventario para abastecerse de manera correcta para cumplir con la programación establecida.

Al momento que se observó este inconveniente se plantearon lapsos de tiempo de entrega para este nuevo proveedor, el cual fue de 5 semanas una vez realizado el pedido y si no cumple con ese tiempo se empezara a revisar otras posibles opciones de proveedor. De igual manera se

estableció un punto de reorden más alto al que se tenía anteriormente con el otro proveedor, fijando el punto de reorden una vez que se alcance los 1500 kg de almidón en el stock de inventario, realizando el pedido que ha venido haciendo durante los últimos tiempos. Es por este motivo que el personal de bodega tendrá que hacer un control visual diario y semanal del almidón que se está almacenando actualmente.

#### 4.5 Plan de control de mejoras

Para esta parte del proyecto es fundamental el diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implantado los cambios de las mejoras. (Pérez, E. & García, M., 2014) Para el cumplimiento de esta etapa es importante que todas las partes involucradas dentro de la empresa se vean comprometidas y trabajen en conjunto para lograr darle un seguimiento adecuado a las mejoras que se van dando y registrando a través del tiempo.

De igual manera es importante que se pueda capacitar a los operadores que son parte fundamental en el proceso, esto con el fin de que ellos puedan estar al tanto de todas las mejoras que se han venido dando y puedan llevar a cabo un control adecuado sobre estas mejoras. Ya que los operadores son los encargados en su mayoría de llevar los registros de los cambios que se van dando en las mejoras. Para la empresa NOPRACA se han implementado ciertos planes de control para algunas mejoras y para otras mejoras se ha propuesto planes de control que tendrán que ser revisadas y aprobadas por gerencia.

<b>Mejora implementada</b>	<b>Plan de control</b>
Estandarización del proceso de limpieza y calibrado de la máquina de envasado.	Checklist de actividades implementado, realizado para llenado y control de operador.

Señalización de máquina de envasado.	Fotos de control y comentarios de operadores en reportes diarios de producción.
Control visual en inventario de almidón en bodega de materia prima.	Llenado de informes diarios por parte de bodega acerca de condición actual de la materia prima.
Planificación de actividades para trabajo en TAMARMIS.	Checklist de actividades llenado y controlado por operador de turno.

*Tabla 6. Planes de control para cada una de las mejoras*

Es importante que a partir de ahora los supervisores puedan seguir adelante con el seguimiento de los documentos de control mencionados en la tabla 7, ya que será de gran ayuda para la empresa el poder observar cómo se está desarrollando la empresa a partir de las mejoras y si es que existe algún punto donde se deba corregir para que las mejoras sigan dando resultados y poder tener a corto o largo plazo los resultados deseados desde que se comenzó con el proyecto de mejora continua. Véase en anexos todos los planes de control ya implementados para ciertas mejoras.

## **5. RESULTADOS**

Los resultados inmediatos de las mejoras implementadas se verán reflejadas en las métricas claves establecidas para visualizar cual era el rendimiento actual del proceso, de esta manera podremos ver si es que ha dado resultados y se ha mejorado el proceso de alguna forma. Primero se verá si hubo mejoras para las métricas establecidas para cada una de las maquinas involucradas dentro del proceso. Para eso se calcula nuevamente la disponibilidad, eficiencia, calidad y OEE pero esta vez para establecer el rendimiento del proceso post mejoras implementadas.

	<b>CASCADO</b>	<b>PASTEURIZADO</b>	<b>MAFRY</b>	<b>TAMARMI 1</b>	<b>TAMARMI 2</b>	<b>PAKVOL</b>
<b>Disponibilidad</b>	100%	100%	81.90%	58,5%	62.10%	58.30%
<b>Eficiencia</b>	100%	100%	100%	100%	100%	103%
<b>Calidad</b>	100%	100%	100%	100%	100%	98%
<b>OEE</b>	100%	100%	-	-	-	62.20%

*Tabla 7. Rendimiento actual del proceso post mejoras implementadas*

Podemos observar en la tabla 8 que las máquinas de cascado y pasteurizado siguen trabajando correctamente como lo previsto, mientras que a partir de la máquina MAFRY se puede ver un aumento en la disponibilidad de las maquinas, al igual que en el OEE de la máquina de envasado.

Por otro lado, el tiempo de proceso y tiempo de espera que se establecieron como indicadores también pueden reflejar cual es el rendimiento actual post mejoras con el que cuenta la empresa, teniendo en cuenta si es que se efectuaron cambios en los resultados obtenidos originalmente. Los resultados que se obtuvieron de los tiempos después de implementar las mejoras fueron los siguientes:

	<b>Process Time (min)</b>	<b>Lead Time (min)</b>	<b>Trabajadores</b>
<b>Total original</b>	735	1580	13
<b>Total actual</b>	735	1505	14

*Tabla 8. Rendimiento actual del proceso en tiempos de proceso y espera*

Como se puede evidenciar en la tabla 9 el tiempo de espera total del proceso se redujo en 75 minutos, esto debido a que con la implementación de la estandarización de la limpieza y calibrado para la máquina de envasado, los cuales consta como set up en el proceso de envasado (tiempo de espera más grande dentro del proceso), se logró que el set up de la maquina se redujera en 30 minutos para el caso de la limpieza y 45 minutos para el calibrado. Por otra parte, se aumentó 1 trabajador más al proceso, en este caso para incrementar la productividad en el área de producción de salsa de tomate; al igual que en el caso del control del almidón se evaluará a futuro en cuanto tiempo reduce estas mejoras al tiempo de espera total del proceso, si fuera el caso.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La aplicación de la metodología DMAIC con sus 5 fases de desarrollo es una herramienta de suma importancia para proyectos de mejora continua, y en este proyecto no fue la excepción. Ya que desde el inicio se pudo visualizar como se comportaba el proceso de producción dentro de la planta a través del uso de herramientas clave para identificar donde estaban los puntos de mejora posibles que se debían analizar a posteriori para establecer afirmaciones con sustento acerca de cuáles son las causas de los problemas para la generación de desperdicios, en este caso los tiempos muertos existentes en el proceso.

