

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Implementación de la metodología DMAIC en una  
empresa láctea: Reducción de defectos y tiempo del  
proceso productivo.**

**José Gabriel Obando Mejía**

**Ingeniería Industrial**

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

Quito, 1 de diciembre de 2021

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

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

**Implementación de la metodología DMAIC en una  
empresa láctea: Reducción de defectos y tiempo del proceso productivo.**

**José Gabriel Obando Mejía**

**Nombre del profesor, Título académico**

**María Cristina Camacho, MS**

Quito, 1 de diciembre de 2021

## © 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: José Gabriel Obando Mejía

Código: 00136594

Cédula de identidad: 1004446058

Lugar y fecha: Quito, 1 de diciembre de 2021

## **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## **UNPUBLISHED DOCUMENT**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

Las pequeñas y medianas empresas del sector lácteo del norte del país están obligadas a buscar constantes mejoras para mantenerse competitivas. El presente proyecto se enfoca en mejorar el proceso productivo de una empresa láctea implementando la metodología DMAIC. Inicialmente se definió el proceso en el que se centró el proyecto, con los principales aspectos que generan malestar en los clientes y, consecuentemente, peligro de perderlos. Se encontró como principales problemas el exceso de variabilidad en los pesos de los productos, tiempo de proceso demasiado largo y calidad de los empaques deficiente. Se llevaron a cabo las mediciones pertinentes para la obtención de datos útiles para el desarrollo del proyecto, así como su respectivo análisis aplicando herramientas de Lean Manufacturing y Six Sigma, siguiendo los pasos cronológicos de la metodología para proponer mejoras que beneficien al proceso y mitiguen los problemas. Se propuso los cambios necesarios para que la empresa obtenga mayor beneficio con el proceso productivo, tales como, la inclusión de una tina de desuerado, planchas para el proceso de moldeado, cambios en el método de prensado y la utilización de otro recipiente para el proceso de salado. Con esto se consiguió reducir el tiempo de producción y reducir la variabilidad del peso de los productos. Además, se propuso un plan de control para que la gerencia de la empresa corrobore el beneficio de las mejoras y acciones a tomar en caso de no tener los resultados esperados.

**Palabras clave:** Queso Fresco, DMAIC, peso, tiempo, empaques, seguridad, mejoramiento continuo

## ABSTRACT

Small and medium-sized companies in the dairy sector in the north of the country are bound to be constantly looking for improvements in order to stay competitive. This project focuses on improving the production process of a dairy company by implementing the DMAIC methodology. Initially, the process in which the project was focused was defined, with the main aspects that generate non-conformities in the customers and, consequently, the risk of losing them. The main problems were the excess of variability in the weights of the products, long processing times and poor quality of the product wrappers. Relevant measurements were carried out to obtain useful data for the development of the project, as well as their respective analysis applying Lean Manufacturing and Six Sigma tools, following the chronological steps of the methodology to propose improvements that benefit the process and mitigate the problems. Changes were proposed to obtain greater benefits within the production process, such as the inclusion of a drainage tub, plates for the molding process, changes in the pressing method and the use of another container for the salty process. With this, it was possible to reduce the production time and the variability of the weight of the products. Also, a control plan was proposed so that the company's management team can corroborate the benefit of the improvements and actions to take in case of not having the expected results.

**Key Words:** Fresh Cheese, DMAIC, weight, time, wrappers, safety, continuous improvement

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	12
2.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	14
3.	METODOLOGÍA.....	18
4.	FASE DEFINIR.....	20
	4.1 Diagrama SIPOC del producto .....	21
	4.2 Diagramas de Flujo del proceso .....	22
	4.3 Project Charter .....	23
	4.4 Entrevista a Gerente General de la empresa .....	23
	4.5 Entrevistas a clientes .....	24
	4.6 Descripción del problema.....	26
5.	FASE MEDIR.....	27
	5.1 Peso del producto.....	27
	5.2 Capacidad del proceso .....	28
	5.3 Tiempos de proceso .....	29
	5.4 Diagrama de Gantt Queso Fresco .....	30
	5.5 Distancias zona de trabajo .....	30
	5.6 Empaques.....	30
	5.7 Seguridad de empleados .....	31
6.	FASE ANALIZAR.....	34
	6.1 Value Stream Mapping.....	34
	6.2 Brainstorming .....	35
	6.3 AMEF del proceso.....	35
	6.4 Cartas de control: Peso .....	36
	6.5 Diagrama de Spaghetti.....	37
	6.6 Diagramas Causa – Efecto.....	37
	6.7 Carta de control Empaques.....	40
	6.8 Procesos que agregan o no agregan valor.....	41
	6.9 Análisis de Valor Agregado .....	41
	6.10 Cinco ¿Por qué?.....	42
7.	FASE MEJORAR.....	44
	7.1 Propuestas de mejora área de producción.....	44

7.1.1 Tina de desuerado.....	44
7.1.2 Planchas de moldes.....	45
7.1.3 Moldes sin espacios.....	45
7.1.4 Corte de excedentes en moldes.....	46
7.1.5 Prensado en conjunto.....	46
7.1.6 Tina de salado.....	46
7.2 Reducción total de tiempo.....	47
7.3 Diseño de Planta.....	47
7.4 Seguridad de empleados.....	47
7.5 Control de calidad de Empaques.....	48
7.6 Período de recuperación de inversión.....	48
8. PLAN DE CONTROL.....	50
9. CONCLUSIONES.....	53
10. RECOMENDACIONES.....	56
11. LIMITACIONES.....	57
12 REFERENCIAS.....	58

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Diagrama de Pareto unidades vendidas.....	20
Gráfico 2: Diagrama de Pareto Ventas en dólares.....	21
Gráfico 3: Diagrama SIPOC Queso Fresco.....	22
Gráfico 4: Diagrama de Flujo General Queso Fresco 450g. ....	23
Gráfico 5: Value Stream Map.....	35
Gráfico 6: Gráfica I-MR de Peso.....	36
Gráfico 7: Carta NP Empaques defectuosos.....	41

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Muestras defectuosas Empaques .....	31
Tabla 2: Riesgos en procesos.....	32
Tabla 3: Estimación de riesgos Proceso Queso Fresco .....	33
Tabla 4: Período de Recuperación de la inversión .....	49
Tabla 5: Plan de control.....	51

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1: Fórmula para tamaño de muestra con población finita.....	24
Ecuación 2: Fórmula para tamaño de muestra con población finita de peso de producto ...	27
Ecuación 3: Capacidad Potencial del Proceso .....	28
Ecuación 4: Índice Cpi .....	28
Ecuación 5: Índice Cps.....	29
Ecuación 6: Índice Cpk.....	29
Ecuación 7: Fórmula para tamaño de muestra con población finita de empaques.....	31

## 1. INTRODUCCIÓN

La industria láctea en Ecuador se considera estratégica y fundamental para el país, pues la cadena de valor de los productos lácteos representa alrededor del 14% del PIB Agroalimentario del país, además, aproximadamente 1,200,000 personas viven de la producción de lácteos y toda su cadena productiva (LLC, 2020). La industria láctea en la región sierra del país ha mostrado un crecimiento en los últimos veinte años, sin embargo, en términos de innovación, se ha mostrado una recesión, es por esto que el mejoramiento continuo de la productividad y competitividad de las empresas del sector es de suma importancia (Vera & Iglesias, 2018). Según Villafuerte (2016), el principal reto de las industrias lácteas ecuatorianas es lograr estándares de calidad elevados manteniendo precios competitivos, debido a que en los últimos años han ingresado productos europeos que mantienen precios competitivos.

La provincia del Carchi se sitúa como la octava mayor productora de leche cruda a nivel nacional, con aproximadamente 380,000 litros al día (INEC, 2019). Según Guerrón (2015) cada vez es más frecuente la aparición de nuevas plantas de elaboración de productos lácteos, debido a esto, el mercado cada vez es más competitivo y la cantidad de clientes de cada empresa es menor, por lo que, las empresas deben centrarse en la calidad de sus procesos y su ventaja competitiva respecto a otras empresas.

Según Gamarra (2019) cuando los procesos productivos de una empresa no son eficientes, no solo se pone en riesgo su participación en el mercado, sino también su permanencia en el mismo. Es por esto que, para las pequeñas y medianas empresas es de vital importancia la constante búsqueda de opciones de mejora para mantenerse competitivas en el mercado. El presente proyecto se desarrolló en una empresa láctea ubicada en el cantón Montúfar, provincia del Carchi, por cuestiones internas de la empresa, no se menciona el

nombre de la misma. La empresa elegida no ha abierto sus puertas a proyectos de mejora anteriormente, tanto el personal de producción como la dirigencia muestran rechazo al cambio, la elaboración de este proyecto abre las puertas a los primeros cambios en procesos propuestos por alguien externo a la organización. Con esto se busca cambiar la perspectiva de la organización respecto a la implementación de herramientas que colaboren a la mejora de procesos y, consecuentemente, mayores beneficios para la empresa.

Por tanto, el presente proyecto se enfoca en la determinación de acciones de mejora para reducir el tiempo de proceso y la variabilidad del peso de los productos, para disminuir la disconformidad de los clientes, mediante la aplicación de la metodología DMAIC en el proceso de elaboración de Queso fresco.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

Para la elaboración y desarrollo de este trabajo de titulación se realizó una revisión literaria de estudios previos donde se aplican metodologías de Lean Six Sigma en empresas manufactureras a nivel nacional e internacional. Además, se buscó información sobre la metodología DMAIC, sus beneficios y aplicaciones. A continuación, se presenta la información encontrada de publicaciones relevantes.

Para las pequeñas y medianas empresas es sumamente importante llegar a generar una ventaja competitiva para mantenerse en el mercado, es por esto que, empresas que innovan y se adaptan a los cambios pueden posicionarse en el mercado mejorando su rendimiento (Villacis, 2018). Para permanecer en el mercado, las empresas deben tener la capacidad de cubrir las expectativas de sus clientes, para esto, es necesario que comprendan sus requerimientos y destinen los recursos necesarios para innovar y cumplir con esta finalidad, reduciendo de esta manera los costos y mejorando la productividad (Zambrano, 2004). Los procesos de mejora intentan eliminar de los procesos existentes, la mayor cantidad de factores que no agregan valor a sus productos ni a la satisfacción de los clientes (Vidal et al., 2017).

En la investigación elaborada por Ibarra y Berrazueta (2019), se evidencia el funcionamiento de la metodología DMAIC en una empresa de textiles, donde se la aplicó con el objetivo de reducir las pérdidas monetarias de la compañía producidos por defectos en la calidad de sus productos, lo que desencadenaba en un exceso de productos terminados de calidad B, que se refiere a los productos de segunda calidad, mismos que deben ser vendidos al público a un precio menor. Con la implementación de las herramientas de Lean Six Sigma fue posible reducir en 1,86% la cantidad de productos de segunda calidad con los mismos recursos, consiguiendo así una reducción en las pérdidas de la empresa (Ibarra y Berrazueta, 2019). En comparación a la compañía en que la presente investigación se enfoca, al

producirse unidades de baja calidad, estas no pueden ser vendidas al público como calidad diferente, sino, deben ser desechadas, por lo que, la existencia de productos defectuosos se traduce en pérdidas para la empresa.

De manera similar, pero en este caso con un enfoque centrado en la reducción de mermas, en el estudio realizado por Serrano y Ruiz (2018), se utilizaron herramientas de Lean Six Sigma y la metodología DMAIC para mejorar la calidad de los procesos de elaboración de queso en una empresa de lácteos en Ecuador, con esto se pudo proponer medidas de mejora entre las que destacan la estandarización de los procesos, elaboración de tablas que contengan especificaciones para las operaciones de los procesos, capacitación al personal, entre otras. Así se logró optimizar los recursos y otorgar un mayor valor agregado a los productos de la empresa, teniendo así un mayor rendimiento de la materia prima en un 2,9% para queso fresco y para mantequilla en un 3,7% y, consecuentemente un ahorro de \$580 semanales (Serrano y Ruiz, 2018).

Así también, el estudio elaborado por Roman (2020) en una empresa de fabricación de quesos, se centra en encontrar las causas raíz que dan origen a pérdidas anuales del 1% en la utilidad de la empresa, debido principalmente a que las cajas parcialmente llenas no se registran en los sistemas de inventario de la compañía, lo que genera que se acumulen existencias y se produzcan reprocesos o se desechen erróneamente. Con este estudio se encontraron las causas raíz del problema y se obtuvo que los principales causantes fueron errores humanos y mecánicos (Roman, 2020). Esto indica que siempre existe la posibilidad de que se susciten errores del personal y de la maquinaria, factores que hay que tomarlos en cuenta para el desarrollo de investigaciones de este tipo.

Una de las ventajas que presenta la metodología DMAIC es su aplicabilidad a cualquier tipo de proceso, así asegura Duraković y Bašić (2012). Así, se la aplicó en la investigación

realizada por Montañez (2017), misma que cumplió con el objetivo de reducir las mermas en una planta de producción de lácteos, mejorando a la vez la eficiencia en los procesos productivos y reduciendo costos de elaboración. Se implementaron mejoras en las áreas de mayor desperdicio para recuperar materia prima desperdiciada a lo largo de las líneas de producción, con lo que se consiguió llegar a la recuperación del 75% del producto que se encontraba destinado a pérdida (Montañez, 2017).

Según Meneghetti (2010) la seguridad alimentaria es una parte fundamental para los clientes cuando deben elegir productos para consumir, es por esto que las empresas mantienen altos estándares de calidad. Ya que la presente investigación se centra en una empresa dedicada a la elaboración de productos lácteos, es de vital importancia tener en consideración el seguimiento de ciertos estándares, por lo que las mejoras a implementarse no pueden disminuir la sanidad de los productos.

El estudio elaborado por Villafuerte (2019) busca implementar la metodología Lean Six Sigma en una industria productora de lácteos con el objetivo de reducir la variabilidad de los pesos de los productos terminados. Enfocándose en el cumplimiento de los estándares, se aplicaron diversas herramientas, tales como diagramas de Pareto para definir el proceso a ser analizado, Análisis de Modo y Efecto de Fallas para mantener un registro y posterior control de los principales errores, diagramas de Ishikawa para encontrar las causas raíz de los problemas y, finalmente la elaboración de un plan de control. Con el desarrollo de esta investigación se consiguió proponer mejoras sostenibles a lo largo del tiempo, mejorando la calidad de los productos que ofrece la empresa (Villafuerte, 2019).

La investigación realizada por Bedoya (2017) pretende mejorar el proceso productivo de Queso Fresco de una industria ecuatoriana mediante la aplicación de la metodología DMAIC, para esto se siguieron las fases de la metodología aplicando las herramientas necesarias en

cada uno de ellos. Se inició con un análisis SIPOC para entender el funcionamiento del proceso y de la empresa, posteriormente se definió los indicadores de calidad que consideran los clientes, con las mediciones del proceso y de los productos se elaboraron cartas de control para su lectura y entendimiento, así como el cálculo de la capacidad del proceso. Además, se determinaron los principales problemas y sus causas principales que, con las mejoras propuestas, se logró mitigar mediante la elaboración de dicha investigación.

El trabajo desarrollado por Jácome (2015) se llevó a cabo con el objetivo principal de mejorar la productividad del proceso productivo de un tipo de queso en una empresa dedicada a la elaboración de lácteos. Para esto se decidió implementar la metodología DMAIC, con su aplicación a lo largo de las fases se consiguió cumplir con los objetivos, el motivo de su éxito se debe al oportuno uso de herramientas de ingeniería industrial. Se utilizaron diagramas de flujo para captar el funcionamiento de los subprocesos de producción, Análisis de Modo y Efecto de Fallas para mantener un registro de las fallas recurrentes, diagramas de Causa-Efecto para determinar las causas raíz de los problemas definidos, además, un trabajo conjunto con el personal de la empresa mediante lluvias de ideas. Logrando así proponer mejoras que ayuden a la empresa y su respectivo control, en el que se pudo comprobar el efecto de las mejoras propuestas. La literatura encontrada muestra el uso de la metodología DMAIC en empresas de varios sectores, incluyendo la producción de derivados de la leche, relacionándose con el presente estudio: Con su consulta se consiguió entender su implementación y generar ideas de posibles herramientas a utilizar, encaminando el proceso de aplicación de la metodología del proyecto.

### 3. METODOLOGÍA

Lean Six Sigma es un método organizado enfocado en la mejora de procesos, que ha tenido gran acogida debido a sus prestaciones para solucionar problemas empresariales (Snee, 2010). Six Sigma se basa en implementar herramientas estadísticas buscando reducir la variabilidad de los procesos, siempre tomando en consideración los requerimientos de los clientes (Montoya et al., 2008). Es posible afirmar que Six Sigma centra su enfoque en la solución de problemas existentes y reducción de la variabilidad mediante innovación. Por otro lado, Lean Manufacturing es un conjunto de técnicas que se centra más en la optimización de procesos y la reducción de defectos, enfatizando la existencia de procesos flexibles, estables y de flujo continuo (Padilla, 2010).

