



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

**Propuesta de mejora en la línea de producción mediante la metodología  
Six Sigma para la reducción de desperdicios en productos lácteos "FINO"**

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

**AUTORES:**

**Bayron Alexis Monteros Simba**

**Jessica Mireya Yugcha Casa**

**TUTOR:**

**Dr. Jonathan Alexander Ruiz Carrillo**

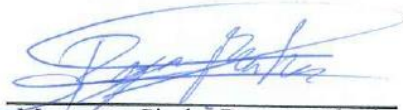
**LATACUNGA, MARZO 2026**

Latacunga, marzo 2026

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Monteros Simba Bayron Alexis, con cedula de ciudadanía No. 0503667404, Yugcha Casa Jessica Mireya, con cedula de ciudadanía No. 0504643941 declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“PROPUESTA DE MEJORA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN MEDIANTE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS EN PRODUCTOS LÁCTEOS "FINO"”**, siendo el Dr. Ruiz Carrillo Jonathan Alexander tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



Monteros Simba Bayron Alexis

CC:0503667404



Yugcha Casa Jessica Mireya

CC: 0504643941

Latacunga, marzo 2026

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACION**

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

**“PROPUESTA DE MEJORA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN MEDIANTE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS EN PRODUCTOS LÁCTEOS "FINO"”,** propuesto por los estudiantes Monteros Simba Bayron Alexis, Yugcha Casa Jessica Mireya, de la Carrera Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.



---

Dr. Ruiz Carrillo Jonathan Alexander  
CC: 0703323824

Latacunga, marzo 2026

### **AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES**

Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título **“PROPUESTA DE MEJORA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN MEDIANTE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS EN PRODUCTOS LÁCTEOS "FINO"”**, propuesto por los estudiantes Monteros Simba Bayron Alexis, Yugcha Casa Jessica Mireya de la Carrera de Ingeniería Industrial, me permito indicar que el o la estudiante ha concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad presencial en virtud de los postulantes puedan presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

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

Atentamente,



Lector 1 (Presidente)  
Ing. José Naranjo MsC.  
CC: 1804710463



Lector 2  
Ing. Ángel Hidalgo MsC.  
CC: 0503257404



Lector 3  
Ing. Cristian Eugenio MsC.  
CC: 1723727473



## CERTIFICADO DE LA EMPRESA

Latacunga, 12 de marzo de 2026

Sra. Casa Quilumba Rosa Elvia

Gerente General de Productos Lácteos "Fino"

Presente.-

A petición verbal de las partes interesadas, certifico que el señor Monteros Simba Bayron Alexis, con cédula de identidad N.º 0503667404 y la señorita Yugcha Casa Jessica Mireya, con cédula de identidad N.º 0504643941, estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, han desarrollado el proyecto de investigación titulado:

Propuesta de mejora en la línea de producción mediante la metodología Six Sigma para la reducción de desperdicios en Productos Lácteos "Fino".

El mencionado proyecto fue realizado como parte de su proceso de formación académica, aportando con propuestas orientadas a la mejora de los procesos productivos de la empresa.

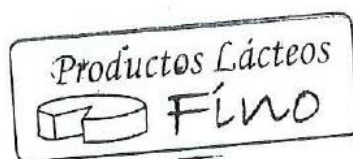
Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad. Se expide el presente certificado para los fines que las interesadas estimen convenientes.

Atentamente,

Sra. Casa Quilumba Rosa Elvia

Gerente Propietaria

C.I.: 0 501857684



## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, expresamos nuestro profundo agradecimiento a Dios por ser nuestro guía en momentos de dificultad por iluminar nuestros caminos en momentos en las que todo se venía a desfallecer. Agradecemos a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a su cuerpo de docentes de la Carrera de Ingeniería Industrial quienes han sido parte fundamental de nuestra formación académica y formación personal compartiendo sus conocimientos. A nuestro tutor de tesis por su dedicación y su orientación en este proyecto. A nuestros compañeros, gracias por compartir esta etapa con nosotras, por su apoyo, compañerismo y por los momentos que hicieron más llevadero este camino. Nuestro agradecimiento sincero a Productos Lácteos “Fino” por abrirnos las puertas a su honorable empresa por brindarnos información para lograr cumplir con este proyecto, el mismo que será de beneficio para su microempresa y sobre todo para sus líneas de producción.

**Bayron Monteros**

**Jessica Yugcha**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo es dedicado en primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza y el entendimiento por cada bendición y acompañarme durante este recorrido. Con todo mi amor a mis padres, Jesús Monteros y María Simba, por su amor incondicional, su esfuerzo y dedicación, por los innumerables sacrificios que han hecho para que pudiera alcanzar mis metas, este logro es el reflejo de su amor y dedicación, sin ustedes nada de esto hubiera sido posible.

A mis hermanas Karina, Mónica y Verónica por su cariño y siempre estar ahí para escucharme en momentos difíciles.

A mi pareja Brillith por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por su paciencia, compañía y aliento en los días más largos. A todas las personas que conocí en este camino, gracias por los aprendizajes, las conversaciones, las risas y ser parte de esta etapa, todas esas experiencias han contribuido a que hoy este aquí, cumpliendo uno de mis sueños.