Una vez identificados la causa raíz de los problemas de paros de producción se aplicó diferentes herramientas de Lean Manufacturing como la metodología SMED, para proponer soluciones e implementar mejoras que se pueden reflejar en resultados como reducción de tiempos y eliminación de actividades innecesarias durante el proceso. De esta manera se propuso diferentes mejoras para las diferentes causas raíz de los problemas, los cuales en su mayoría ya fueron implementados dentro de planta y ya se pueden observar los resultados a corto plazo que están arrojando. Para las propuestas de mejora que aún no han sido aceptadas se está trabajando para buscar una forma en que los costos no sean obstáculo para su aprobación y posterior implementación.

Como recomendación para el personal que de aquí en adelante quedan a cargo del proyecto dentro de planta, se sugiere analizar y evaluar otras posibles metodologías y herramientas para encontrar mejoras en planta; de igual manera se tiene que dar seguimiento continuo por parte de los supervisores y operadores a los diferentes documentos de control implementados y a los planes de control propuestos analizarlos más a profundidad para saber si son viables en su implementación a futuro. Por último, es clave que para la continuación de este proyecto

mayormente en su fase de controlar, exista la suficiente comunicación entre departamentos o áreas para poder verificar si las mejoras están cumpliendo con el propósito deseado y están generando los resultados esperados una vez que se plantearon en el proyecto.

## **7. LIMITACIONES**

Dentro de las limitaciones que aparecieron durante la realización del trabajo está la limitada información que se proporcionó sobre datos históricos en un principio. Se trabajó con datos históricos de 4 meses de producción debido a que la empresa no podía otorgar más información por tema de trazabilidad de los productos que realizaban mes a mes. Otro de los factores que fue determinante en las limitaciones es el tiempo, ya que en la empresa se tiene 3 turnos de trabajo durante una jornada laboral, cubriendo de esta manera las 24 horas del día. Es por este motivo que se tenía que organizar reuniones un solo día en específico con los 3 operadores para que de esta manera el operador que se encuentra trabajando en el turno de la velada pueda brindar la información requerida para el proyecto.

De igual manera siguiendo con el factor tiempo, fue muy difícil el poder tener reuniones con frecuencia con la alta gerencia para revisar las propuestas de mejora que se plantearon, debido a la carga de trabajo diario con la que contaba gerencia y por los horarios de estudio que se podían presentar y coincidir con el tiempo libre que podía tener gerencia. Una de las limitaciones más críticas fue la falta de comunicación entre áreas o departamentos de trabajo, más específicamente entre el área de producción y mantenimiento. Estas dos áreas fueron esenciales para la realización del proyecto, sobre todo en la estandarización del set up de la máquina de envasado y es porque se necesitaba que la información que se manejara fuera la misma y actualizada en los dos departamentos. Sin embargo, durante la implementación de las mejoras y el plan de control establecido para la estandarización de proceso, no se dio la información correcta y completa por

parte de producción a mantenimiento para que ellos también puedan llevar un control sobre el tema y ver cómo está funcionando la maquina mecánicamente a partir de las mejoras implementadas en la máquina de envasado, generando confusión entre los operadores porque cada departamento estaba exigiendo trabajos diferentes en la misma máquina.

## 8. REFERENCIAS

Arbaiza, L. & Flores, D. (2019). Aplicación de la Metodología DMAIC para reducir las pérdidas de chocolate en una línea de producción en la empresa Nestlé Perú S.A. 2019. Universidad Cesar Vallejo. Perú.

Arboleda, J. (2017) Modelo propuesto para la implementación de la metodología SMED en una empresa de alimentos de Santiago de Cali. Fundación Universidad de América. Colombia. Revista de Investigación, vol 10. Ed. No. 2. pp. 103 – 117.

Arriola, I. (2021). Aplicación de la metodología DMAIC para la reducción de mermas asociadas a las líneas de producción de yogurt de una empresa de lácteos [Tesis de maestría]. Escuela Superior Politécnica del Litoral

Blandón, L., Espinal, M. & Moncada, R. (2021) Estudio de caso: Desarrollo de una metodología (DMAIC o Seis Sigma) para evaluación de mermas de materia prima en la planta de alimentos balanceados de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Escuela Agrícola Panamericana. Perú.

Cacho, M. & Espinoza, D. (2021). Análisis Econométrico de la Producción en la Industria de Alimentos y Bebidas del Ecuador Durante el Periodo 2007 – 2017. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador. Vol. 3. Ed. No. 6.

Castañeda, M. (2020). Modelo de mejora basado en herramientas del Lean Manufacturing para reducir productos defectuosos en una empresa peruana de alimentos. Universidad peruana de ciencias aplicadas. Lima, Perú.

Castaño, C. & Sánchez, D. (2021) Aplicación de un modelo de mejoramiento a la productividad laboral basado en la metodología DMAIC en una empresa fabricante de alimentos. Universidad Antonio Nariño. Valle del Cauca, Colombia.

Gallach, F., Soler, V., Pérez, A. & Pérez, E. (2020) Diagrama de Pareto y Lean Manufacturing. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

García, M., Sanz, P., de Benito, J. & Galindo, J. (2012) Definición de una metodología para una aplicación práctica del SMED. Técnica Industrial, ed. 298 : pp. 46 – 54.

Hurtado, J. & Palapa, J. (2011) Propuesta de estandarización de Procesos. El instituto politécnico Nacional. México, Ciudad de México.