Lean Six Sigma es una metodología que fusiona las técnicas de Lean Manufacturing y Six Sigma buscando la mejora de los procesos reduciendo desperdicios y defectos al máximo, caracterizándose por una búsqueda de prevenir los defectos antes de que estos ocurran (Cherrafi et al., 2016). La implementación de esta metodología tiene un mayor impacto en empresas grandes (Felizzola y Luna, 2014). Sin embargo, Maneesh (2009) sostiene que su aplicación puede generar beneficios para las empresas independientemente de su tamaño. La metodología central de Lean Six Sigma es DMAIC, una metodología sistemática y rigurosa basada en el cumplimiento de cinco etapas cronológicas, con el uso y aplicación de herramientas de Lean Manufacturing y Six Sigma (Gerges, 2020).

Para la elaboración del presente proyecto se decidió utilizar la metodología DMAIC, siendo esta una de las más usadas por los beneficios que presenta, ya que con su aplicación es posible llegar a una reducción de tiempos y defectos, optimizar la utilización de recursos y de esta manera mejorar la competitividad de la empresa en relación con empresas similares

(Albert et al., 2017). Sus siglas representan Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar. Los proyectos de mejora que utilizan esta metodología siguen de manera disciplinada el orden y ejecución de cada una de las etapas (Ángeles, 2013).

#### 4. FASE DEFINIR

Para el desarrollo de este proyecto, se buscó inicialmente el producto en el cual centrarse, para lo que se realizó un diagrama de Pareto con los valores de la cantidad de unidades vendidas de los productos de la empresa, tal como se presenta en el Gráfico 1. De esta manera, se obtuvo que el producto más vendido de la empresa es el Queso Fresco en su presentación de 450g, resultado que coincide con la petición de la dirigencia de la compañía de centrar el estudio en el proceso productivo de dicho producto.

Con los datos obtenidos de registros internos de la empresa se realizaron dos diagramas de Pareto, con la cantidad de unidades promedio vendidas al mes de los productos de la empresa, y otro tomando en cuenta las ventas en dólares de los productos de la empresa. Se tomó en cuenta desde agosto de 2020 a agosto de 2021.

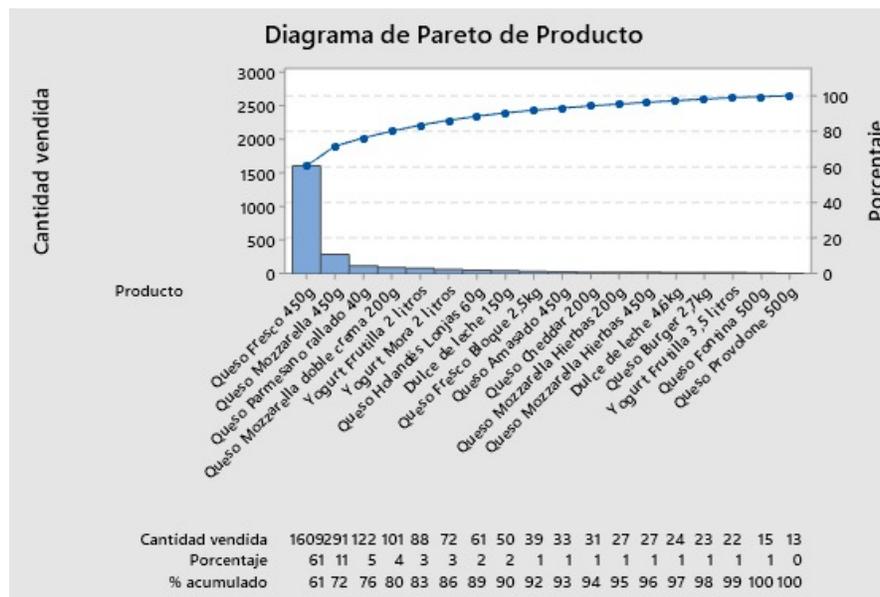
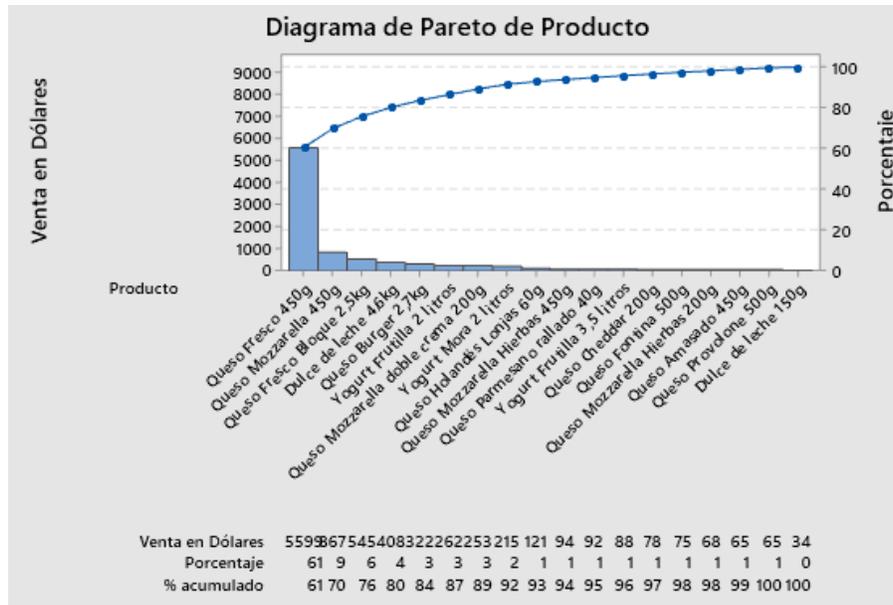


Gráfico 1: Diagrama de Pareto unidades vendidas

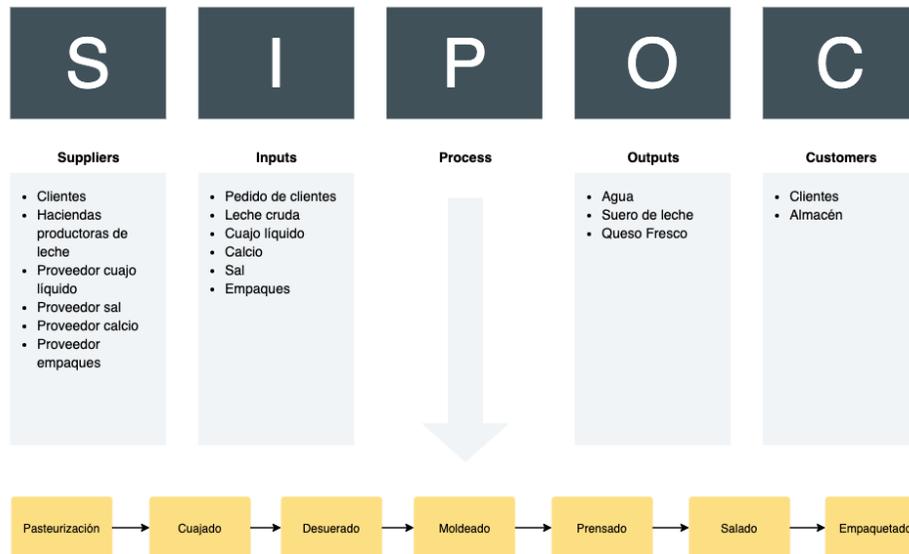


*Gráfico 2: Diagrama de Pareto Ventas en dólares*

Como se puede observar en los diagramas de Pareto presentados anteriormente y, de acuerdo con la información que la gerencia de la empresa proporcionó, el producto más vendido de la empresa y a la vez el que genera mayor venta en dólares, es el Queso Fresco en su presentación de 450g. Debido principalmente al pedido de la gerencia y ya que el segundo producto más vendido tiene una diferencia significativa respecto al primero, se decidió que el proyecto se centre en el proceso productivo del Queso Fresco de 450g.

#### **4.1 Diagrama SIPOC del producto**

Con el objetivo de entender de mejor manera el proceso de elaboración de queso fresco, se procedió a realizar un diagrama SIPOC, mismo que sirve para visualizar de manera general las partes de un proceso definiendo de manera clara las entradas del proceso y quién las provee, el proceso como tal y las salidas de este, así como también los clientes a los que está destinado. (Pacheco, 2019).

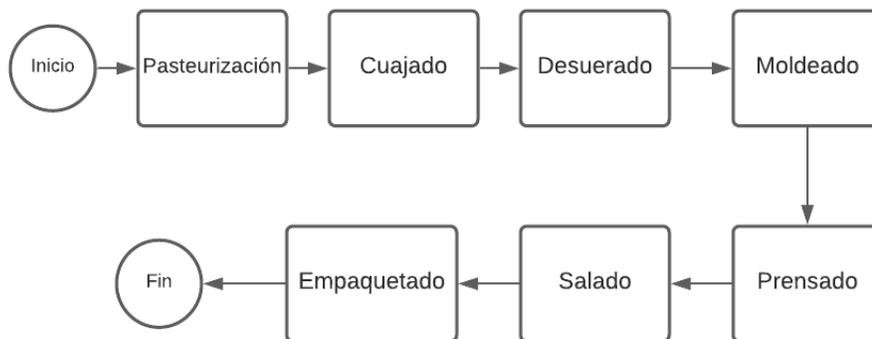


*Gráfico 3: Diagrama SIPOC Queso Fresco*

En el diagrama SIPOC que se elaboró se puede observar de manera general las partes involucradas en el proceso, se mencionan los proveedores de los materiales a utilizar en la elaboración del producto, como son las haciendas productoras de leche, los proveedores de cuajo líquido, sal y calcio, así como también los proveedores de los empaques del producto terminado, además, se considera en la sección de proveedores a los clientes, que realizan los pedidos a la empresa. Posteriormente, en la sección de Entradas se toma en cuenta el pedido de los clientes y los materiales a utilizar en el proceso. Como proceso, se colocan los pasos principales de la producción del queso fresco. Para las salidas se presenta el queso fresco, agua y suero de leche. Finalmente, en la sección de clientes se considera el almacén donde el producto terminado permanece hasta su distribución y los clientes que adquieren el producto.

#### **4.2 Diagramas de Flujo del proceso**

Se elaboró un flujograma general del proceso de elaboración de Queso Fresco de 450g para comprender las partes principales que intervienen en el proceso de producción, que se presenta a continuación:



*Gráfico 4: Diagrama de Flujo General Queso Fresco 450g.*

Se realizaron además diagramas de flujo de los subprocesos, mismos que se presentan en los Anexos A1-A7 del presente proyecto.

### **4.3 Project Charter**

Para el desarrollo de la presente investigación se elaboró un Project Charter, documento indispensable para determinar el camino a seguir en la elaboración de cualquier proyecto, crucial al momento de encaminar el cumplimiento de los objetivos principales de la investigación. Se lo presenta en el Anexo A8.

### **4.4 Entrevista a Gerente General de la empresa**

Se realizaron entrevistas al Gerente de la empresa con el objetivo de conocer el funcionamiento del proceso productivo, además, se obtuvo información de las fallas más comunes en el proceso, mismas que se presentan a continuación y se detallarán en la siguiente fase de la metodología. Las principales fallas en el proceso son: El exceso de material en moldes, falta de material en moldes, derrames de material al voltear los moldes, caída de moldes por mala disposición en mesa, exceso de material en área de prensado, mal sellado de los empaques, empaques de productos pinchados, exceso de peso en producto final y poco peso en producto final.

#### 4.5 Entrevistas a clientes

Se decidió determinar los factores críticos que consideran los clientes para su satisfacción en los productos recibidos de la empresa, en este caso específico, de queso fresco de 450g. Para esto se utilizó la Voz del Cliente mediante llamadas telefónicas realizadas a los principales clientes de la empresa, datos que fueron proporcionados por la dirigencia de la compañía y los resultados se presentan de manera anónima. Entre los factores que los clientes consideran al momento de evaluar su satisfacción con la adquisición de Queso Fresco se encuentran los siguientes: Peso del producto, tiempo de entrega, vida útil del producto, estado de los empaques y entrega de pedido completo.

Debido a que los clientes de la empresa son distribuidores ubicados tanto en la localidad como a lo largo del país, se decidió realizar entrevistas vía llamada telefónica. Para calcular el tamaño de muestra de los clientes a los que se entrevistó, se utilizó un muestreo por cuotas, en el que se selecciona los individuos más representativos que cumplan con las condiciones propuestas (Torres et al., 2006). Se utilizó la fórmula para población finita que se muestra a continuación (Gutiérrez y Vara, 2009).

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

*Ecuación 1: Fórmula para tamaño de muestra con población finita*

Donde  $n$  representa el tamaño de muestra que se busca,  $N$  se refiere a la población,  $Z$  es el parámetro estadístico que depende del nivel de confianza,  $e$  es el error de estimación,  $p$  es la probabilidad de que ocurra el evento estudiado y  $q$  es la probabilidad de que no ocurra el evento estudiado. Para este caso, la población finita es 53 clientes, el parámetro estadístico  $Z$  es 1,96 debido a que se escogió como apto para este estudio un nivel de confianza del 95%, al no conocerse la probabilidad de que ocurra el evento, se toma como valores de  $p$  y  $q$  50%.

(Carrillo, 2015). Con esto, se obtuvo que el tamaño de muestra calculado es de 47 clientes, para proceder con las entrevistas telefónicas, usando el muestreo por cuotas, se procedió a ordenarlos descendientemente en función de la cantidad de compras en dólares que han realizado en el último año, la condición que se eligió es que respondan a la llamada que se realiza, de esta manera, si la llamada no tiene respuesta, se procede a entrevistar al siguiente cliente de la lista. (Carrillo, 2015).

Para las preguntas que se realizó a los clientes de la empresa se utilizó una escala de Likert de cinco puntos, un método de recolección de datos utilizado, entre otras cosas, para la comprensión de opiniones y actitudes de los consumidores, para saber el grado de conformidad de los individuos respecto a un tema, donde el entrevistado escoge su grado de acuerdo o desacuerdo respecto a cada ítem. (Echauri et al., 2012). Se escogió esta escala debido a su facilidad de uso y transformación de resultados a porcentajes (Spooren et al., 2007). También se incluyó una pregunta basándose en el Net Promoter Score (NPS), con la que se indaga qué tan dispuesto está el cliente a recomendar la empresa a otra persona en una escala del 0 al 10, los individuos que elijan valores entre 10 y 9 se consideran promotores, entre 8 y 7 se consideran pasivos y de 6 a 0 detractores. (Bargalló, 2011). Los resultados obtenidos en las entrevistas a los clientes se presentan en el Anexo A9 de este documento.

Después de realizar las entrevistas a los clientes de la empresa se puede observar que la mayoría de preguntas la respuesta de los clientes tiene mayor frecuencia en la mitad de la escala, así también, el grado de satisfacción general, el estado de los empaques del producto, cumplimiento de los pedidos y el peso del producto es medianamente aceptable. Además, el precio del producto puede considerarse aceptado por los clientes, por otro lado, el tiempo de entrega de los pedidos genera mayor inconformidad en los clientes, al igual que el tiempo de vida útil de los productos. En la escala de NPS, se tiene que el 30% de los clientes son

promotores, el 43% son pasivos y el 28% son detractores, mostrando así que la mayoría de las clientes de la empresa son pasivos, que se consideran clientes satisfechos, pero no leales (Bargalló, 2011). Para calcular el índice NPS se restó el porcentaje de Promotores menos el porcentaje de Detractores, así se obtuvo un valor de NPS de 2%. Según Bargalló, (2011) este valor indica que hay un 2% de posibilidades de que los clientes de la empresa la recomienden a otras personas.

De esta manera se define que las características críticas de la calidad para los clientes de la empresa son: Tiempo de entrega de pedidos, cumplimiento de pedidos completos, peso del producto y estado de los empaques del producto.

#### **4.6 Descripción del problema**

En base a los datos levantados hasta el momento, el proceso de producción de Queso Fresco de 450g tiene un tiempo de producción por encima de lo deseado por la gerencia de la empresa, además, el peso de los productos terminados fuera de las especificaciones genera descontento en los clientes y el estado de los empaques no es óptimo.

## 5. FASE MEDIR

El objetivo de la presente fase de la metodología es entender y evaluar el funcionamiento real del proceso, para realizar la toma de datos correspondiente, cuyos resultados se analizarán más adelante. Con el desarrollo de esta fase se puede reconocer la situación actual de la empresa (Jácome, 2015).