**Bayron Monteros**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación, en primer lugar, a Dios, por brindarme la sabiduría y la fortaleza necesarias para culminar esta etapa tan importante en mi formación profesional.

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y sus sacrificios a lo largo de mi vida, quienes han sido el pilar fundamental para alcanzar este logro.

De manera especial, dedico este logro a mi pareja Ismael, quien ha sido fuente de inspiración, apoyo y compañía durante este proceso, brindándome ánimo y fortaleza para no rendirme.

Finalmente, a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo, les expreso mi más sincero agradecimiento.

**Jessica Yugcha**

# UNIVERSIDA TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

**TITULO: “Propuesta de mejora en la línea de producción mediante la metodología Six Sigma para la reducción de desperdicios en productos lácteos "FINO"”.**

**AUTORES:**

**Bayron Alexis Monteros Simba**

**Jessica Mireya Yugcha Casa**

### RESUMEN

La presente investigación se planteó diseñar una propuesta de mejora en la línea de producción de queso fresco (500g) para PRODUCTOS LÁCTEOS "FINO" (Latacunga, Ecuador), a través de la metodología Six Sigma (ciclo DMAIC), con el fin de reducir los elevados índices de desperdicio de materia prima que afectan su desempeño operativo. La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo-explicativo. En el proceso de obtención de datos se emplearon: el diagrama SIPOC, el diagrama de Pareto comparativo e Ishikawa y la ficha de observación en planta (Gemba Walk). Los resultados revelaron que la línea analizada concentra el 56% del desperdicio total de la empresa, con un índice de pérdida de 12,78% (8,45 % merma y 3,84% reproceso). Se identificaron las causas raíz críticas en las etapas del prensado y desmolde, bajo un nivel de toda su capacidad para un proceso deficiente ( $C_{pk} = 0,23$ ). En respuesta, se diseñaron dos mejoras de alta prioridad: M-01: implementación de una prensa neumática para el proceso de prensado y M-02, programa de capacitación para el proceso de desmolde. Se proyecta una reducción del desperdicio del 12,78% al 8,45%, y un retorno de inversión estimado del +3,07% al finalizar el primer año. Se concluye que la aplicación sistemática del ciclo DMAIC permite transformar ineficiencias operativas en las mejoras factibles y rentables.

**Palabras clave:** desperdicio en materias primas, eficiencia en la producción, industria de lácteos, Six Sigma, variabilidad del proceso.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**TITLE: “Proposal for Improvement in the Production Line Using the Six Sigma Methodology for Waste Reduction in 'FINO' Dairy Products”**

**AUTHORS:**  
**Bayron Alexis Monteros Simba**  
**Jessica Mireya Yugcha Casa**

**ABSTRACT**

This research aimed to design an improvement proposal for the (500g) fresh cheese production line at PRODUCTOS LÁCTEOS "FINO" (Latacunga, Ecuador), using the Six Sigma methodology (DMAIC cycle), in order to reduce the high rates of raw material waste that negatively impact its operational performance. The research adopted a quantitative approach with a descriptive-explanatory scope. Data collection methods included the SIPOC diagram, the comparative Pareto and Ishikawa diagrams, and the Gemba Walk (plant observation sheet). The results revealed that the analyzed line accounts for 56% of the company's total waste, with a loss rate of 12.78% (8,45% shrinkage and 3,84% reprocessing). The critical root causes were identified in the pressing and demolding stages, at a level of full capacity for a deficient process ( $Cpk = 0.23$ ). In response, three high-priority improvements were designed: M-01: implementation of a pneumatic press for the pressing process; and M-02: training program for the demolding process. A reduction in waste from 12.78% to 8,45% is projected, with an estimated return on investment of +3,07% by the end of the first year. It is concluded that the systematic application of the DMAIC cycle allows for the transformation of operational inefficiencies into feasible and profitable improvements.

**Keywords:** raw material waste, production efficiency, dairy industry, Six Sigma, process variability

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

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

La traducción del resumen al idioma inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“PROPUESTA DE MEJORA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN MEDIANTE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS EN PRODUCTOS LÁCTEOS “FINO”**” presentado por: **Monteros Simba Bayron Alexis** y **Yugcha Casa Jessica Mireya**, egresados de la Carrera de: **Industrial**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicada**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, marzo del 2026