Manene, L. (2011) Los diagramas de flujo: Su definición, objetivo, ventajas, elaboración, fases, reglas y ejemplos de aplicaciones. Estructura Organizativa, Habilidades Directivas, Mejora Continua. Recopilado el 9 de Mayo de 2022 de: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60656037/Los\\_diagramas20190920-8696-u4r0qz-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1652076417&Signature=aBM50N~CYpa3U01ShAJGR5FKPzF0GN2-3ObYBVTI1FPbCA8N6RwriE9wBa0L5tB4b0ZUqzMcjABiVeHA6~rjFgZSQE1~rHy9mufWQmUXkVFq~JXnl78Sk4PQIV-clj3r6Agf6ry9Ysi74VgRMI1IvOenHzdiGggijlt5SSnvmsNCrsg7rqv5FziN7jNZWIwvuzfYRNLEGo22fWhnlDIi-T-eC-nyFrOIRSlgsmgayUs~TejGHcJ5ooBo30AntBHXvm3pxiX1FyTn~Hy~tHg~ovvzZUH~Y7QeV3MzHqEIN-Ky8ybiujd762tHT8eVPluC1k1F5F3qnDBdBUtXWf2S2A\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60656037/Los_diagramas20190920-8696-u4r0qz-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1652076417&Signature=aBM50N~CYpa3U01ShAJGR5FKPzF0GN2-3ObYBVTI1FPbCA8N6RwriE9wBa0L5tB4b0ZUqzMcjABiVeHA6~rjFgZSQE1~rHy9mufWQmUXkVFq~JXnl78Sk4PQIV-clj3r6Agf6ry9Ysi74VgRMI1IvOenHzdiGggijlt5SSnvmsNCrsg7rqv5FziN7jNZWIwvuzfYRNLEGo22fWhnlDIi-T-eC-nyFrOIRSlgsmgayUs~TejGHcJ5ooBo30AntBHXvm3pxiX1FyTn~Hy~tHg~ovvzZUH~Y7QeV3MzHqEIN-Ky8ybiujd762tHT8eVPluC1k1F5F3qnDBdBUtXWf2S2A__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

Minor, O. (2014) Aplicación de la metodología SMED en una línea de empaque de fármacos. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de ingeniería. Ciudad universitaria, Mexico D.F.

Montgomery, D. (2009) Introduction to statistical quality control. Hoboken, N.J.:Wiley.

Pérez, E. & García, M. (2014) Implementación de la metodología DMAIC – Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. Tecnología en Marcha. Vol. 27, N° 3. Pág 88-106.

Pérez, L. (2020) Aplicación de metodología DMAIC en la resolución de problemas de calidad. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Productos de Creación Artística, Tecnológica, Humanidades e Investigación Científica.

QuestionPro (2021) Muestreo sistemático: fácil, sencillo y económico. Recuperado el 21 de marzo de 2021 de: <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-sistematico/>

Quillupangui Salto, P. A. (2019). Mejora del proceso de elaboración de alimentos para Broilers mediante la implementación del proceso de negocio Seis Sigma-DMAIC, en una planta de producción de alimentos balanceados. 123 hojas. Quito : EPN.

Ries, E. (2012) El método Lean Startup. Como crear empresas de éxito utilizando la innovación continua. Editorial Desuto. Pp. – 320.

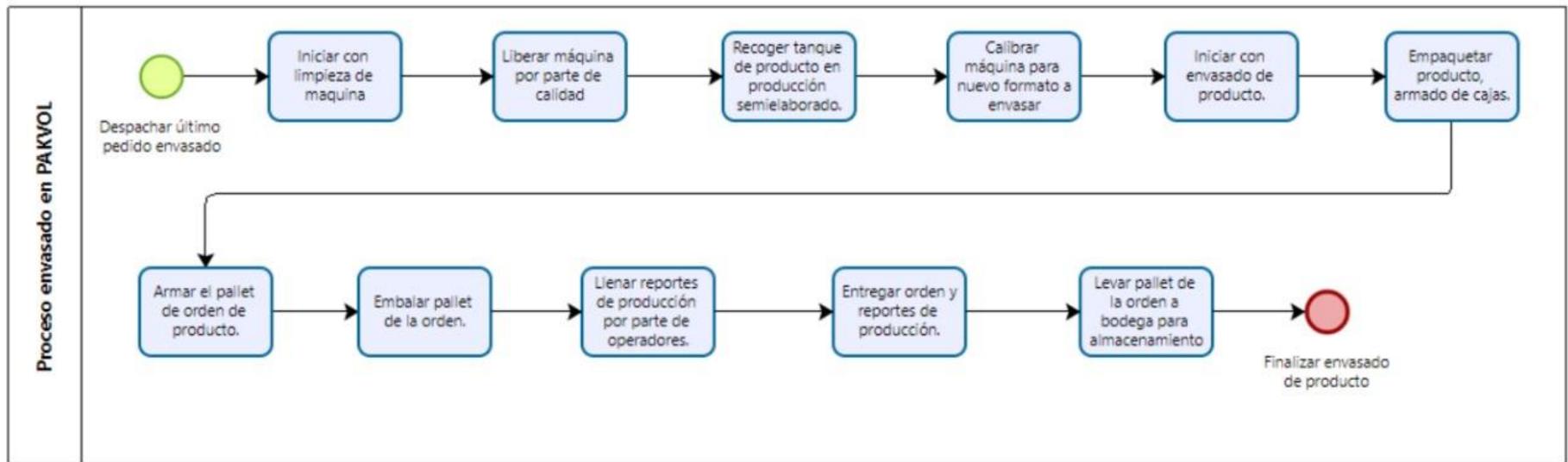
Soledispa, S. & Solórzano, B. (2021) Determinación de los factores clave de éxito para la internacionalización del sector de industria de alimentos en el Ecuador. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Repositorio Digital UCSG.

Vidal, L. & Bravo, P. (2015) Aplicación de la metodología DMAIC para la mejora de producción y reducción de pérdidas en la fabricación de manjar. Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola. Chile.