### 5.1 Peso del producto

Se realizaron mediciones del peso de los productos terminados, para esto se calculó el tamaño de muestra para población finita utilizando la fórmula obtenida del libro de Gutiérrez y Vara (2009). Por decisiones de la gerencia de la empresa se tomó como población la cantidad de cuatro lotes de producción de Queso Fresco, cada uno contiene 200 unidades.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

*Ecuación 2: Fórmula para tamaño de muestra con población finita de peso de producto*

Donde  $n$  representa el tamaño de muestra que se busca,  $N$  se refiere a la población,  $Z$  es el parámetro estadístico que depende del nivel de confianza,  $e$  es el error de estimación,  $p$  es la probabilidad de que ocurra el evento estudiado y  $q$  es la probabilidad de que no ocurra el evento estudiado. Para este caso, la población finita es 800 productos, ya que, por motivos de decisiones de la gerencia y cronograma del desarrollo del proyecto, se permitió tomar datos de cuatro lotes de 200 unidades cada uno. El parámetro estadístico  $Z$  es 1,96 debido a que se escogió como apto para este estudio un nivel de confianza del 95%, al no conocerse la probabilidad de que ocurra el evento, se toma como valores de  $p$  y  $q$  50%. (Carrillo, 2015). Con esto se obtuvo que el tamaño de muestra es de 260 unidades, que se dividen en 65 muestras por cada lote.

Con las mediciones del peso 196 unidades de producto se obtuvo que el promedio es de 443.46g, y una desviación estándar de 9.48g.

## 5.2 Capacidad del proceso

Se calculó el índice de capacidad del proceso, utilizando las fórmulas obtenidas del libro de Gutiérrez y Vara (2009).

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

### *Ecuación 3: Capacidad Potencial del Proceso*

Las especificaciones superior e inferior toleradas para las características de calidad (ES y EL respectivamente) fueron definidas con participación de la gerencia de la empresa. Donde ES=457g y EI=450g. Se eligió como límite de especificación inferior al peso que se ofrece al cliente.

Se obtuvo que la Capacidad Potencial del Proceso  $C_p = 0.12$ , lo que indica, según la Tabla 5,1 del libro de Gutiérrez y Vara (2009), que el proceso se encuentra en la categoría 4, es decir que no es apto para el trabajo y se necesita modificaciones muy serias para alcanzar la calidad. Además, según la Tabla 5,2 del libro de Gutiérrez y Vara (2009), el valor de  $C_p$ , aproximadamente el 36,8% de los productos está fuera de las especificaciones, representando aproximadamente 368,210 partes por millón fuera de las especificaciones.

Además, se calcularon los Índices de Capacidad de cumplir con la especificación Inferior y Superior ( $C_{pi}$  y  $C_{ps}$  respectivamente), y el Indicador de la Capacidad Real del Proceso ( $C_{pk}$ ).

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma}$$

### *Ecuación 4: Índice $C_{pi}$*

$$C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

*Ecuación 5: Índice Cps*

$$C_{pk} = \text{Min} [C_{pi}; C_{ps}]$$

*Ecuación 6: Índice Cpk*

Se calculó que  $C_{pi} = -0.23$ ,  $C_{ps} = 0,48$  y  $C_{pk} = -0,23$ . Lo que indica que existen problemas para el cumplimiento de las especificaciones. Según Gutiérrez y Vara, (2009), al tener un  $C_{pk}$  negativo, se indica que el más del 50% de los productos se encuentran fuera de las especificaciones. Esto servirá como base para las siguientes fases del presente proyecto.

### **5.3 Tiempos de proceso**

Para la obtención de tiempos del proceso de producción se tomó los datos de las actividades realizadas en las diferentes áreas. Según Niebel y Freivald (2001), el número adecuado de observaciones según el tiempo total del proceso es de tres. Por lo que, siguiendo esta afirmación, se realizaron tres mediciones de los tiempos de cada parte del proceso utilizando el método de regreso a cero. Se tomó el tiempo que tarda realizarse cada proceso para todas las unidades de los lotes de producción (Niebel y Freivald, 2001). La tabla con los tiempos obtenidos se presentan en el Anexo A10. Se puede observar que en el proceso de pasteurización, la actividad que toma más tiempo es la espera, debido a que la leche debe calentarse y pasar por el proceso, posteriormente se deja enfriar, de igual manera, en el proceso de cuajado, después de agregar el cloruro de calcio y el cuajo líquido es necesario esperar la coagulación y posteriormente se corta la cuajada. El proceso de desuerado se lo realiza mediante succión con una manguera, misma que tiene dos etapas hasta sacar el excedente de suero.

#### **5.4 Diagrama de Gantt Queso Fresco**

Se elaboró un diagrama de Gantt con el objetivo de observar de mejor manera la disposición de los tiempos del proceso, así, se puede observar el avance de cada uno de los subprocesos. En el proceso de Prensado se puede observar que, cuando el primer grupo de moldes culmina su prensado, pasan al área de salado y entra el segundo grupo a la prensa, así sucesivamente hasta terminar los cuatro grupos de 50 unidades. Por otro lado, el proceso de salado empieza cuando el primer grupo sale del prensado, y continúa conforme salen los demás grupos, hasta terminar con el proceso de empaquetado. Los diagramas se presentan en el Anexo A11 del presente documento.

#### **5.5 Distancias zona de trabajo**

Se elaboró un layout del área de producción de la fábrica incluyendo las zonas involucradas en la producción de Queso Fresco de 450g. Así, el proceso inicia en la zona de Pasteurización (2), para posteriormente seguir en la zona de Cuajado/Desuerado (3), después se traslada al área de Moldeado (7), pasa a la zona de Prensado (8), se dirige al área de Salado (9), posteriormente al área de Empaquetado (10) y, finalmente se almacenan los productos terminados en el cuarto frío (11). El layout se muestra en el Anexo A12 del documento.

Se presenta en el Anexo A13, una tabla con las distancias recorridas por los operadores en el proceso de elaboración de Queso Fresco, tomando como punto de partida el cuarto de almacenamiento donde el operador recolecta la leche cruda y la lleva a la zona de pasteurización para seguir con el proceso, obteniendo una distancia total de 165 metros.

#### **5.6 Empaques**

Como se vio en la fase anterior de la metodología, la voz del cliente mostró que existía descontento respecto al estado de los empaques del producto, por esto, se realizó la toma de datos del número de unidades defectuosas en el período de tiempo que se acordó con la

gerencia y se acopla al cronograma del proyecto. Para esto, se tomó en cuenta a 10 subgrupos representados por los lotes, donde cada uno contiene 200 unidades de producto. Para calcular el tamaño de muestra se utilizó la fórmula para tamaño de muestra de población finita obtenida del libro de Gutiérrez y Vara (2009).

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

*Ecuación 7: Fórmula para tamaño de muestra con población finita de empaques.*

De esta manera se obtuvo que el tamaño de muestra a utilizar es 132 unidades por cada lote, mismas que fueron examinadas para encontrar las defectuosas tomando en cuenta la calidad de los empaques. Se consideró como producto defectuoso a aquellos con empaques pinchados, rotos, agujeros en el sellado y productos sin sellado al vacío. Los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

<b>Subgrupo</b>	<b>Número de muestras defectuosas</b>
1	2
2	4
3	1
4	5
5	5
6	1
7	6
8	4
9	3
10	5

*Tabla 1: Muestras defectuosas Empaques*

### **5.7 Seguridad de empleados**

El Art. 326 numeral 5 de la Constitución del Ecuador afirma que los riesgos que existen en el trabajo son responsabilidad del empleador, al tratarse de una empresa de

manufactura, el riesgo de accidentes laborales siempre está presente, actualmente la empresa se mantiene al día con sus obligaciones y deberes respecto a la seguridad de sus trabajadores, sin embargo, se presentan accidentes leves en las instalaciones de la fábrica, por esto, se tomó en cuenta los accidentes que pueden suscitarse en el área de producción. Con ayuda de la gerencia de la empresa y los trabajadores de cada área se listaron los accidentes que pueden llegar a ocurrir en el proceso productivo, mismos que se presentan a continuación.

	<b>Proceso</b>	<b>Riesgo</b>
1	Pasteurización	Quemaduras con materiales calientes.
2	Pasteurización	Caídas en transporte de recipiente con leche.
3	Desuerado	Caídas por enredamiento con manguera de succión de suero.
4	Moldeado	Caídas en transporte de recipiente con cuajada.
5	Prensado	Cortes con cuchillo al retirar exceso de cuajada en moldes.
6	Empaquetado	Atrapamiento de dedos en máquina de empaquetado.

*Tabla 2: Riesgos en procesos*

Se realizó posteriormente la valoración de los riesgos, tomando en cuenta la probabilidad de que ocurra el suceso, misma que puede ser baja, media y alta, así como la consecuencia que tendría, que puede considerarse como ligera, dañina y extrema. (Román, 2008). Se muestra la tabla de probabilidad y consecuencia de riesgos en el Anexo A14. Para

estimar el riesgo se tomó en cuenta la matriz de estimación de riesgo que propone Román (2008), misma que se presenta en el Anexo A15. Con la valoración de riesgos se tiene que los riesgos presentes en el proceso de producción se pueden considerar de la siguiente manera:

<b>Riesgo</b>	<b>Estimación</b>
1	Riesgo Trivial
2	Riesgo tolerable
3	Riesgo tolerable
4	Riesgo tolerable
5	Riesgo tolerable
6	Riesgo tolerable

*Tabla 3: Estimación de riesgos Proceso Queso Fresco*

Como se pudo observar, los riesgos que existen actualmente en el proceso productivo se encuentran valorados como triviales y tolerables. Cuando existe un riesgo trivial no se requiere una acción específica e inmediata, y cuando existe un riesgo tolerable lo recomendable es considerar mejoras que no representen una inversión económica muy alta (Román, 2008). En las siguientes fases de la metodología se propone mejoras para la prevención de los riesgos.

## 6. FASE ANALIZAR

La presente fase de la metodología DMAIC tiene el objetivo de utilizar los datos y mediciones obtenidas en la fase previa para encontrar las principales causas de los problemas que se han encontrado, con la ayuda de herramientas que facilitarán la búsqueda de dichas causas y encaminar el proceso de la propuesta de mejoras que solucionarán o mitigarán dichas fallas. (Ocampo & Pavón, 2012).

### 6.1 Value Stream Mapping

Se realizó un Value Stream Map con el objetivo de entender el proceso incluyendo los flujos de información y materiales que están involucrados. Se inició con el pedido que realiza el cliente a la empresa, que generalmente son 400 unidades a la semana; a su vez, los proveedores entregan a la empresa 900 litros que se destinan al proceso productivo con cada subproceso. En el subproceso de pasteurización existe un inventario de 900 litros que serán pasteurizados, esta misma cantidad pasará al área de cuajado y posteriormente al desuerado, hasta llegar a la zona de moldeado donde se convierten en 200 unidades de queso, en dicha área es donde existen más problemas y se propondrán mejoras posteriormente. En el área de prensado existe un inventario de 150 unidades debido a que se prensa un grupo de 50 quesos a la vez, así mismo en el área de salado. Finalmente, en el área de empaquetado entra el lote completo de quesos, sin embargo, se realiza el empaquetado unitario, por esto se incluye que existe un inventario de 199 unidades. En la parte inferior del VSM se muestran los tiempos de ciclo de cada subproceso y los tiempos de valor agregado, así como los que no agregan valor.

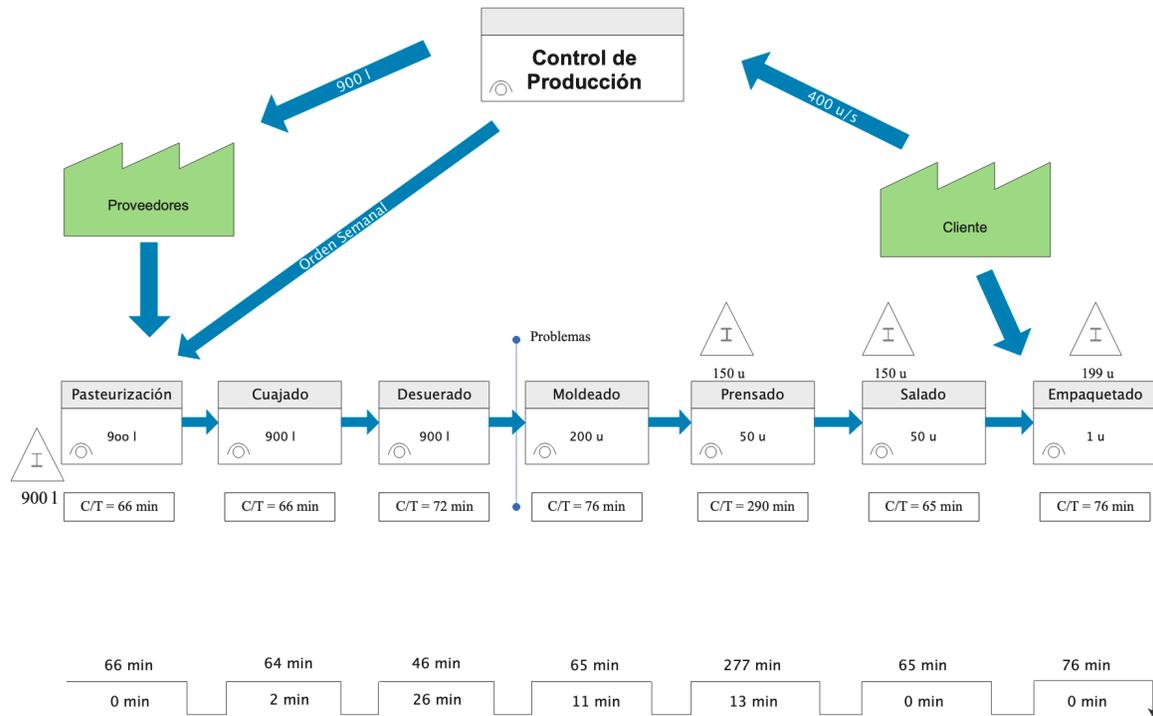


Gráfico 5: Value Stream Map

## 6.2 Brainstorming

Se realizó una lluvia de ideas con participación del personal administrativo y operativo de la empresa con el objetivo de encontrar las principales causas que generan los problemas más importantes que se han observado en el proceso productivo, con esto se consiguió elaborar el Análisis de Modo y Efecto de las Fallas y los diagramas de Ishikawa que se muestran más adelante.

## 6.3 AMEF del proceso

El Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) es una herramienta de mejora de procesos centrada en llevar un registro de las fallas potenciales de un proceso, donde se detalla el paso específico en el que se produce la falla, el efecto que producirá en el proceso, las causas que pueden haber generado dicha falla y el método de control de esas fallas, así también, se tienen valores numéricos en una escala de 10 puntos que indican la severidad de

la falla, la ocurrencia y el nivel de detección, para finalmente realizarse el cálculo del Número de Prioridad de Riesgo (NPR), valor que indica la prioridad de las fallas (Fernández, 2019).

Para el AMEF del proceso de producción de Queso Fresco de 450g, se tomó en cuenta cada proceso y las fallas potenciales en cada uno de ellos, se mostró también el efecto que dichas fallas generan y los controles de ocurrencia en caso de existir, la asignación de valores de severidad, ocurrencia y detección fueron generados con la gerencia. El AMEF realizado se presenta en el Anexo A16 del presente proyecto, donde se puede observar que la falla con el mayor resultado de NPR tiene un valor de 224.

#### 6.4 Cartas de control: Peso

Con los datos obtenidos del peso de los productos se decidió elaborar Cartas de Control I-MR, ya que en este caso el número de subgrupos que existen está dado por los lotes que se midieron, lo que ocasiona que sea muy pocos, por esto, una gráfica de control para individuales ayuda a monitorear el proceso tomando en cuenta cada muestra. (Rivera, 2011)

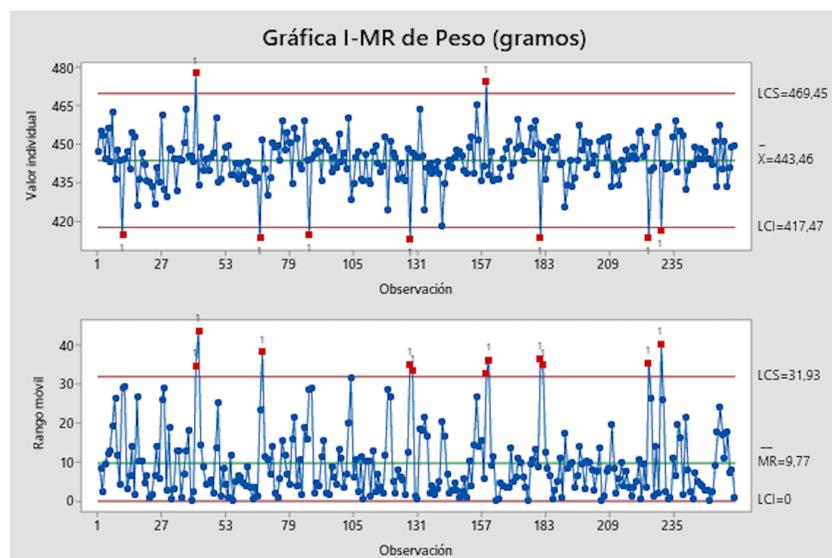


Gráfico 6: Gráfica I-MR de Peso

Como se puede observar en las cartas de control, los valores individuales de las mediciones del peso tienen puntos fuera de los límites superior e inferior, lo que indica que existieron productos cuyo peso está fuera de las especificaciones.