Villadiego Tuirán, M. (2013). Diseño metodológico para la implementación del Value Stream Mapping (VSM) en una empresa manufacturera colombiana dedicada al mercado de ascensores.

## **9. ANEXOS**

### Anexo A: Flujoograma del proceso de envasado.



### Anexo B: Fórmula usada para el cálculo de la disponibilidad de máquina.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Trabajadas} - \text{Horas Paradas}}{\text{Horas Trabajadas}}$$

### Anexo C: Fórmula usada para el cálculo del rendimiento de máquina.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Número de productos terminados reales en turno}}{\text{Número de productos terminados estándar en turno}}$$

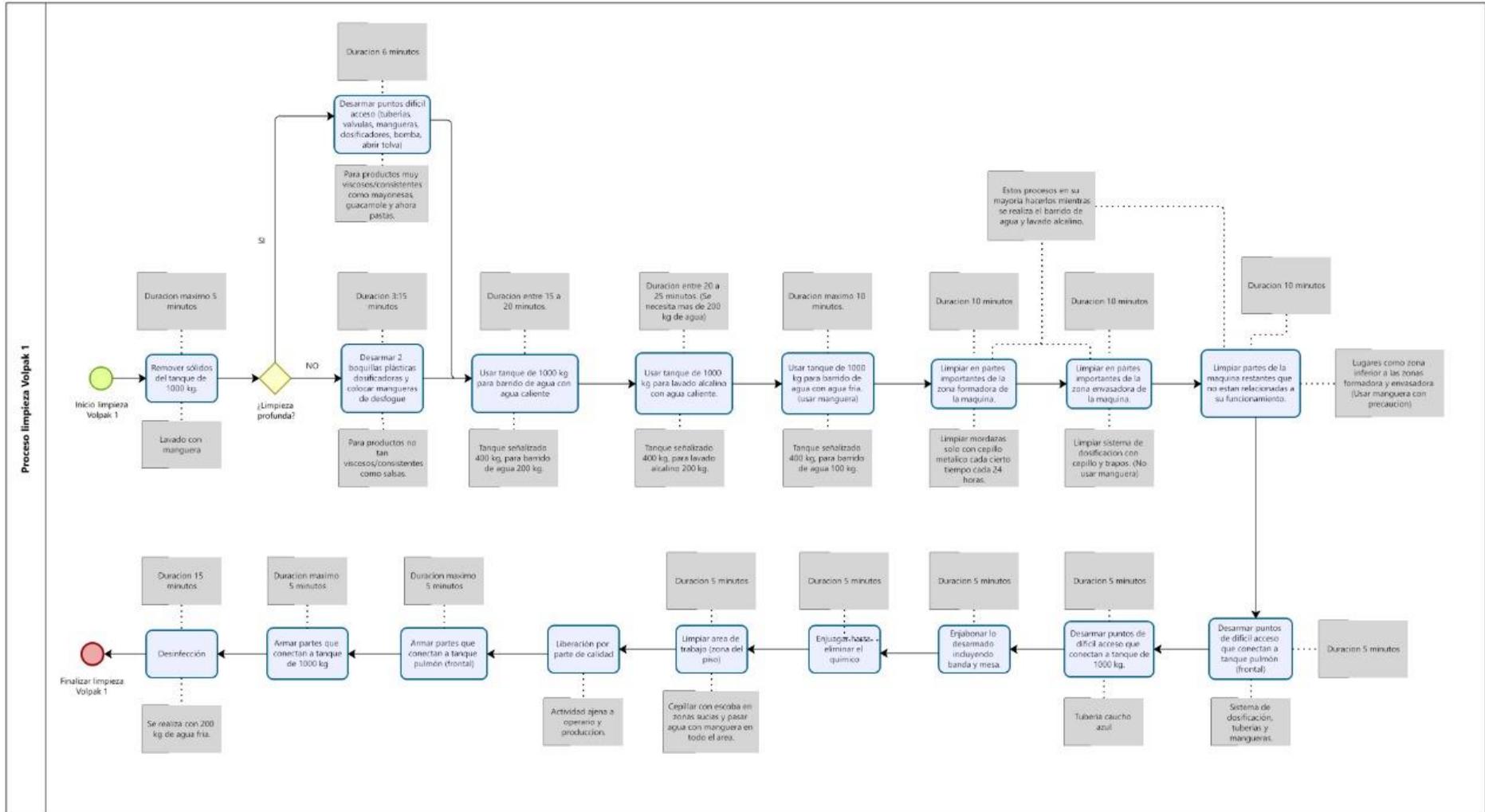
**Anexo D: Fórmula usada para el cálculo de la calidad.**

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Productos terminados totales} - \text{Productos terminados defectuosos}}{\text{Productos terminados totales}}$$