### **6.5 Diagrama de Spaghetti**

Se elaboró un Diagrama de Spaghetti, herramienta que sirve para visualizar los pasos de los procesos y el movimiento de las personas, materiales e información (Brunt, 2020). El diagrama indica los movimientos realizados por los operadores a lo largo del proceso de producción, mismos que muestran que la disposición de las diferentes áreas de la zona de producción no es la óptima, pues los operarios recorren distancias innecesarias. El diagrama de spaghetti se presenta en el Anexo A17 del documento.

### **6.6 Diagramas Causa – Efecto**

El diagrama de causa y efecto o Ishikawa es una herramienta para identificar las principales causas de un problema existente en un proceso, estructurando las posibles causas en varios aspectos de manera visual para encontrar las causas raíz del problema. (Valenzuela, 2000). Se decidió realizar diagramas de causa y efecto de las fallas que obtuvieron un mayor número de prioridad de riesgo (NPR) en el análisis de modo y efecto presentado en el Gráfico 27. Inicialmente se realizó el diagrama de la falla de Quesos con peso por debajo de las especificaciones. El diagrama se exhibe en el Anexo A18.

#### **Análisis de causas**

Mano de obra: La mayoría de los trabajadores del área de producción tienen experiencia en sus actividades, sin embargo, hay ocasiones en las que operarios sin experiencia son destinados a realizar estas actividades, por lo que se generan errores que provocan fallas en los procesos, tal como en los cortes de los excedentes de material en los moldes, donde se corta más de lo debido y esto genera productos con poco peso.

**Máquina:** La prensa mal calibrada puede generar un exceso de presión sobre los moldes, lo que genera que salga demasiado producto por los bordes desperdiciando material. Así también, moldes defectuosos pueden ocasionar que el producto salga de estos generando desperdicios.

**Medida:** Una de las causas en este aspecto es la cantidad incorrecta de cuajada que se vierte en los moldes, lo que genera que los moldes no queden suficientemente llenos de material, que se traduce en productos con poco peso. Además, cuando se coloca una cantidad de cuajo líquido menor a la debida, esto genera que las propiedades de la cuajada cambien y el peso de los productos sea menor.

**Método:** La mala disposición de los moldes en el área de moldeado puede generar que el vertido de la cuajada no sea uniforme y los moldes no queden suficientemente llenos, así también, al momento de voltear los moldes se pueden ocasionar derrames de material, generando productos con poco peso.

**Material:** Cuando la cuajada no tiene la textura y propiedades adecuadas, se generan moldes con poco material y productos con peso inferior al deseado. Además, cuando la malla en el prensado tiene roturas ocasiona que mucho material salga del molde y se produzcan desperdicios.

Además, en el Anexo A19, se presenta el diagrama de causa y efecto de la falla de Quesos con peso por encima de las especificaciones.

**Análisis de causas**

**Mano de obra:** La falta de experiencia de los operadores que no son expertos en las actividades de producción puede generar errores que desencadenan en fallas en los procesos,

como el no cortar el excedente de material en los moldes, lo que genera quesos con mayor peso del debido, mismo que se traduce en pérdidas para la empresa.

**Máquina:** La prensa mal calibrada puede generar que el material no se compacte lo suficiente para sacar el exceso, por lo que los quesos tendrán más material del esperado, así también los moldes con defectos pueden generar que el excedente no pueda salir de éstos y producir quesos con mayor peso.

**Medida:** El exceso de material en los moldes genera que los quesos tengan mayor peso.

**Método:** Cuando existe una mala disposición de los moldes en el área de moldeado, al momento de verter la cuajada algunos moldes tendrán mayor cantidad de material y otros menos, lo que ocasiona quesos con mayor y menor peso del debido. Además, el mal cortado de la cuajada ocasiona que los trozos de cuajada tengan un tamaño incorrecto y el material en los moldes no es el ideal. Cuando no se voltean los moldes se genera que el suero no salga completamente, lo que ocasiona quesos con mayor peso.

**Material:** Cuando las mallas tienen tapados los orificios puede ocasionar que el material no salga del molde y se generen pesos mayores a los esperados en los quesos.

Como Anexo A20 de este documento, se presenta el diagrama de causa y efecto del mal prensado debido al número incorrecto de moldes.

**Análisis de causas**

**Mano de obra:** La falta de experiencia de algunos operarios puede generar que se coloque una cantidad errónea de moldes en el área de prensado, así también, las caídas de los moldes mientras se los transporta a la zona de prensado provoca que no se coloque el número ideal de moldes.

**Máquina:** La cantidad de moldes que se colocan para cada prensado es limitada debido al tamaño de las bandejas.

**Medida:** Un mal cálculo de la cantidad de moldes a colocarse en área de prensado ocasiona que el prensado se realice a un número incorrecto de moldes.

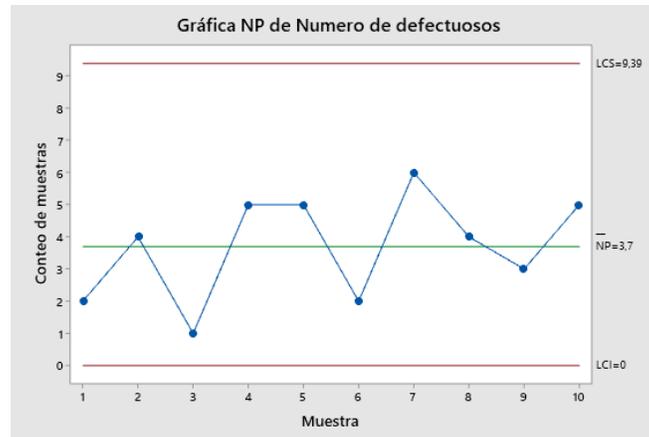
**Método:** La mala disposición de los moldes en la bandeja que entra a la prensa genera que el número de moldes que se prensan no sea el correcto, esto debido a que se colocan de manera manual sin seguir un orden específico. También la caída de los moldes ocasiona que no se preñe la cantidad deseada. Además, el prensado se realiza con un solo piso de moldes en la bandeja, lo que genera que la cantidad de quesos prensados sea limitada.

**Material:** El tamaño de las bandejas que entran en la prensa ocasiona que el número de moldes que se prensan en cada ocasión sea limitado.

Los diagramas de causa y efecto presentados sirven como base para plantear las mejoras en los procesos en la siguiente fase de la metodología.

### **6.7 Carta de control Empaques**

Por la naturaleza de los datos se decidió realizar una carta de control NP para el número de defectuosos, esto debido a que el tamaño del subgrupo es constante y el interés en conocer el comportamiento del número de defectuosos en cada uno de los subgrupos (Gutiérrez, 2006).



*Gráfico 7: Carta NP Empaques defectuosos*

La carta NP muestra que en ninguno de los subgrupos de estudio existen puntos que salen de los límites superior e inferior, exponiendo así que el descontento de los clientes respecto al estado de los empaques puede no deberse al exceso de defectuosos, sino a la falta de control de estos y su entrega a los clientes.

### **6.8 Procesos que agregan o no agregan valor**

La elaboración de un Análisis de valor agregado ayuda a entender de mejor manera cada una de las actividades que aportan valor al proceso y a la empresa, así como las que no lo agregan, encamina el proceso de reducción y eliminación de actividades que retrasan el proceso. (Guerrero, 2011). Inicialmente se realizó un conteo de las actividades que no agregan valor por cada proceso con su porcentaje correspondiente. Los resultados se muestran en el Anexo A21 del presente trabajo. Como se puede observar, en cada proceso existen actividades que agregan y que no agregan valor, teniendo al proceso de Desuerado y Moldeado como los que tienen un mayor porcentaje de actividades que no agregan valor.

### **6.9 Análisis de Valor Agregado**

Para detallar de mejor manera, se presenta se elaboró un Análisis de Valor Agregado elaborado para el proceso de producción de Queso Fresco 450g, mismo que se presenta como Anexo A22. En el análisis se clasificó las actividades que agregan valor para el cliente

(VAC), que son las actividades que participan directamente en la elaboración del producto, así también las actividades que agregan valor a la empresa (VAE), que son las actividades necesarias para poder elaborar el producto. Además, se clasificó las actividades que no agregan valor, dividiéndolas entre Paras, Inspección, Espera, Movimientos y Almacenamiento. (Guerrero, 2011).

Para calcular el índice de valor agregado se divide el tiempo de valor agregado para el tiempo total del proceso, mismo en el que se obtuvo un valor de 88% que, para que un proceso se considere efectivo, el índice debe superar el 75% (Alvarado, 2015). En este caso, el proceso supera esa base y se considera efectivo, sin embargo, es posible reducir, eliminar y cambiar actividades para reducir las actividades que no agregan valor y disminuir el tiempo de proceso. A lo largo del proceso productivo existen actividades que agregan y no agregan valor, la eliminación de estas actividades trae consigo mejoras en el proceso. Uno de los objetivos de la aplicación de la metodología DMAIC es la reducción de aspectos del proceso que pueden considerarse desperdicios, como son las actividades que no agregan valor (Socconini, 2015). Se presentan también, en el Anexo A23, las actividades que se encontró que no agregan valor y pueden ser sujetas a cambio, reducción o eliminación.

Las actividades que no generan valor en el proceso productivo tienen un tiempo aproximado de 52 minutos, con la reducción de tiempos o eliminación de ciertas actividades que no generan valor se podría reducir el tiempo del proceso. Esto se presentará en la siguiente fase de la aplicación de la metodología.

### **6.10 Cinco ¿Por qué?**

Es una técnica cuya utilidad se basa en buscar las causas que generan un problema, simplificándolas y buscando la causa raíz, este método brinda la facilidad de aplicarse a empresas independientemente de su tipo y tamaño. (Andújar et al, 2017). Se toma como

referencia el problema encontrado en los pesos de los productos, respondiendo a las preguntas con las principales causas encontradas.

**¿Por qué el peso de los productos está por encima o por debajo de las especificaciones?**

Porque en el proceso de moldeado los moldes no tienen la misma cantidad de material en los moldes.

**¿Por qué no se tiene la misma cantidad de material en los moldes?**

Porque en el vertido de la cuajada, en algunos moldes se generan desperdicios al derramar la cuajada y en otros se tiene demasiado material.

**¿Por qué en algunos moldes se generan desperdicios y en otros se tiene demasiado material?**

Porque existen espacios vacíos entre los moldes debido a su forma cilíndrica.

**¿Por qué existen espacios vacíos entre los moldes?**

Porque los moldes se ordenan manualmente y no llevan un orden y disposición específica en la mesa de moldeado.

**¿Por qué los moldes no tienen un orden y disposición específica?**

Porque no tienen un lugar predeterminado para su colocación en la mesa, sino que se quedan de la manera en la que los operarios los colocan.

## **7. FASE MEJORAR**

Con base en lo desarrollado en las fases previas de la aplicación de la metodología DMAIC, la presente fase tiene como objetivo proponer las mejoras que busquen la reducción o eliminación de las disconformidades que se han encontrado. Según Conza (2017) la presente fase pretende enfrentar los problemas que afectan al correcto desarrollo del proceso productivo, para llevar a la compañía a cumplir con los requerimientos del cliente.

### **7.1 Propuestas de mejora área de producción**

Se definió anteriormente los mayores problemas en el proceso productivo de Queso Fresco de 450g, como el tiempo excesivo del mismo debido a la presencia de actividades que no agregan valor, y la excesiva variación en el peso de los productos terminados, para su mitigación, se decidió proponer a la gerencia la implementación de varias mejoras que se presentan a continuación.

#### **7.1.1 Tina de desuerado**

En el subproceso de desuerado actualmente se utiliza una bomba que extrae el suero de la cuajada mediante mangueras de succión, dicho proceso se realiza dos veces hasta obtener la mayor cantidad de suero posible. Esta actividad puede ser sustituida por una extracción de suero mediante una tina de desuerado, artefacto que sirve para separar el suero de la cuajada cortada y drenar el suero (López y Prado, 2015). Con la implementación de esta maquinaria es posible reducir el tiempo de proceso de desuerado en aproximadamente 27 minutos, pues el proceso de desuerado de 900 litros de material utilizando una tina de desuerado tarda 25 minutos, siendo necesario únicamente un desuerado, mientras que, actualmente, el subproceso requiere de dos ciclos de desuerado con bomba. Se realizó una cotización a una empresa manufacturera de metales sobre el posible precio de una tina de desuerado con capacidad de 1000 litros, el valor estimado es de \$750,00.

### **7.1.2 Planchas de moldes**

En el área de moldeado existen actividades que no agregan valor, mismas que pueden reducirse con la presente mejora. El proceso de moldeado inicia con el vertido de la cuajada en los moldes ubicados en la mesa de moldeado, estos moldes se sitúan sin un orden específico ya que los operarios los colocan sin seguir una disposición predeterminada. Se plantea la inclusión de cuatro planchas de moldes unidos entre sí con el objetivo de tener a todos los moldes ordenados y reducir el tiempo de proceso ya que, al existir las cuatro planchas, los operarios deben situarlas en la mesa en lugar de colocar los 200 moldes como se realiza actualmente. Con esta mejora se consigue también reducir el tiempo que el operador tarda en voltear los moldes en el proceso de moldeado, actualmente se deben voltear los 200 moldes de manera individual, y, con la mejora, se puede voltear 50 moldes cada vez. Con esto es posible reducir el tiempo del proceso de moldeado en aproximadamente 6 minutos. Se realizó una cotización a una empresa manufacturera de metales sobre el posible precio de cuatro planchas con capacidad para 50 moldes cada una, el valor estimado es de \$100,00 por las cuatro planchas.

### **7.1.3 Moldes sin espacios**

Actualmente en el proceso de moldeado, debido a la forma cilíndrica de los moldes, al verter la cuajada, el material no se distribuye de manera uniforme ya que se derrama entre los espacios entre moldes, generando que algunos moldes tengan más cuajada de lo deseado y otros tengan menos de lo esperado, generando así quesos con pesos fuera de las especificaciones, con la inclusión de las planchas de moldes se consigue que no existan los mencionados espacios, evitando derrames y contribuyendo a una distribución uniforme de la cuajada y por lo tanto, obtener quesos con pesos dentro de las especificaciones.

#### **7.1.4 Corte de excedentes en moldes**

Para finalizar el proceso de moldeado se debe cortar los excedentes de material que se encuentra en los moldes, actividad que se realiza con un cuchillo de manera manual e individual. Se propone que el corte de los excedentes se realice con un alambre fino de manera conjunta para cada plancha, así, será posible pasar el alambre al nivel de las planchas de los moldes y realizar un corte uniforme dejando a todos los moldes con la misma cantidad de material en su interior, reduciendo a la vez el tiempo de proceso en aproximadamente 11 minutos. Se realizó una cotización a una empresa manufacturera de metales sobre el posible precio de un alambre cortador, el valor estimado es de \$10,00.

#### **7.1.5 Prensado en conjunto**

El subproceso de prensado del proceso actual se realiza en cuatro etapas, en las que cada una consiste en el prensado de 50 quesos. Se propone la implementación de una sola etapa de prensado que incluye el lote completo de 200 quesos, para esto se utilizan cuatro planchas de 50 quesos apiladas una sobre otra. Para esto es necesaria una calibración de la prensa a 30 PSI para que los cuatro niveles de quesos sean prensados correctamente (Aguilar et al., 2009). Con esto, se reduciría el tiempo del subproceso de prensado en aproximadamente 208 minutos.

#### **7.1.6 Tina de salado**

Siguiendo con la implementación de la mejora de incluir una tina de desuerado en la fase con el mismo nombre, el recipiente en el que actualmente se realiza el desuerado quedaría sin uso, para aprovechar el uso de los recursos que tiene la empresa, se propone utilizar dicho recipiente para el área de salado, ya que, al realizarse un solo prensado del lote completo de quesos, todos finalizarían dicho proceso al mismo tiempo y pasarían al proceso de salado, sin embargo, actualmente la tina de salado tiene capacidad para aproximadamente

120 quesos, con la inclusión del nuevo recipiente, es posible realizar el salado del lote completo al mismo tiempo utilizando los dos recipientes.

## **7.2 Reducción total de tiempo**

Con la implementación de las mejoras planteadas anteriormente, se reduce el tiempo del proceso productivo en aproximadamente 252 minutos, equivalente a 4 horas con 12 minutos. Inicialmente el proceso tardaba 11 horas y 52 minutos, después de la implementación de mejoras, se estima que el tiempo de proceso total sería de aproximadamente de 460 minutos, equivalente a 7 horas y 40 minutos.