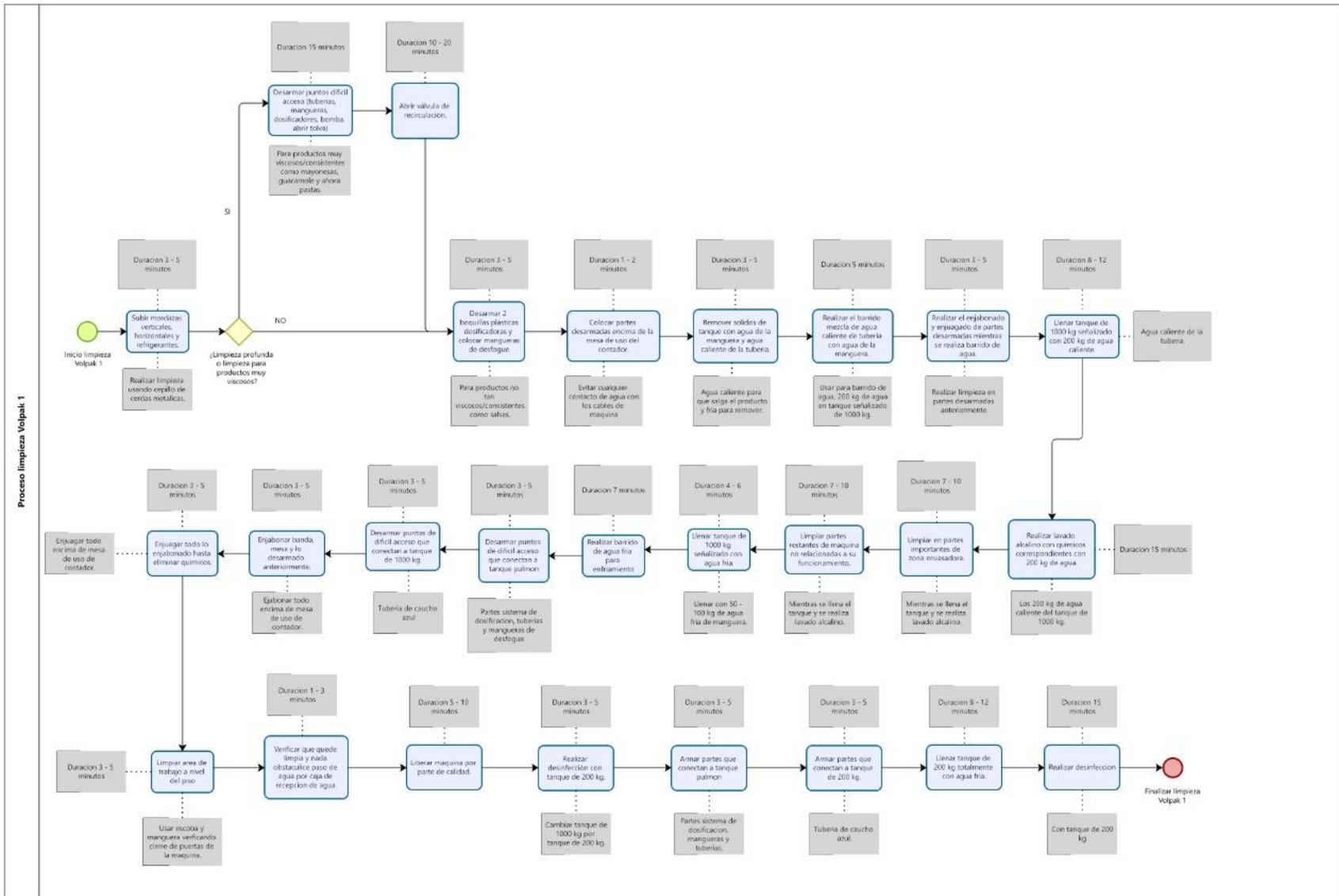
**Anexo E: Fórmula usada para el cálculo del OEE de máquina.**

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

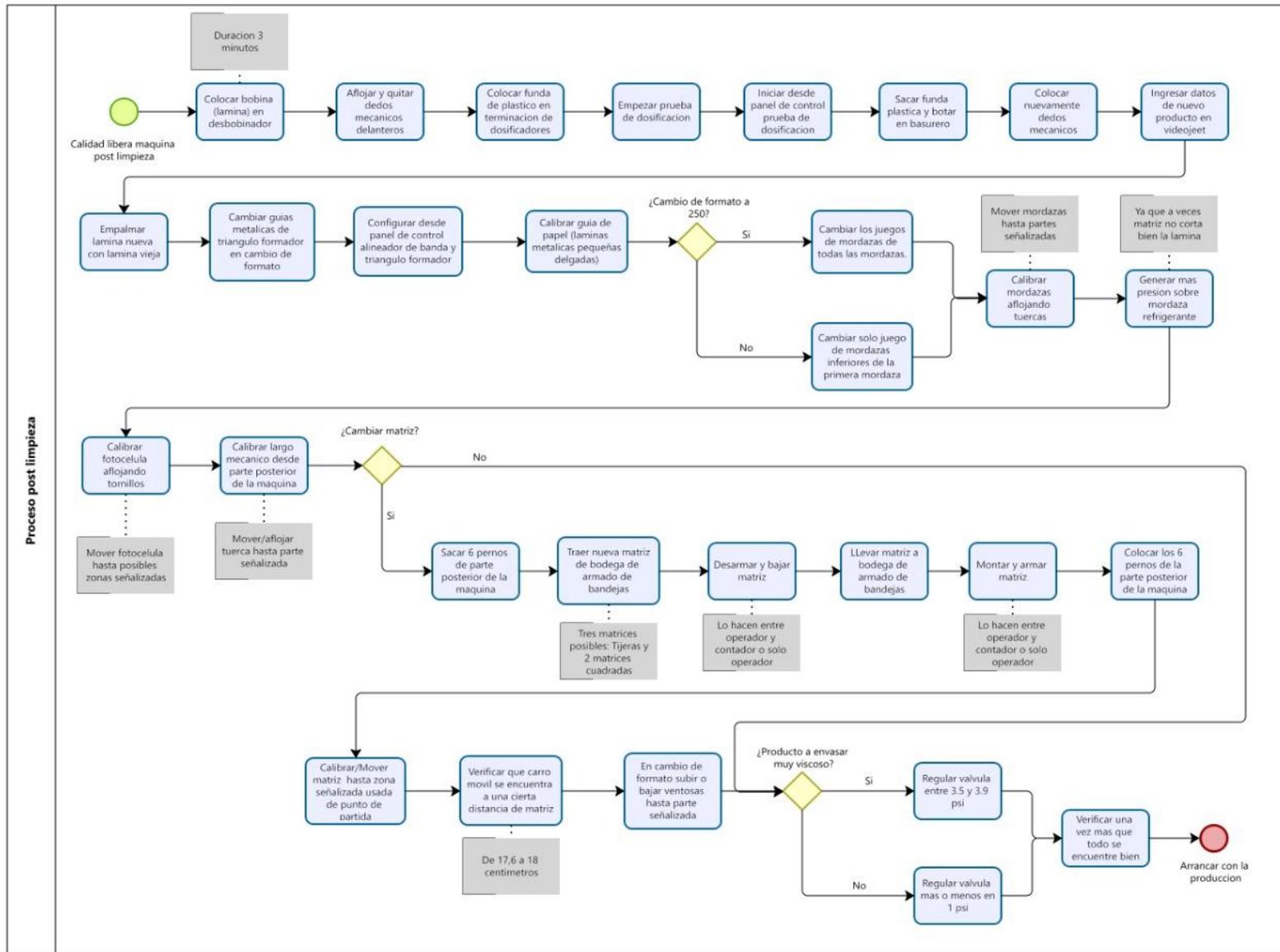
Anexo F: Flujograma de limpieza para máquina de envasado PAKVOL.