## **7.3 Diseño de Planta**

Se observó que el diseño del área de producción actualmente no es el óptimo, con el objetivo de reducir los tiempos de proceso tomando en cuenta que las actividades que no agregan valor se relacionan a los movimientos dentro del área de producción, se realizó un nuevo diseño utilizando el método CRAFT. Se consiguió así obtener un nuevo diseño del área de producción, teniendo en cuenta que las áreas con posibilidad de cambio excluyen a los cuartos fríos, el área de empaquetado y pasteurización debido a que se encuentran en espacios diferentes y la gerencia así lo manifestó. El layout del nuevo diseño de planta se presenta en el Anexo A24. Con el rediseño del área de producción se consiguió eliminar movimientos innecesarios entre cada una de las áreas debido a que se acortan las distancias a recorrer, así se muestra en la tabla publicada en el Anexo 25 del presente documento, se puede observar que se obtuvo una diferencia de 61 metros recorridos en el proceso productivo.

## **7.4 Seguridad de empleados**

Se presentó anteriormente que la seguridad de los empleados puede verse comprometida con posibles riesgos que pueden suscitarse en el proceso productivo, para esto

se propone mejoras que busquen reducir los riesgos. Según Román, (2008) al existir riesgos triviales y tolerables en el proceso productivo, es recomendable considerar mejoras que no representen una inversión alta. Por lo tanto, se propone las siguientes mejoras:

Colocar láminas rugosas antideslizantes en el piso del área de producción, ya que, al trabajar con sustancias líquidas como agua y suero de leche, el piso se moja y se vuelve resbaladizo para los empleados, con esta mejora se reduce el riesgo de caídas.

Actualmente existen rejillas de desfogue de líquidos de suelo en los extremos del área de producción junto a las paredes, se propone añadir rejillas de desfogue de agua en la mitad del área de producción que conduzcan a los canales ubicados en los extremos, esto para drenar los líquidos con más facilidad. Además, se propone colocar plásticos de colores vistosos en las superficies calientes para evitar quemaduras.

### **7.5 Control de calidad de Empaques**

Como se observó anteriormente, el problema que existe actualmente respecto a la calidad de los empaques no radica en el exceso de defectuosos, sino en la ausencia de control de calidad de los empaques. Por esta razón, se propone implementar un control de calidad de los productos terminados que se realice dentro del área de empaquetado, se propone realizar observaciones a 132 productos empaquetados por cada lote producido, este valor se lo obtuvo calculando la muestra para población finita utilizando la fórmula obtenida del libro de Gutiérrez y Vara (2009). Los empaques que se consideren defectuosos deberán iniciar nuevamente el proceso de empaquetado.

### **7.6 Período de recuperación de inversión**

Teniendo en cuenta las cotizaciones que se realizaron respecto a las mejoras a implementarse, se obtuvo un valor de inversión de \$988, se determinó que, con las mejoras propuestas, el tiempo total del proceso productivo de un lote de Queso Fresco de 450g, será

de aproximadamente 8 horas, cuando anteriormente el tiempo total ascendía a alrededor de 12 horas. Con este cambio, la empresa ahorrará un costo de \$200 al mes por el pago de horas extra a empleados para cumplir con el proceso de producción. Dicho valor se calculó tomando en cuenta el valor de cada hora extra de acuerdo al salario mensual de los trabajadores. Así, según afirma Salinas (2015) el período de recuperación de la inversión se calcula tomando en cuenta el ahorro que generará la mejora con su acumulado, en este caso la inversión se recuperará en un período de 6 meses.

<b>Período</b>	<b>Inversión</b>	<b>Ahorro</b>	<b>Acumulado</b>
0	-\$ 1.033,00	\$ -	-\$ 1.033,00
1		\$ 200,00	-\$ 833,00
2		\$ 200,00	-\$ 633,00
3		\$ 200,00	-\$ 433,00
4		\$ 200,00	-\$ 233,00
5		\$ 200,00	-\$ 33,00
6		\$ 200,00	\$ 167,00

*Tabla 4: Período de Recuperación de la inversión*

## 8. PLAN DE CONTROL

Por motivos de cronograma del desarrollo de este proyecto integrador, la fase Controlar de la metodología DMAIC no fue posible, sin embargo, se proporciona a la gerencia de la empresa la manera de comprobar si las mejoras implementadas tienen influencia real sobre el proceso, para determinar así si los problemas que se determinaron en la primera fase fueron mitigados. Inicialmente se proporciona a la dirigencia de la compañía el contacto de la empresa metalúrgica a la que se realizó la cotización de los materiales para las mejoras planteadas. De esta manera, la empresa láctea podrá realizar la compra de las mencionadas herramientas para su implementación.

<b>¿Qué se va a controlar?</b>	<b>¿Cómo se va a controlar?</b>	<b>Documentos</b>	<b>Acciones en caso de incumplimiento</b>
Peso de los productos terminados.	Mediante el uso de una carta de control I-MR para individuales cuya plantilla se proporciona a la gerencia.	Plantilla de Microsoft Excel para creación de carta I-MR para individuales.	Verificación de la correcta toma de datos. Énfasis en la correcta implementación de las mejoras propuestas.
Reducción del tiempo del proceso.	Uso de un cronómetro para medir el tiempo de cada parte del proceso.	Tabla con tiempos de cada parte del proceso.	Corroborar si las actividades de cada subproceso se realizan de acuerdo a las mejoras.
Reducción de las distancias recorridas.	Verificar los movimientos realizados en cada subproceso mediante una lista de los movimientos	Lista de movimientos necesarios que agregan valor al proceso.	Verificar la correcta ubicación de cada zona del área de producción.

	necesarios que agregan valor.		
Reducción de riesgos de accidentes.	Medir la cantidad de accidentes suscitados en un mes en cada área de producción.	Registro de accidentes suscitados.	Verificar cumplimiento de mejoras de seguridad de empleados.
Implementación de control de calidad de empaques.	Mediciones completas de la muestra de productos terminados a inspeccionar, llevar un registro de los empaques defectuosos.	Registro de empaques defectuosos.	Corroborar si la inspección de productos terminados se realizó siguiendo la muestra establecida y si los productos defectuosos inician nuevamente el proceso de empaquetado.

*Tabla 5: Plan de control*

El peso de los productos terminados fue uno de los problemas más importantes que se encontró, para comprobar si las mejoras implementadas redujeron este problema, se entrega a la gerencia una plantilla de Microsoft Excel para la creación de una carta de control I-MR para observaciones individuales, donde es necesario únicamente ingresar los pesos de los productos terminados y se obtendrá la carta de control. Adicionalmente se capacita al gerente de la empresa para realizar una lectura apropiada de la carta de control.

Se proporciona además una tabla con una aproximación de los tiempos de cada una de las partes del proceso, con el objetivo de brindar una facilidad a la empresa para determinar si los tiempos se encuentran acorde a lo esperado. Para controlar la reducción de las distancias recorridas se realiza una verificación de los movimientos que agregan valor al proceso, esto mediante la comparación con una lista de todos los movimientos necesarios para el proceso.

Se verifica también la correcta ubicación de las zonas del área de producción mediante el layout que se provee a la empresa.

Para mantener un control respecto a la seguridad de los empleados se mide la cantidad de accidentes suscitados de manera mensual, verificando así su reducción con las mejoras propuestas. Además, para llevar un control de la calidad de los empaques se verifica que las inspecciones se realicen tomando en cuenta la muestra establecida previamente.

## 9. CONCLUSIONES

Con la realización del presente proyecto se pudo evidenciar que uno de los puntos fuertes de la aplicación de Lean Six Sigma, como plantea Maneesh (2009), es su capacidad de ser aplicada a casi cualquier tipo de proceso, independientemente del tamaño de la empresa, así se observó en la revisión bibliográfica y se comprobó con la aplicación en la empresa elegida para este proyecto. Así también, el desarrollo cronológico de las diferentes fases de la metodología DMAIC contribuye a la reducción de defectos, desperdicio y tiempos del proceso, iniciando con la detección y definición de los principales problemas que se suscitan en el proceso, para después realizar mediciones que generen la información necesaria para realizar un análisis exhaustivo mediante herramientas de ingeniería industrial, encaminando así el proceso de proponer mejoras que mitiguen los problemas sustanciales del proceso. Adicionalmente, la metodología sustenta que es necesario realizar un proceso de control de las mejoras implementadas para corroborar su influencia en el beneficio de la empresa (Ángeles, 2013).

Con la implementación de la metodología DMAIC en la empresa láctea elegida se pudo definir inicialmente el producto en el cual se centró el proyecto, el Queso Fresco de 450g, debido a su liderato en número de ventas y magnitud de ventas en dólares, agregando la petición de la gerencia de la empresa de mejorar dicho proceso. En la primera fase se encontraron tres principales problemas con la aplicación de herramientas Lean Six Sigma, el exceso de variabilidad en el peso de los productos terminados, un tiempo de proceso excesivo y el mal estado de los empaques, mismos que generan descontento y peligro de perder clientes.

Posteriormente, con la toma de datos se comprendió y justipreció la situación actual del proceso. Con énfasis en las mediciones referentes a los problemas encontrados

anteriormente, se evaluó los pesos de los productos terminados, el tiempo del proceso productivo y la calidad de los empaques. Se agregó también mediciones referentes a la seguridad de los empleados, con las que se determinó los riesgos potenciales a los que se enfrentan los trabajadores. Al finalizar esta fase se pudo comprobar que el proceso es actualmente incapaz de cumplir con las especificaciones requeridas por los clientes.

Utilizando las mediciones desarrolladas en la fase previa, al momento de analizar se pudo generar un registro y valoración de las fallas principales del proceso, que sirvieron a su vez para encontrar las causas raíz de los problemas a eliminar. Se verificaron las actividades que agregan valor, a pesar de obtenerse un índice de valor agregado favorable, se observó que existen actividades que pueden ser eliminadas o reducidas para mejorar el proceso.

Las mejoras propuestas se realizaron teniendo en cuenta la inversión económica requerida, con la intención de que ésta no se exceda para lograr la aprobación e implementación por parte de la empresa. Se observó que la mayoría de problemas que presenta el proceso se encuentran en la zona de moldeado, por lo que fue ahí donde se propuso la mayoría de mejoras. Se propuso además mejoras que cuiden a la seguridad de los empleados. Con el rediseño del área de producción fue posible reducir las distancias recorridas y consecuentemente los tiempos del proceso. La inclusión de las mejoras, tales como una tina de desuerado, planchas de moldes unidas entre sí, planteamiento de un nuevo método de prensado, rediseño del área de producción y utilización del recipiente usado previamente para desuerado, ahora en el proceso de moldeado, dan como resultado una reducción del tiempo de proceso en 460 minutos. Las mejoras planteadas requieren de una inversión por parte de la empresa de \$1033, valor que se recuperará en un período de seis meses.

Finalmente, se planteó un plan de control para su uso por parte de la gerencia de la empresa, de esta manera se permite a la empresa constatar el correcto funcionamiento del proceso y, que cuenta con sugerencias a realizar si los resultados de la implementación de mejoras no es el esperado.

## 10. RECOMENDACIONES

Se recomienda considerar el desarrollo de nuevos proyectos de mejora para otros procesos de la empresa en los que no se enfocó el presente proyecto, con el objetivo de encontrar mejoras para los demás procesos como se lo hizo con el que se enfocó este trabajo. Además, respecto al personal que participa en el proceso, se recomienda un control de horarios de entrada y salida y su permanencia en las instalaciones. A la gerencia de la empresa se recomienda una apertura hacia proyectos de mejora que beneficiarán directamente a sus procesos productivos. Se pudo observar que la dirigencia de la empresa se encontraba ausente en repetidas ocasiones y esto repercute en la falta de control tanto de los empleados como de los procesos como tal, se recomienda que la dirigencia se encuentre en las instalaciones con mayor frecuencia o en su defecto delegar a una persona de confianza que lleve el control de las operaciones productivas. Finalmente se recomienda a la empresa tomar en cuenta todas las propuestas de mejora del presente proyecto para su implementación.

A los analistas de trabajos similares en el futuro se recomienda que se desarrolle un cronograma y se lo siga rigurosamente, iniciando con una definición de lo que se va a realizar bien cimentada, ya que será la base de todo el proyecto. Además, tomar en consideración que las fases de medir y analizar llevan tiempo y la recolección de datos puede generar inconvenientes. Antes de iniciar el desarrollo del proyecto, nutrirse de la mayor información posible de trabajos similares. A lo largo de las observaciones identificar y pensar en posibles mejoras que ayudarán a cumplir con los objetivos.

## 11. LIMITACIONES

A lo largo de la elaboración del presente Proyecto Integrador, se encontraron varias limitaciones que retrasaron o dificultaron el avance planeado de la investigación. Por razones internas, la empresa no permitió la toma de fotografías o grabación de videos de los procesos ni instalaciones, algo que habría sido de utilidad para un mejor entendimiento de los lectores tanto de la situación actual de la empresa como de las mejoras planteadas. Adicionalmente, la empresa no cuenta con registros actuales de los procesos, productos terminados, fallas suscitadas y accidentes ocurridos, por lo que la toma de datos tardó más de lo esperado. Además, los tiempos mostrados después de las mejoras debieron ser simulados debido a que no se permitió la implementación de las propuestas de mejora. Por otro lado, en varias de las visitas realizadas a la empresa, la dirigencia de la misma no se encontraba en las instalaciones, por lo que, esto fue una dificultad para el avance de la investigación. Finalmente, el rediseño de planta que se elaboró, se lo realizó tomando en cuenta únicamente el área de producción que no tiene separación con paredes, ya que los espacios divididos muestran una dificultad mayor para su cambio de ubicación.

## REFERENCIAS

- Albert, E. N., Soler, V. G., & Molina, A. I. P. (2017). Metodología e implementación de Six Sigma.
- Alvarado Suasnavas, D. M. (2015). *Diseño de un sistema de gestión de procesos e implementación de los procesos de la cadena de valor a una empresa dedicada a la importación de repuestos para vehículos. Caso: importadora jaral Autoparts Cia. Ltda* (Bachelor's thesis, PUCE)
- Andújar-Montoya, M. D., García González, E., López Peral, M. A., Pérez-delHoyo, R., López Davó, J., Jiménez-Delgado, A., & Madrid Izquierdo, F. (2017). Adaptación de la cultura Lean en Trabajos Colaborativos.
- Ángeles, F. E. T. (2013). Six sigma en logística: aplicación en el almacén de una unidad minera. *Industrial Data*, 16(2), 67-74.
- Bargalló, M. (2011). Net Promoter Score, el parámetro clave para la medición de la fidelidad: diseño, desarrollo e implementación de un diagnóstico referente a la fidelidad de clientes.
- Bedoya, M. (2017). *Estandarización del proceso de producción de Queso Fresco mediante la aplicación de la metodología DMAIC en la empresa El Granjerito*. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.
- Brunt, D. (2020). *Diagrama Espaguetti y norma de distanciamiento*. Instituto Lean Chile. Santiago, Chile. Recuperado de: [www.institutolean.cl/nuevo/2020/06/10/espaguetti-lean-distanciamiento/](http://www.institutolean.cl/nuevo/2020/06/10/espaguetti-lean-distanciamiento/)
- Carrillo, L. (2015). Población y Muestra. *Universidad Autónoma del Estado de México*. Recuperado de: <http://ri.uaemex.mx/oca/view/20.500.11799/35134/1/secme-21544.pdf>
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A., & Benhida, K. (2016). The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model. *Journal of Cleaner Production*, 139, 828-846.
- Duraković, B., & Bašić, H. (2012). Textile Cutting Process Optimization Model Based On Six Sigma Methodology In A Medium-Sized Company. *Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, 16(1), 107-110. Recuperado de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.403.568&rep=rep1&type=pdf>
- Echauri, A. M. F., Minami, H., & Sandoval, M. J. I. (2012). La Escala de Likert en la evaluación docente: acercamiento a sus características y principios metodológicos. *Perspectivas docentes*, (50).

- Felizzola Jiménez, H., & Luna Amaya, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22(2), 263-277.
- Fernandez Mozo, J. M. (2019). Análisis del modo y efecto de fallas (AMEF).
- Gamarra, K. (2012). Análisis de dos metodologías para identificar el cuello de botella en procesos productivos. Universidad Industrial de Santander.
- Gerges, M. (2020). *Lean Six Sigma, una metodología aplicada a procesos reales*. Recuperado de: <https://www.izertis.com/es/-/blog/lean-six-sigma-una-metodologia-aplicada-a-procesos-reales>
- Guerrero Maxi, P. F. (2011). *Definición, análisis de valor agregado y modelo de estandarización de los procesos de la joyería Cubix* (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- Guerrón Heredia, J. P. (2015). *Estudio de los procesos productivos de la industria láctea y su incidencia en el crecimiento financiero en la hacienda el Carmen, en la parroquia Julio Andrade provincia del Carchi año 2014* (Doctoral dissertation, Universidad Internacional SEK).
- Gutiérrez, H. (2006). Cartas de control Bayesianas para atributos y el tamaño de subgrupo grande en la carta p. *Revista Colombiana de Estadística*, 29(2), 163-180.
- Gutiérrez Pulido, H., & Vara Salazar, R. (2009). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma (2da ed.). México, México: McGrawHill.
- Ibarra Albuja, C. D., & Berrazueta Lanás, G. S. (2019). *Aplicación metodología DMAIC en empresa textil con enfoque en reducción de costos* (Bachelor's thesis, Quito).
- INEC. (2019). Producción de leche por provincia. Recuperado de: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Jácome Guzmán, E. A. (2015). *Implementación de la metodología DMAMC en la empresa INPROLAC SA en la línea de producción de queso fresco de productos DULAC' S para el mejoramiento de procesos y de la productividad* (Bachelor's thesis).
- Lácteos Latam. (2020). Industria Láctea: Clave para la reactivación económica del Ecuador. *Food News Latam*. Recuperado de: <https://www.lacteoslatam.com/sectores/36-leches/4064-industria-l%C3%A1ctea-clave-para-reactivaci%C3%B3n-econ%C3%B3mica-en-ecuador.html>
- López Rivas, J. J., & Prado Arróliga, J. L. (2015). *Uso de lacto suero en Sinergia con *Sacharomyces Cerevisae* como materia prima para la producción de Etanol a escala piloto, en el Laboratorio de Tecnología Farmacéutica, Departamento de Química*,

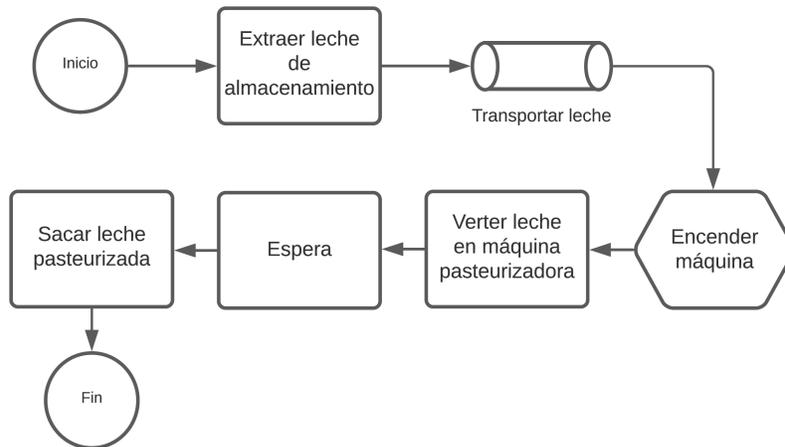
*UNAN-Managua, Julio 2014-Agosto 2015* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua).

- Maneesh Kumar, J. (2009). *Does size matter for Six Sigma implementation?: Findings from the survey in UK SMEs*. The TQM Journal. Vol. 21, Issue 6, pp. 623-635.
- Meneghetti, L.P. 2010. Asociaciones entre pymes lácteas y el mejoramiento de la calidad para exportación de quesos [en línea]. Tesis de Magister. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina. Disponible en: <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/490>
- Montañez Cáliz, J. E. (2017). Desarrollo de un Plan para la Reducción de Merma Utilizando la Metodología Seis Sigma en una Planta de Productos Lácteos. *Manufacturing Competitiveness*;
- Montoya, L. A., Portilla, L. M., & Benjumea, J. C. C. (2008). Aplicación de six sigma en las organizaciones. *Scientia et technica*, 14(38), 265-270.
- Ocampo, J., & Pavón, A. (2012, July). Integrando la metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim. In *Tenth LACCEI Latin American and caribbean conference for engineering and technology*.
- Pacheco, J. (2019). ¿Qué es un diagrama SIPOC y para qué sirve? *Web y Empresas*. Recuperado de: <https://www.webyempresas.com/diagrama-sipoc/>
- Padilla, L. (2010). Lean manufacturing manufactura esbelta/ágil. *Revista Electrónica Ingeniería Primero ISSN, 2076(3166)*, 91-98.
- Rivera, D. (2011). *Cartas de control para datos funcionales*. Centro de Investigación en Matemáticas CIMAT. Guanajuato. México.
- Rodríguez, A. M. P., Mejía, K. A. P., Pantoja, V. L. C., Quevedo, J. L. P., & Grisales, D. R. A. (2016). Rediseño de una planta productora de lácteos mediante la utilización de las metodologías SLP, CRAFT y QAP. *Scientia et technica*, 21(4), 318-327.
- Roman-Nelson, G. A. (2020). *Six sigma DMAIC: a case study in resolving profit loss for a cheese manufacturing company* (Doctoral dissertation, University of Wisconsin-Stout).
- Román, P. Á. L. (2008). Metodología para el análisis y evaluación de la seguridad de los espacios y equipamientos deportivos escolares. *Apunts Educación Física y Deportes*, (93), 62-73.
- Romero, J. C. R. (2004). *Métodos de evaluación de riesgos laborales*. Ediciones Díaz de Santos.

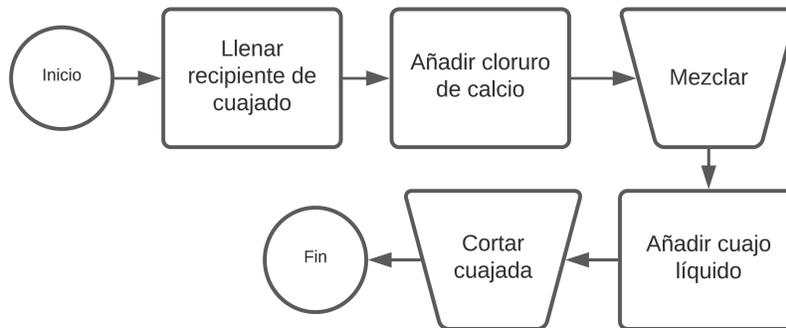
- Serrano Torres, G. J., & Ruiz Coba, F. P. (2018). *Aplicación de la metodología Lean Six Sigma en una empresa de lácteos: caso de estudio en la fabricación de quesos frescos, queso mozzarella y mantequilla* (Master's thesis, Quito).
- Snee, R. D. (2010). Lean Six Sigma—getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Socconini, L. (2015). *Lean Six Sigma Green Belt* (Vol. 1). Barcelona: Marge books.
- Spooren, Mortelmans y Denekens (2007), 'Student evaluation of teaching quality in higher education: development of an instrument based on 10 Likert-scales'. *Assessment & Evaluation in Higher Education*. Vol. 32:6, 667-679. Inglaterra: Routledge.
- Torres, M., Paz, K., & Salazar, F. (2006). Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. *Boletín electrónico*, 2, 1-13.
- Valenzuela, L. (2000). Diagrama de ishikawa. *Santiago de Chile, Chile: UNAB*.
- Vera, D. Z., & Iglesias, E. L. (2018). La industria de lácteos de Riobamba—Ecuador: dinámicas en la economía local. *Economía y negocios*, 9(1)
- Vidal, G. H., Aguas, Y. P., & Puello, E. V. (2017). Enfoque seis sigma y proceso analítico jerárquico en empresa del sector lácteo. *Revista venezolana de gerencia*, 22(80), 610-636
- Villacis, J. (2018). Factores de competencia entre PYMES. *Espirales revista multidisciplinaria de investigación*, 2(16).
- Villafuerte Mosquera, J. M. (2019). *Mejora del proceso productivo lácteo mediante la aplicación de DMAIC*. Universidad de las Américas. Quito, Ecuador.
- Zambrano, M. J. (2004). Adecuación de Conceptos y Herramientas Estadísticas para la Metodología DMAIC del Enfoque Seis Sigma para su Uso en la Industria Química-Edición Única.

## Anexos

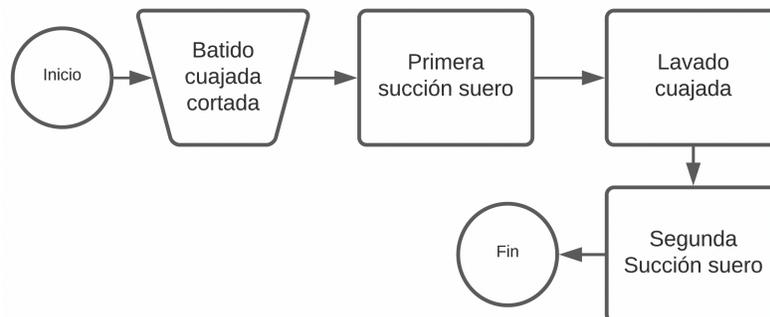
### ANEXO A1: DIAGRAMA DE FLUJO PASTEURIZACIÓN

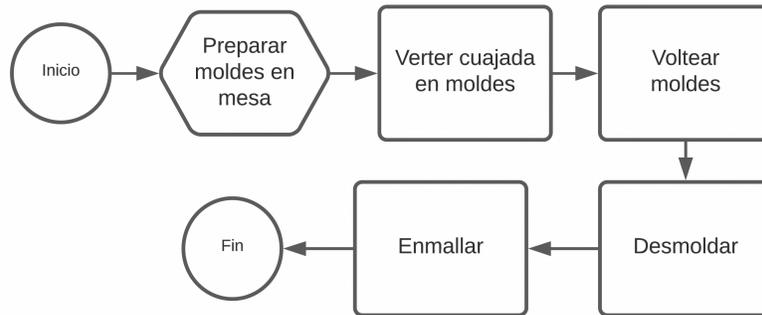
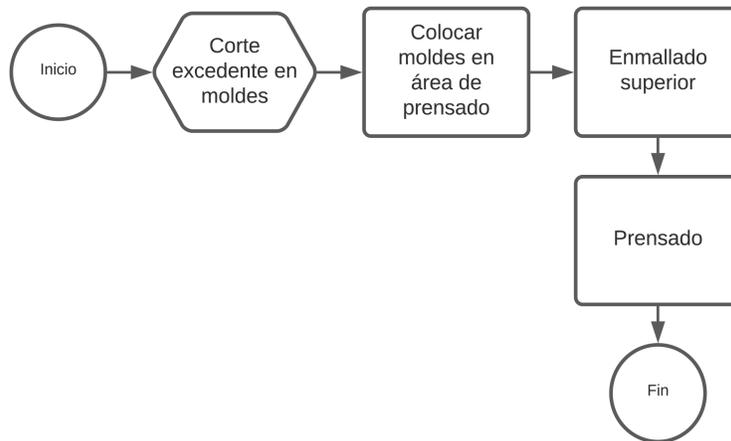
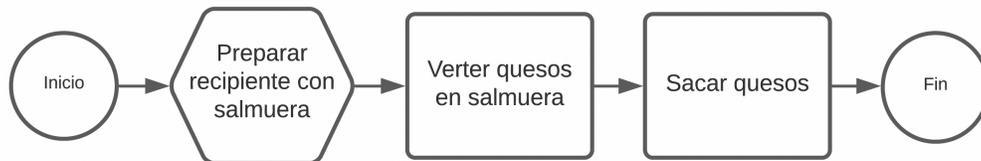
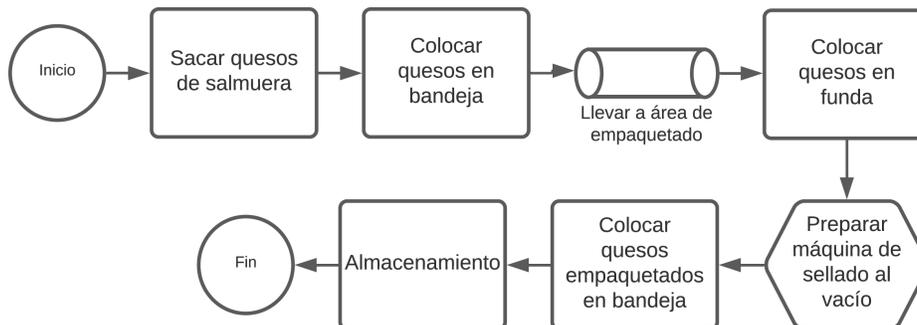


### ANEXO A2: DIAGRAMA DE FLUJO CUAJADO



### ANEXO A3: DIAGRAMA DE FLUJO DESUERADO



**ANEXO A4: DIAGRAMA DE FLUJO MOLDEADO****ANEXO A5: DIAGRAMA DE FLUJO PRENSADO****ANEXO A6: DIAGRAMA DE FLUJO SALADO****ANEXO A7: DIAGRAMA DE FLUJO EMPAQUETADO**

## ANEXO A8: PROJECT CHARTER

<b>Project Charter</b>
<p><b>Nombre del Proyecto</b></p> <p>Implementación de la metodología DMAIC en una empresa láctea: Reducción de defectos y tiempo del proceso productivo.</p>
<p><b>Responsable del Proyecto</b></p> <p>José Gabriel Obando</p>
<p><b>Objetivo del Proyecto</b></p> <p>Determinar acciones de mejora para reducir el tiempo de proceso y la variabilidad del peso de los productos, para disminuir la disconformidad de los clientes, mediante la aplicación de la metodología DMAIC en el proceso de elaboración de Queso fresco.</p>
<p><b>Descripción del producto final y requerimientos</b></p> <p>Se busca obtener una serie de propuestas de mejora que benefician al funcionamiento del proceso productivo de Queso Fresco de 450g, con la aplicación de la metodología DMAIC, realizando sus diferentes fases y utilizando los conocimientos y herramientas de ingeniería industrial, sin dejar de lado la seguridad del personal de la empresa.</p>
<p><b>Entregables</b></p> <p>Proyecto Integrador donde se detalla la elaboración de la investigación.  Propuestas de mejora que se proporciona a la gerencia de la empresa  Plan de control que se entrega a la empresa.</p>
<p><b>Recursos</b></p> <p>Al tratarse de un proyecto integrador como requisito para titulación, no existen recursos asignados para su elaboración. Las mejoras aceptadas por la empresa se implementarán con recursos de la misma.</p>
<p><b>Partes involucradas</b></p> <p>Responsable del proyecto.  Tutor del proyecto integrador.  Junta directiva del proyecto integrador.  Gerencia de la empresa.</p>

Colaboradores de la empresa.

### Amenazas del Proyecto

Retrasos en la presentación de entregables.

Que no se encuentren mejoras significativas que beneficien al proceso productivo.

Que las mejoras planteadas no sean aceptadas por la gerencia de la empresa.

### Tiempo del Proyecto

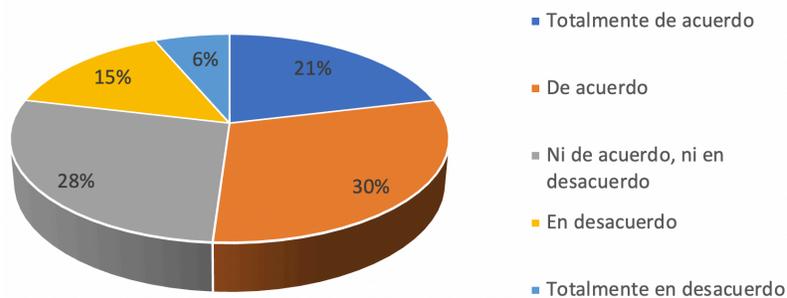
El proyecto inicia el 23 de agosto de 2021 con la elección del tema y finaliza el 20 de diciembre de 2021 con la entrega final a biblioteca.