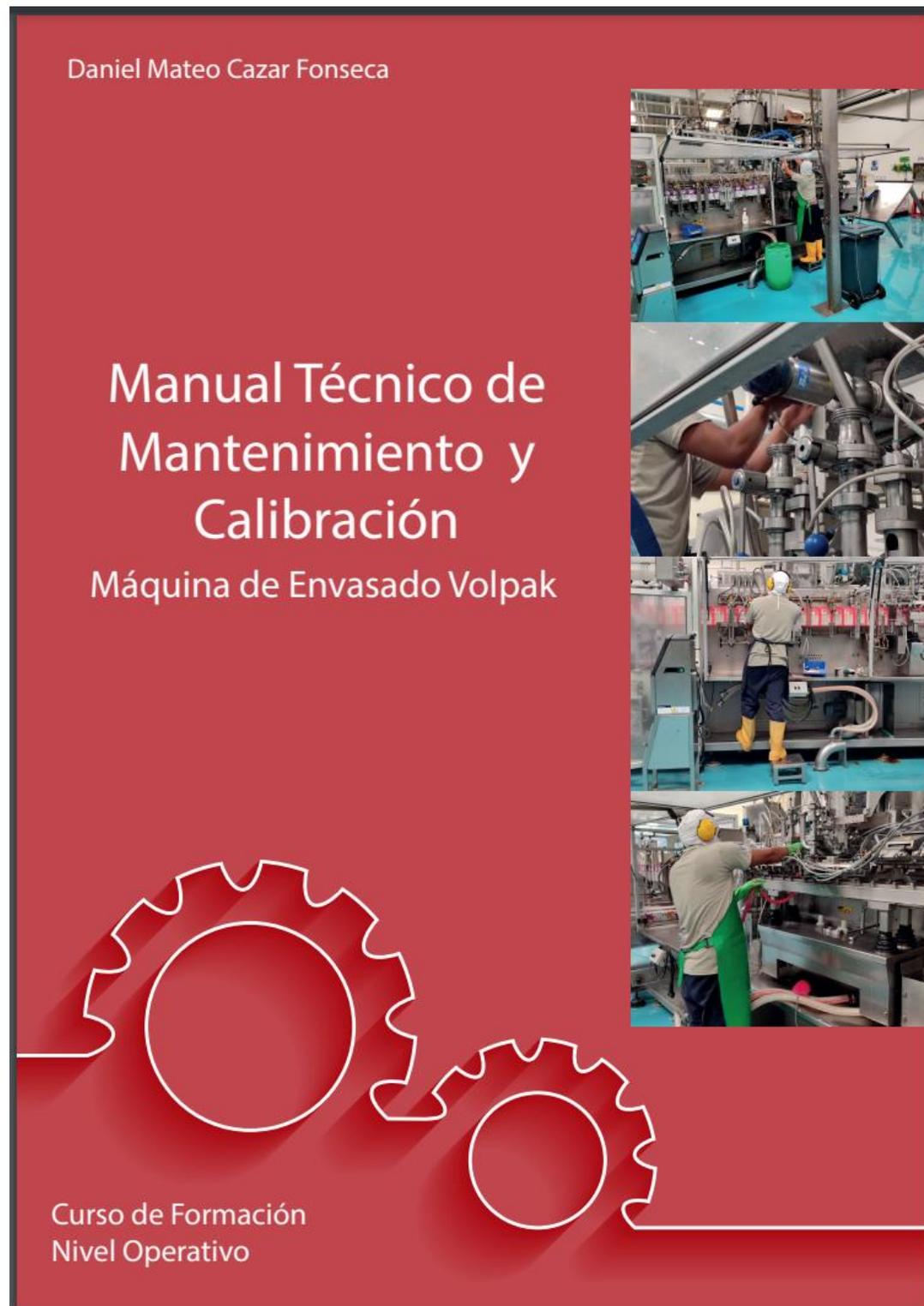


Anexo G: Flujograma de estandarización de limpieza para máquina de envasado PAKVOL.