### Nombre

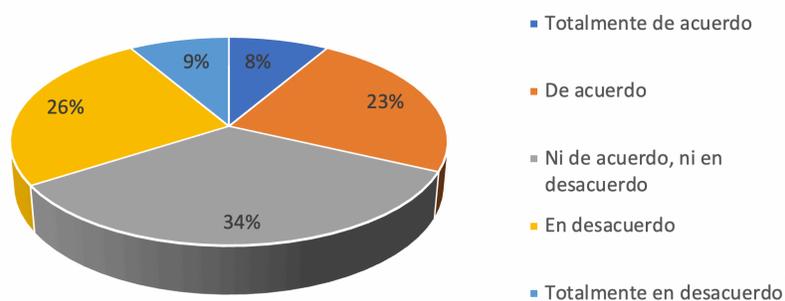
José Gabriel Obando

## ANEXO A9: RESULTADOS ENTREVISTAS A CLIENTES

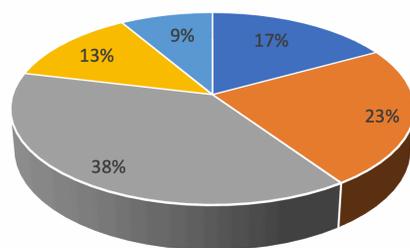
### Pregunta 1



### Pregunta 2

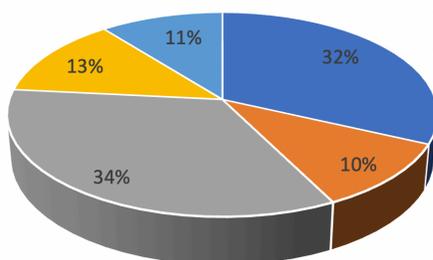


### Pregunta 3



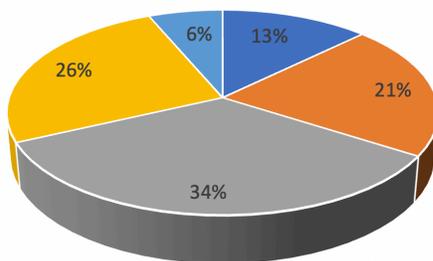
- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

### Pregunta 4



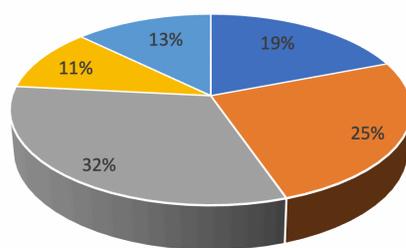
- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

### Pregunta 5



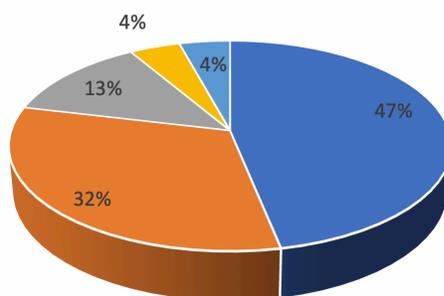
- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

### Pregunta 6



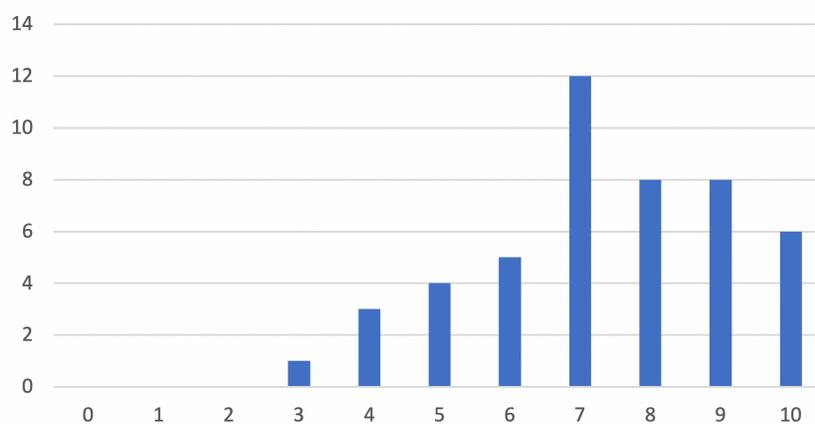
- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

### Pregunta 7



- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

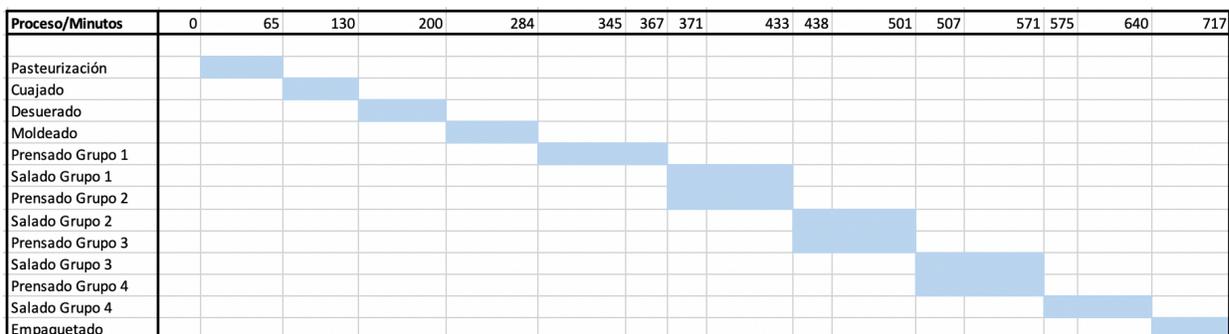
### Recomendación de la empresa



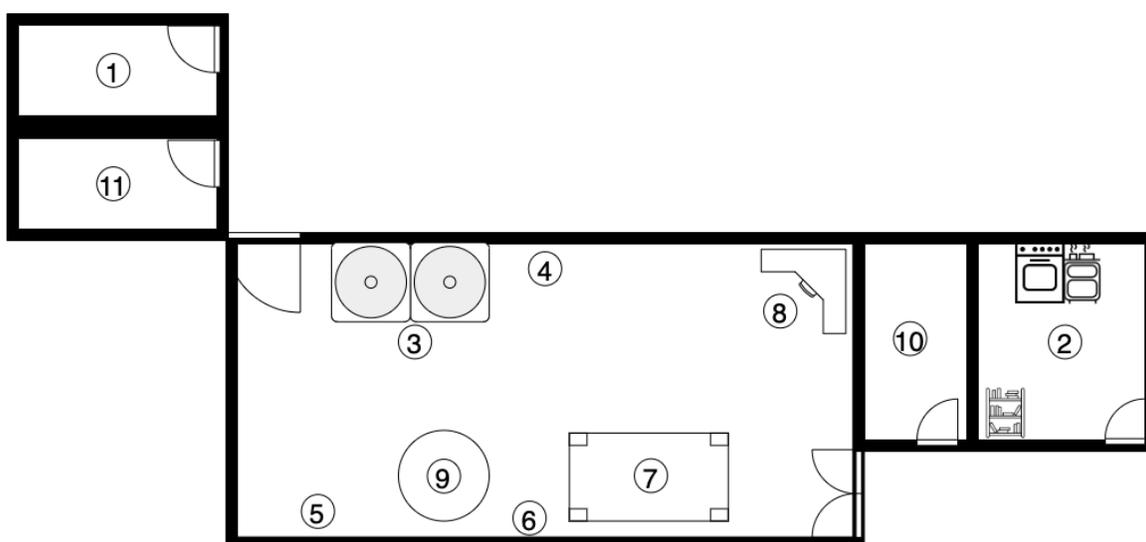
## ANEXO A10: TIEMPOS DEL PROCESO

Proceso	Actividad	Minutos	Desv. Estandar
Pasteurización	Extraer leche de almacenamiento	5:05:40	0:02:31
	Transportar leche	0:44:00	0:03:36
	Verter leche en máquina pasteurizadora	0:36:00	0:03:36
	Espera	43:14:20	0:07:34
	Enfriamiento	15:11:00	0:11:00
	Sacar leche pasteurizada	1:05:00	0:04:00
<b>Total</b>		<b>65:56:00</b>	<b>0:09:51</b>
Cuajado	Llenar recipiente de cuajado	1:05:00	0:05:17
	Traer cloruro de calcio	0:32:00	0:02:39
	Añadir cloruro de calcio	0:45:40	0:03:31
	Mezclar	5:04:00	0:03:36
	Traer cuajo líquido	0:34:40	0:04:02
	Añadir cuajo líquido	0:36:00	0:03:00
	Espera	30:37:20	0:05:46
	Traer lira para corte de cuajada	0:25:00	0:02:00
	Cortar cuajada	16:11:20	0:07:22
	Reposo	10:22:00	0:06:33
<b>Total</b>		<b>66:13:00</b>	<b>0:12:46</b>
Desuerado	Batido cuajada cortada	10:54:20	0:03:03
	Traer manguera para succión de suero	0:42:40	0:04:44
	Primera succión de suero	27:35:00	0:03:36
	Traer agua para lavado de cuajada	0:55:20	0:03:31
	Lavado cuajada	7:51:20	0:05:02
	Segunda succión de suero	24:16:40	0:05:30
<b>Total</b>		<b>72:15:20</b>	<b>0:10:47</b>
Moldeado	Traer moldes	0:33:00	0:05:34
	Preparar moldes en mesa	3:38:00	0:05:34
	Traer recipiente para cuajada	0:24:00	0:02:00
	Verter cuajada en moldes	2:23:40	0:03:47
	Voltear moldes individualmente	6:40:40	0:03:31
	Espera	50:12:20	0:10:04
	Desmoldar y enmallar individualmente	5:34:40	0:06:02
	Colocar quesos con mallas en moldes individualmente	6:22:40	0:06:02
<b>Total</b>		<b>75:49:00</b>	<b>0:07:00</b>
Prensado	Cortar excedentes en moldes individualmente	13:19:00	0:06:05





## ANEXO A12: LAYOUT ÁREA DE PRODUCCIÓN



- 1) Cuarto frío 1
- 2) Zona Pasteurización
- 3) Cuajado/Desuerado
- 4) Lira, manguera, recipiente para cuajada
- 5) Agua para lavado
- 6) Moldes apilados
- 7) Área Moldeado
- 8) Área Prensado
- 9) Área Salado
- 10) Área Empaquetado
- 11) Cuarto frío 2

## ANEXO A13: DISTANCIAS RECORRIDAS

Proceso	Dist. recorrida (metros)	Descripción
Pasteurización	22	Llevar la leche de la zona de almacenamiento a la zona de pasteurización.
	10	Llevar leche pasteurizada a la zona de Cuajado
	7	Operador se dirige desde la zona de cuajado al cuarto de almacenamiento a traer el cloruro de calcio.

Cuajado	7	Operador lleva el cloruro de calcio a la zona de cuajado
	7	Operador se dirige desde la zona de cuajado al cuarto de almacenamiento a traer el cuajo líquido.
	7	Operador lleva el cuajo líquido a la zona de cuajado
	3	Operador se dirige a traer la lira para cortar cuajada y la lleva a la zona de cuajado.
	3	Operador regresa a su lugar a la lira para cortar cuajada.
Desuerado	4	Operador se dirige a coger la manguera para succionar el suero y la lleva al área de desuerado.
	10	Operador se dirige a traer agua para lavado de cuajada y llevarla en recipientes al área de desuerado.
	4	Operador devuelve la manguera para succionar el suero a su lugar.
Moldeado	10	Tomar los moldes y colocarlos en mesa de moldeado.
	4	Operador se dirige a traer recipientes para llevar cuajada.
	20	Llevar cuajada desde zona de cuajado hasta la mesa de moldeado.
Prensado	20	Llevar grupos de moldes desde moldeado a la zona de prensado.
Salado	20	Operador lleva los grupos de quesos a la zona de salado.
Empaquetado	7	Operador lleva los quesos a la zona de empaquetado.

#### ANEXO A14: PROBABILIDAD Y CONSECUENCIA DE RIESGOS

	Probabilidad	Consecuencia
1	Baja	Ligera
2	Baja	Dañina
3	Baja	Dañina
4	Baja	Dañina
5	Baja	Dañina
6	Baja	Dañina

### ANEXO A15: MATRIZ DE ESTIMACIÓN DE RIESGOS

	Consecuencias		
Probabilidad	Ligeras	Dañinas	Extremas
Baja	Riesgo trivial	Riesgo Tolerable	Riesgo Moderado
Media	Riesgo Tolerable	Riesgo Moderado	Riesgo Importante
Alta	Riesgo Moderado	Riesgo Importante	Riesgo Intolerable

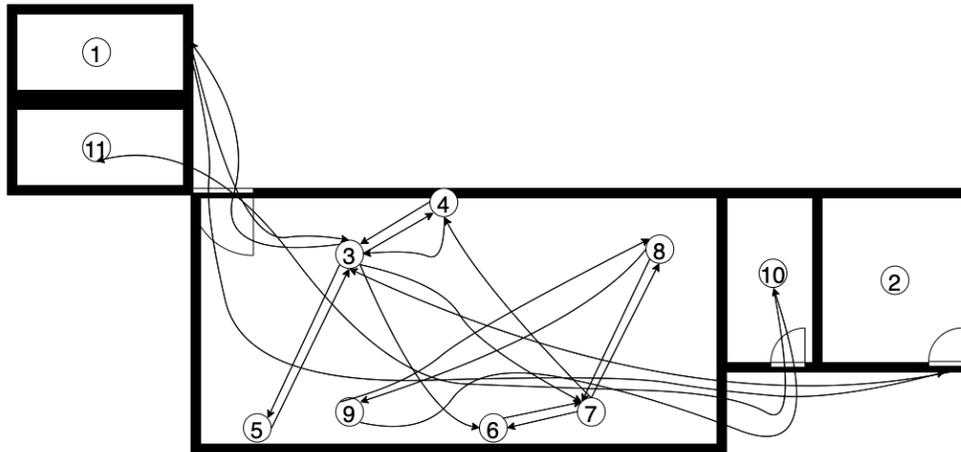
### ANEXO A16: AMEF QUESO FRESCO

Análisis de Modo y Efecto de Fallas								
<b>Proceso:</b>	Elaboración Queso Fresco 450g							
<b>Elaborado por:</b>	José Gabriel Obando							
Pasos Clave del Proceso	Modos de Falla Potenciales	Efectos de Fallas Potenciales	SEV	Causas Potenciales	OCU	Controles de Ocurrencia	DET	NPR
¿Cuál es el paso del proceso?	¿De qué manera puede fallar?	¿Cuál es el impacto en el proceso?	¿Qué tan severo es el efecto?	¿Qué puede causar la falla?	¿Que tan seguido o ocurre?	¿Cuáles son los controles existentes?	Grado de detección	
Pasteurización	Falta de leche para pasteurizar	No se realiza la pasteurización ni el resto del proceso por la falta de materia prima	5	Incumplimiento de proveedores	1	Se mantiene un colchón de seguridad de materia prima	1	5
Pasteurización	Daño de pasteurizadora	No se puede realizar proceso de pasteurización y por lo tanto ningún proceso subsecuente	10	Falla de maquinaria	1	Se realizan controles preventivos de las máquinas existentes en la empresa	1	10
Pasteurización	Derrame de leche	Se pierde materia prima	2	Errores de operarios	4	Ninguno	2	16
Cuajado	Derrame en recipiente de cuajado	Se pierde materia prima	2	Errores de operarios	4	Ninguno	2	16

Cuajado	Cantidad errónea de calcio	Cambios en las propiedades del producto	3	Elección errónea de recipiente medidor	3	Ninguno	5	<b>45</b>
Cuajado	Cantidad errónea de cuajo	Cambios en las propiedades del producto	3	Elección errónea de recipiente medidor	3	Ninguno	5	<b>45</b>
Cuajado	Falta de mezclado	Retraso en tiempo de separación cuajado	3	Mezclado muy lento, tiempo de mezclado muy corto	4	Operador conoce el ritmo de mezclado, control de tiempo mediante un reloj	3	<b>36</b>
Cuajado	Cortado de cuajada sin completar	Proceso se retarda	3	Poco tiempo de cortado	4	Ninguno	3	<b>36</b>
Desuerado	Falta de mezclado de cuajada cortada	Retraso en tiempo de succión del suero	3	Mezclado muy lento, tiempo de mezclado muy corto	4	Operador conoce el ritmo de mezclado, control de tiempo mediante un reloj	3	<b>36</b>
Moldeado	Caída de moldes de mesa	Retraso de proceso, desperdicio de materia prima	4	Mala disposición de moldes en mesa	7	Ninguno	3	<b>84</b>
Moldeado	Desperdicio de cuajada en espacios entre moldes	Desperdicio de material	3	Espacios entre los moldes en mesa de moldeado	9	Ninguno	3	<b>81</b>
Moldeado	Derrames al voltear quesos	Desperdicio de material	2	Consistencia de cuajada	4	Ninguno	3	<b>24</b>
Moldeado	Exceso de material en moldes	Quesos con peso por encima de las especificaciones. Desperdicio de material debido a que se corta el exceso	4	Falta de uniformidad en vertido de cuajada en moldes. Corte de excedente muy bajo	6	Ninguno	3	<b>72</b>
Moldeado	Falta de material en moldes	Quesos con peso por debajo de las especificaciones	4	Falta de uniformidad en vertido de cuajada en moldes. Corte de excedente muy grande	8	Ninguno	4	<b>128</b>
Prensado	Número incorrecto de moldes en prensa	Mal prensado debido a que se calibra el peso para los moldes que deben estar en la prensa.	6	Mala disposición de moldes en prensa	6	Ninguno	5	<b>180</b>
Prensado	Exceso de material en moldes en prensa	Quesos con peso por encima de las especificaciones. Desperdicio de material debido a que se generan orejas en los quesos y deben ser cortadas, produciendo desperdicios	6	Falta de uniformidad en vertido de cuajada en moldes. Corte de excedente muy bajo	6	Ninguno	5	<b>180</b>