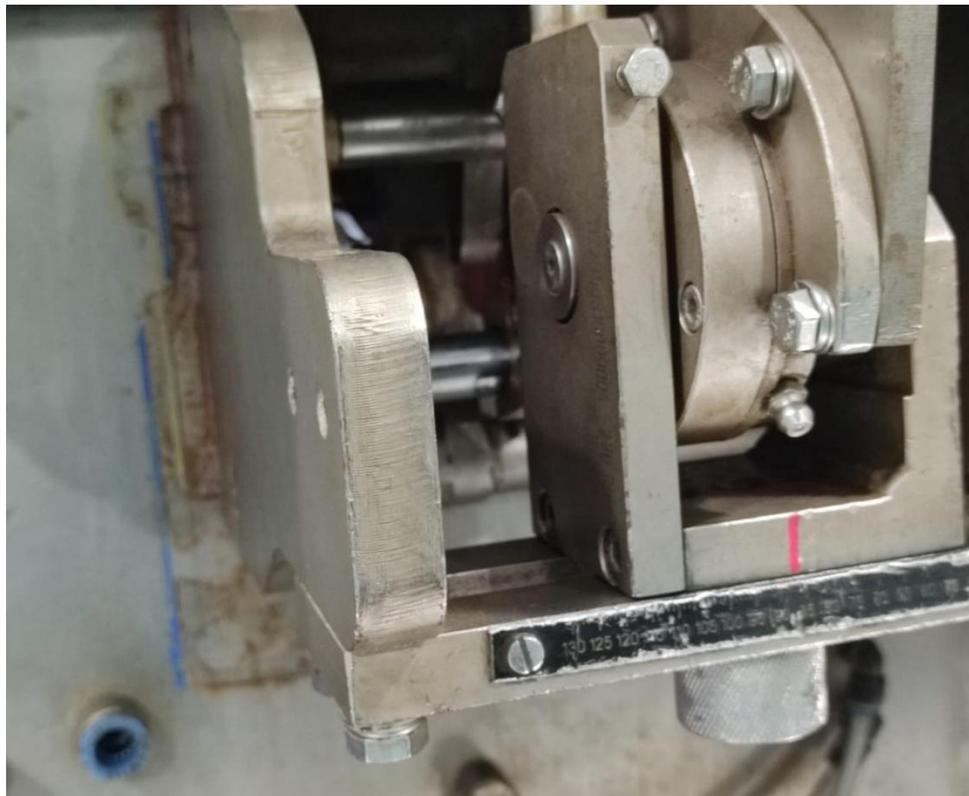


Anexo H: Flujograma de estandarización de calibrado para máquina de envasado PAKVOL.



**Anexo I: Portada de manual realizado e implementado en planta.**

**Anexo J: Señalización de máquina de envasado en zona de matriz de corte.**



**Anexo K: Señalización de máquina de envasado en zona de matriz de corte.**

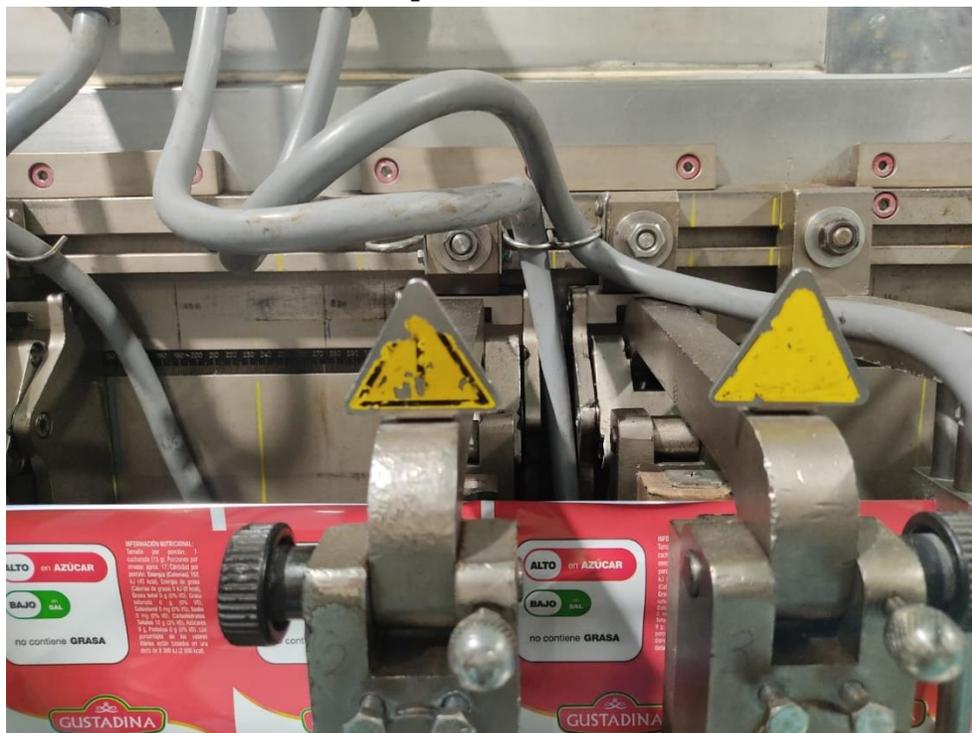


**Anexo L: Señalización de máquina de envasado en zona de banda transportadora.**



**Anexo M: Señalización de máquina de envasado en zona de mordaza refrigerante.**

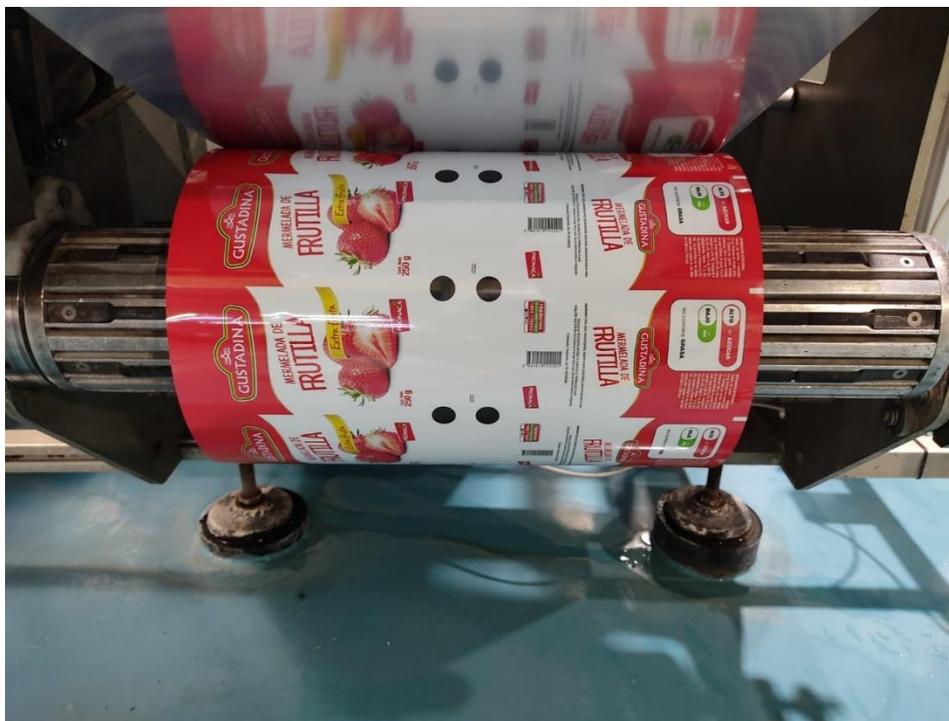


**Anexo N: Señalización de máquina de envasado en zona de mordazas verticales.****Anexo O: Señalización de máquina de envasado en zona de mordazas horizontales.**

**Anexo P: Señalización de máquina de envasado en zona de triángulo formador de lámina.**



**Anexo Q: Señalización de máquina de envasado en la zona del cilindro desbobinador de lámina.**



### Anexo R: Checklist de control para estandarización de limpieza de máquina de envasado.

CHECK LIST LIMPIEZA EN MAQUINA VOLPACK CON TAPON 1					
RPD-14-14					
FECHA:					
TURNO:					
RESPONSABLE DEL CHECK LIST:					
NUMERO	ACTIVIDADES DE LIMPIEZA	SI	NO	TIEMPO DE REALIZACION	OBSERVACIONES
1	Subir mordazas verticales, horizontales y refrigerantes mediante panel de control, y realizar limpieza usando cepillo de cerdas metálicas.			3 - 5 min	
2	En caso de limpieza profunda o limpieza para productos muy viscosos/consistentes (mayonesas, guacamole y pastas). Desarmar puntos de difícil acceso (tuberías, válvulas, mangueras, dosificadores, bomba) y abrir tolva para lavado.			15 min	
3	En caso de limpieza profunda o limpieza para productos muy viscosos/consistentes (mayonesas, guacamole y pastas). Abrir válvula de recirculación.			10 - 20 min	
4	Desarmar boquillas plasticas dosificadoras y colocar mangueras de desfogue.			3 - 5 min	
5	Colocar partes desarmadas encima de la mesa de uso del contador.			1 - 2 min	
6	Remover sólidos de tanque con agua de la manguera y agua caliente de la tubería.			3 - 5 min	
7	Realizar el barrido de agua con el agua usada para remover sólidos mas el agua caliente de la tubería, usar para barrido 200 kg de agua en tanque			5 min	
8	Mientras se realiza el barrido de agua, enjabonar y enjuagar las partes desarmadas anteriormente.			3 - 5 min	
9	Llenar tanque de 1000 kg señalado con 200 kg de agua caliente de la tubería.			8 - 12 min	
10	Realizar lavado alcalino con los quimicos correspondientes con los 200 kg de agua.			15 min	
11	Limpiar en partes importantes de la zona envasadora de la maquina mientras se llena tanque con agua y se realiza el lavado alcalino. (Limpiar sistema de dosificacion, sistema de aplicador de tapones, ventosas, carro fijo y movil con cepillo de cerdas suaves y trapos; y mordazas horizontales limpiar con cepillo de cerdas metalicas)			7 - 10 min	
	Limpiar partes restantes de la maquina que no estan relacionadas a su funcionamiento, estos son las				

### Anexo S: Checklist de control para estandarización de calibrado de máquina de envasado.

CHECK LIST CALIBRADO EN MAQUINA VOLPACK CON TAPON					
RPD-14-14					
FECHA:					
TURNO:					
RESPONSABLE DEL CHECK LIST:					
NUMERO	ACTIVIDADES DE CALIBRADO	SI	NO	TIEMPO DE REALIZACION	OBSERVACIONES
1	Colocar la bobina (lamina) en el desbobinador y empalmar la nueva lámina.			3 min	
2	En caso de que se haya descalibrado el filo de la lámina, colocar nueva bobina y empalmar nueva lámina.			4 - 6 min	
3	Quitar dedos mecánicos delanteros			3 min	
4	Colocar funda plástica en dosificadores			2 min	
5	Realizar prueba de dosificación. En caso de producto muy viscoso a envasar regular válvula en 2 o más psi y en caso de producto no muy viscoso a envasar regular válvula más o menos			10 min	
6	Sacar funda plástica de dosificadores			2 min	
7	Colocar dedos mecánicos delanteros			3 min	
8	En caso de cambio de formato, cambiar guías metálicas de triángulo formador. (Por parte de contador)			3 - 4 min	
9	Calibrar guías metálicas			5 min	
10	Configurar desde panel de control alineador de banda y triángulo			3 min	
11	En caso de que el filo de lámina se desiguale, configurar desde panel de control alineador de banda y triángulo			5 - 6 min	
12	Calibrar triángulo formador			5 - 8 min	
13	En cambio de formato de 250 a 200 o 400 y viceversa, cambiar mordazas verticales y plato pero menos mordaza			10 - 15 min	
14	En cambio de formato de 200 a 400 y viceversa, cambiar solo la mordaza			10 - 15 min	
15	Calibrar mordazas			30 - 40 min	
16	En cambio de formato de 250 a 400 y de 200 (tijera) a 400, mover y/o calibrar			5 - 6 min	
17	Calibrar largo mecánico desde la parte posterior de la máquina			6 min	
18	En cambio de formato, desmontar matriz aflojando los 6 pernos de la parte posterior de la máquina.			20 min	
19	nuevamente los 6 pernos de la parte posterior de la máquina			20 min	
20	Nivelar matriz			10 - 15 min	