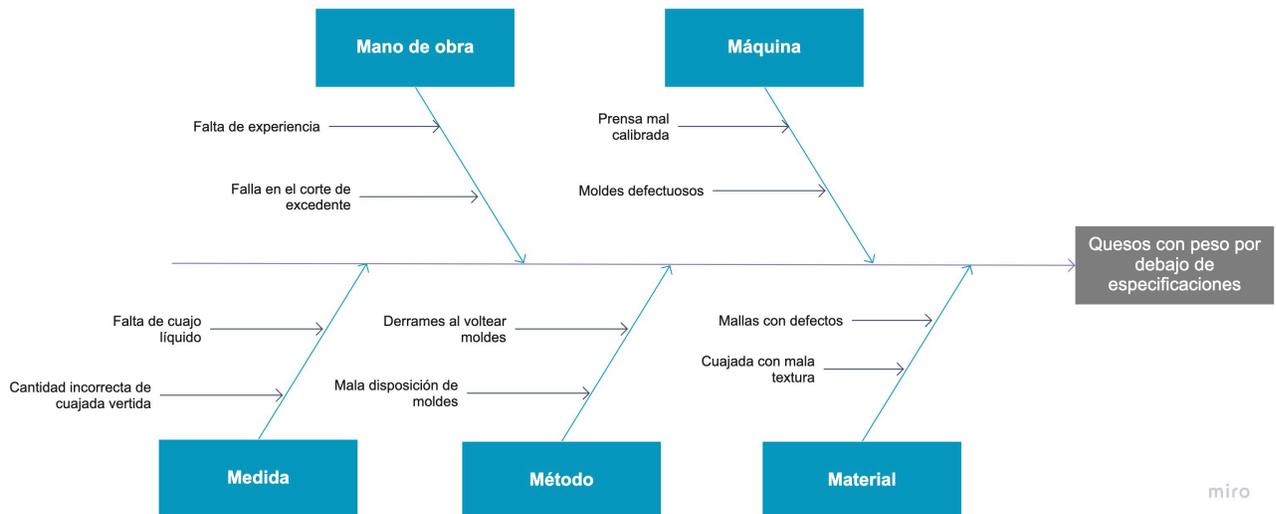
Prensado	Falta de material en moldes en prensa	Quesos con peso por debajo de las especificaciones	7	Falta de uniformidad en vertido de cuajada en moldes. Corte de excedente muy grande	8	Ninguno	4	<b>224</b>
Prensado	No se coloca malla superior	Cambios en forma de quesos	3	Errores de operarios	2	Ninguno	4	<b>24</b>
Salado	Se colocan quesos en recipiente de salado de mala manera	Forma de quesos alterada por golpes	4	Errores de operarios, mala disposición de quesos en recipiente	2	Ninguno	3	<b>24</b>
Salado	Exceso de tiempo en salmuera	Quesos muy salados	6	No se sigue el tiempo recomendado	2	Se controla el tiempo con un reloj	5	<b>60</b>
Salado	Falta de tiempo en salmuera	Quesos con poca sal	6	No se sigue el tiempo recomendado	2	Se controla el tiempo con un reloj	5	<b>60</b>
Empaquetado	Exceso de tiempo de empaçado	Pérdida de la cadena de frío, productos de baja calidad	7	Retrasos en empaçado	1	Ninguno	3	<b>21</b>
Empaquetado	Mal sellado de empaques	Producto defectuoso, descontento en clientes, devoluciones	7	Errores de operario, errores de maquinaria, fallas en funda	2	Ninguno	2	<b>28</b>
Empaquetado	Empaques pinchados	Producto defectuoso, descontento en clientes, devoluciones	7	Errores de operario, errores de maquinaria, fallas en funda, mal manejo de productos terminados puede dañar el empaque	2	Ninguno	2	<b>28</b>

### ANEXO A17: DIAGRAMA DE SPAGHETTI



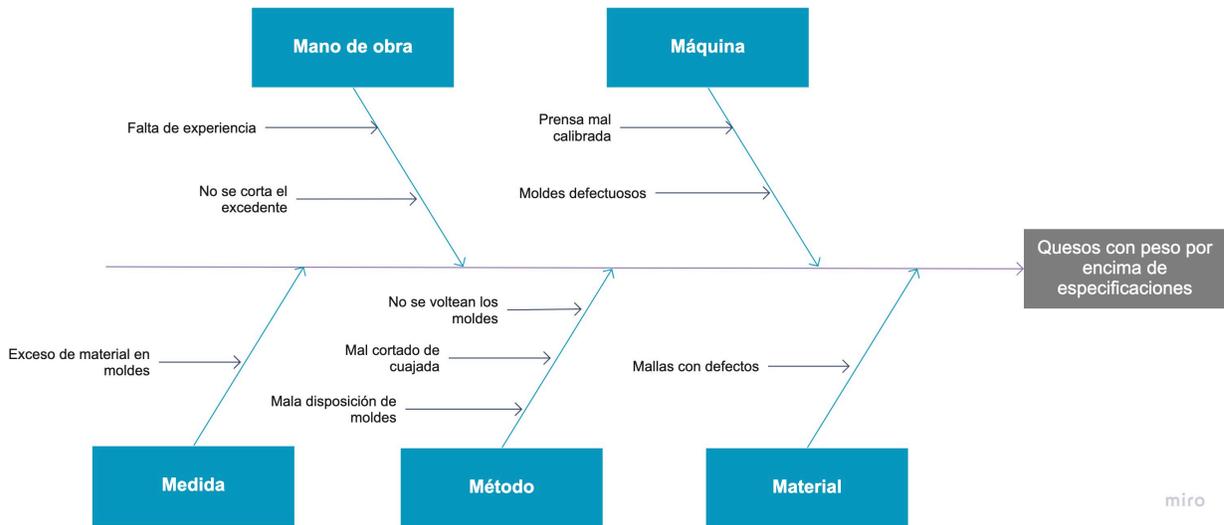
- 1) Cuarto frío 1
- 2) Zona Pasteurización
- 3) Cuajado/Desuerado
- 4) Lira, manguera, recipiente para cuajada
- 5) Agua para lavado
- 6) Moldes apilados
- 7) Área Moldeado
- 8) Área Prensado
- 9) Área Salado
- 10) Área Empaquetado
- 11) Cuarto frío 2

### ANEXO A18: DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO PESOS POR DEBAJO DE ESPECIFICACIONES

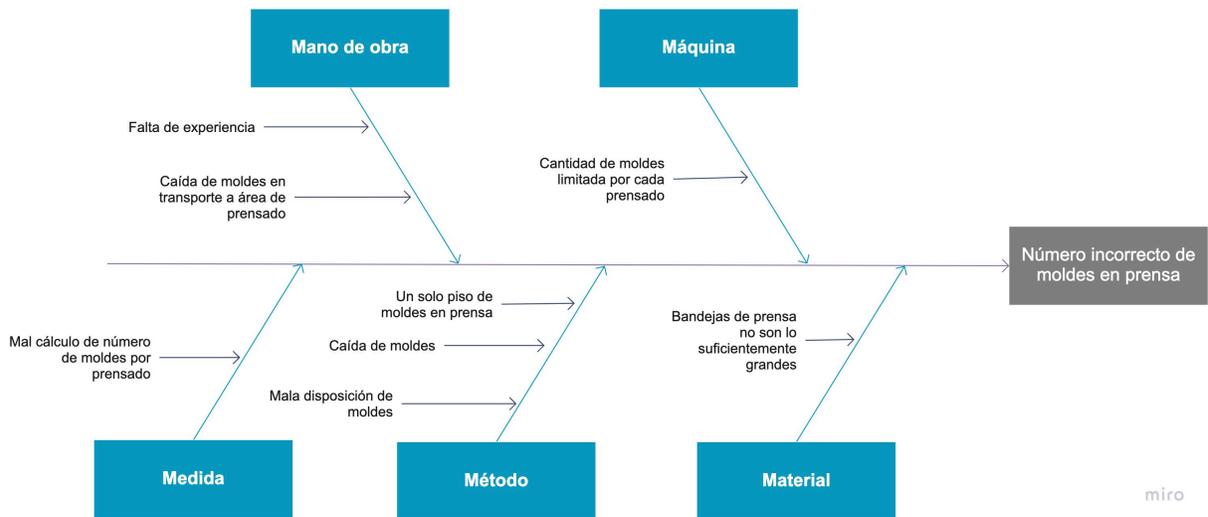


miro

### ANEXO A19: DIAGRAMA CAUSA-EFECTO PESOS POR ENCIMA DE ESPECIFICACIONES



### ANEXO A20: DIAGRAMA CAUSA-EFECTO NÚMERO INCORRECTO DE MOLDES EN PRENSA



### ANEXO A21: PORCENTAJE DE ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR

Proceso	Actividades por proceso	Actividades que agregan valor	Actividades que no agregan valor	Porcentaje de actividades que no agregan valor
Pasteurización	6	5	1	16,67%

Cuajado	10	6	4	40,00%
Desuerado	6	3	3	50,00%
Moldeado	8	4	4	50,00%
Prensado	17	16	1	5,88%
Salado	12	12	0	0,00%
Empaquetado	3	3	0	0,00%

## ANEXO A22: ANÁLISIS DE VALOR AGREGADO

Análisis de Valor Agregado									
Milmalac S.A.									
Proceso de elaboración de Queso Fresco 450g									
Situación actual		VA		NVA					Tiempo
No.	Actividad	VAC	VAE	P	I	E	M	A	Minutos
1	Extraer leche de almacenamiento		x						5:05:40
2	Transportar leche						x		0:44:00
3	Verter leche en máquina eurizadora	x							0:36:00
4	Espera		x						43:14:20
5	Enfriamiento		x						15:11:00
6	Sacar leche pasteurizada	x							1:05:00
7	Llenar recipiente de cuajado	x							1:05:00
8	Traer cloruro de calcio						x		0:32:00
9	Añadir cloruro de calcio	x							0:45:40
10	Mezclar	x							5:04:00
11	Traer cuajo líquido						x		0:34:40
12	Añadir cuajo líquido	x							0:36:00
13	Espera					x			30:37:20
14	Traer lira para corte de cuajada						x		0:25:00
15	Cortar cuajada	x							16:11:20
16	Reposo		x						10:22:00
17	Batido cuajada cortada	x							10:54:20
18	Traer manguera para succión de suero						x		0:42:40
19	Primera succión de suero	x							27:35:00
20	Traer agua para lavado de cuajada						x		0:55:20
21	Lavado cuajada	x							7:51:20
22	Segunda succión de suero					x			24:16:40
23	Traer moldes						x		0:33:00

24	Preparar moldes en mesa					x				3:38:00
25	Traer recipiente para cuajada						x			0:24:00
26	Verter cuajada en moldes	x								2:23:40
27	Voltear moldes individualmente						x			6:40:40
28	Espera		x							50:12:20
29	Desmoldar y enmallar individualmente	x								5:34:40
30	Colocar quesos con mallas en moldes individualmente	x								6:22:40
31	Cortar excedentes en moldes individualmente				x					13:19:00
32	Colocar primer grupo de moldes en prensa		x							3:50:00
33	Enmallado superior primer grupo	x								1:37:40
34	Prensado primer grupo	x								61:16:20
35	Retirar moldes de la prensa		x							3:04:20
36	Colocar segundo grupo de moldes en prensa		x							3:58:40
37	Enmallado superior segundo grupo	x								1:31:20
38	Prensado segundo grupo	x								60:15:20
39	Retirar moldes de la prensa		x							3:04:00
40	Colocar tercer grupo de moldes en prensa		x							3:46:40
41	Enmallado superior tercer grupo	x								1:44:20
42	Prensado tercer grupo	x								60:35:40
43	Retirar moldes de la prensa		x							3:26:00
44	Colocar cuarto grupo de moldes en prensa		x							3:29:00
45	Enmallado superior cuarto grupo	x								1:41:00
46	Prensado cuarto grupo	x								60:15:00
47	Retirar moldes de la prensa		x							3:35:40
48	Verter cuarto grupo en salmuera	x								1:37:00
49	Espera		x							60:12:00
50	Sacar quesos	x								3:35:00
51	Llevar a área de empaquetado		x							4:28:20
52	Empacado al vacío	x								63:32:20
53	Almacenamiento		x							8:24:00
Tiempo de proceso										712:32:00
Tiempo Valor Agregado										629:09:40
Tiempo No Valor Agregado										83:22:20
Índice de Valor Agregado										88%

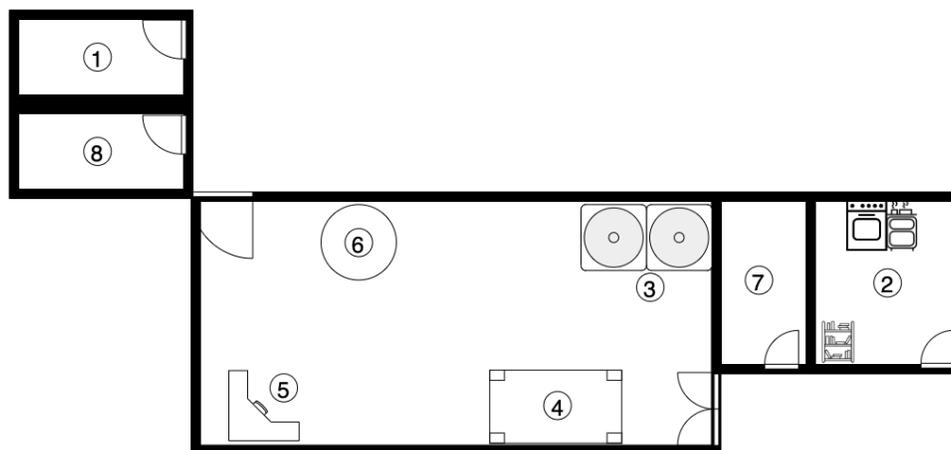
**ANEXO A23: ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR**

<b>Proceso</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
Cuajado	Traer cloruro de calcio.	El operario se dirige al área de almacenamiento a traer el cloruro de calcio hacia el área de cuajado.
Cuajado	Traer cuajo líquido.	El operario se dirige al área de almacenamiento a traer el cuajo líquido hacia el área de cuajado.
Cuajado	Traer lira para cortar cuajada.	El operario se dirige a traer la lira para cortar la cuajada desde el lugar donde se encuentra esta herramienta hasta el área de cuajado.
Desuerado	Traer manguera para succión de suero.	El operario debe traer la manguera de succión de suero desde el lugar donde se encuentra hasta el área de desuerado.
Desuerado	Traer agua para el lavado de cuajada.	El operario debe traer el agua filtrada para el lavado de la cuajada desde el lugar donde se encuentra hasta el área de desuerado.
Desuerado	Segunda succión de suero.	Se realiza una segunda succión de suero con la manguera de succión. En

		caso de existir otro método de desuerado se evitaría esta actividad.
Moldeado	Traer moldes para proceso de moldeado.	El operario se dirige a traer los moldes al lugar donde se encuentran apilados para llevarlos a la mesa de moldeado.
Moldeado	Preparar moldes en mesa.	Se debe preparar los moldes de manera individual en la mesa de moldeado para posteriormente verter la cuajada. Si se logra tener ordenados los moldes en conjunto se podría reducir el tiempo de la actividad.
Moldeado	Traer recipiente para cuajada.	El operario se dirige a traer el recipiente para transportar la cuajada desde la zona de desuerado hacia la zona de moldeado.
Moldeado	Voltear moldes individualmente.	Se debe voltear cada molde de manera individual, proceso que toma tiempo y se podría evitar si se logra realizarlo en conjunto.
Prensado	Cortar excedentes en moldes	Se debe cortar los excedentes de los moldes de manera individual después del prensado. Si se logra cortar en

		conjunto se podría reducir el tiempo de actividad.
--	--	--

### ANEXO A24: LAYOUT REDISEÑO DE PLANTA



- 1) Cuarto frío 1
- 2) Zona Pasteurización
- 3) Cuajado/Desuerado
- 4) Área Moldeado
- 5) Área Prensado
- 6) Área Salado
- 7) Área Empaquetado
- 8) Cuarto frío 2

### ANEXO A25: DISTANCIAS RECORRIDAS DESPUÉS DE CAMBIOS

Proceso	Dist. recorrida (metros)	Descripción
Pasteurización	22	Llevar la leche de la zona de almacenamiento a la zona de pasteurización.
	5	Llevar leche pasteurizada a la zona de Cuajado
Cuajado	7	Operador se dirige desde la zona de cuajado al cuarto de almacenamiento a traer el cloruro de calcio.
	7	Operador lleva el cloruro de calcio a la zona de cuajado
	7	Operador se dirige desde la zona de cuajado al cuarto de almacenamiento a traer el cuajo líquido.
	7	Operador lleva el cuajo líquido a la zona de cuajado
	1	Operador se dirige a traer la lira para cortar cuajada y la lleva a la zona de cuajado.
	1	Operador regresa a su lugar a la lira para cortar cuajada.

Desuerado	7	Operador se dirige a traer agua para lavado de cuajada y llevarla en recipientes al área de desuerado.
Moldeado	5	Tomar las planchas de moldes y colocarlas en mesa de moldeado.
	3	Operador se dirige a traer recipientes para llevar cuajada.
	8	Llevar cuajada desde zona de cuajado hasta la mesa de moldeado.
Prensado	7	Llevar planchas de moldes desde moldeado a la zona de prensado.
Salado	6	Operador lleva los grupos de quesos a la zona de salado.
Empaquetado	7	Operador lleva los quesos a la zona de empaquetado.