Atentamente,

  
-----  
**María Fernanda Aguaiza Iza**

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
**CI:050345849-9**



CENTRO  
DE IDIOMAS

## ÍNDICE

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | INFORMACIÓN GENERAL .....   | 1  |
| 2     | INTRODUCCIÓN .....  | 2  |
| 2.1   | HISTORIA Y CONTEXTO DE LA EMPRESA .....   | 3  |
| 2.1.1 | Organigrama de la empresa .....   | 3  |
| 2.2   | EL PROBLEMA .....   | 4  |
| 2.2.1 | Situación problemática .....  | 4  |
| 2.2.2 | Formulación del Problema .....  | 5  |
| 2.2.3 | Objeto y campo de acción.....   | 5  |
| 2.3   | JUSTIFICACIÓN .....   | 6  |
| 2.4   | BENEFICIARIOS.....  | 7  |
| 2.4.1 | Beneficiarios Directos .....  | 7  |
| 2.4.2 | Beneficiarios Indirectos .....  | 7  |
| 2.5   | OBJETIVOS .....   | 8  |
| 2.5.1 | Objetivo General.....   | 8  |
| 2.5.2 | Objetivos Específicos.....  | 8  |
| 2.6   | SISTEMA DE TAREAS.....  | 8  |
| 3     | FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....  | 9  |
| 3.1   | DESPERDICIOS EN PLANTAS DE ALIMENTOS (MERMA, REPROCESO, SCRAP) ..   | 9  |
| 3.2   | PROCESO PRODUCTIVO .....  | 10 |
| 3.2.1 | Clasificación de los procesos (productivos, de apoyo, estratégicos) .....                                       | 10 |
| 3.2.2 | Etapas del proceso de producción industrial .....   | 10 |
| 3.2.3 | Factores que influyen en la eficiencia del proceso .....  | 10 |
| 3.2.4 | Procedimientos operativos estandarizados (POE).....   | 11 |
| 3.3   | FILOSOFÍA LEAN .....  | 11 |
| 3.4   | SIX SIGMA .....   | 12 |
| 3.4.1 | Metodología Six Sigma .....   | 12 |
| 3.4.2 | Historia y evolución de Six Sigma.....  | 13 |
| 3.4.3 | Importancia de Six Sigma en la industria.....   | 13 |
| 3.4.4 | Six Sigma y la calidad en procesos alimenticios.....  | 13 |
| 3.4.5 | Fundamentos teóricos: variabilidad, defectos y eficiencia .....   | 14 |
| 3.4.6 | Enfoques metodológicos: DMAIC y DMADV .....   | 14 |
| 3.5   | DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DMAIC .....  | 15 |
| 3.5.1 | Diagrama de Pareto .....  | 16 |
| 3.5.2 | Diagrama Ishikawa .....   | 17 |
| 3.6   | ANÁLISIS COMPARATIVO DE INVESTIGACIONES SIMILARES EN LA<br>APLICACIÓN DE SIX SIGMA EN LA INDUSTRIA LÁCTEA ..... | 18 |
| 4     | MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS .....  | 20 |
| 4.1   | TIPO DE INVESTIGACIÓN.....  | 20 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.2   | ALCANCE .....   | 21 |
| 4.3   | POBLACIÓN Y MUESTRA DE PRODUCTOS .....  | 22 |
| 4.3.1 | Población.....  | 22 |
| 4.3.2 | Muestra.....  | 23 |
| 4.4   | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....   | 23 |
| 4.4.1 | Mapeo y delimitación del sistema productivo.....  | 23 |
| 4.4.2 | Recolección sistemática de datos productivos y desperdicios.....                        | 24 |
| 4.4.3 | Análisis comparativo y priorización .....   | 24 |
| 4.4.4 | Diseño y Priorización de Propuestas de Mejora.....                                      | 24 |
| 4.4.5 | Identificación y análisis de causa raíz.....  | 25 |
| 4.5   | ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS .....   | 25 |
| 4.6   | LÍNEAS DE PRODUCCIÓN .....  | 25 |
| 4.7   | MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN.....   | 26 |
| 5     | ANÁLISIS DE RESULTADOS.....   | 28 |
| 5.1   | IMPLEMENTACIÓN DEL CICLO DMAIC EN EL ANÁLISIS DE RESULTADOS.....                        | 28 |
| 5.2   | LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LA EMPRESA.....   | 29 |
| 5.2.1 | Procesos estratégicos .....   | 29 |
| 5.2.2 | Procesos operativos .....   | 30 |
| 5.2.3 | Procesos de apoyo .....   | 32 |
| 5.3   | MAPA DE PROCESOS DE PRODUCTOS LÁCTEOS “FINO”.....                                       | 32 |
| 5.3.1 | Layout del área de producción de PRODUCTOS LÁCTEOS “FINO”.....                          | 33 |
| 5.4   | DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA.....                              | 35 |
| 5.4.1 | Proceso de elaboración de queso fresco de 500 g .....                                   | 35 |
| 5.4.2 | Diagrama de flujo del queso fresco 500 g.....   | 40 |
| 5.4.3 | Proceso de elaboración del queso mozzarella 500 g .....                                 | 42 |
| 5.4.4 | Proceso de elaboración del yogur .....  | 48 |
| 5.4.5 | Proceso de elaboración de la crema de leche 450 g .....                                 | 54 |
| 5.4.6 | Instrumento A Ficha de Control de Desperdicios por Línea (fase Measure del DMAIC)<br>58 |    |
| 5.4.7 | Instrumento B Diagrama de Pareto (comparativas entre líneas) .....                      | 59 |
| 5.4.8 | Síntesis del diagnóstico Línea crítica identificada .....                               | 60 |
| 5.5   | LEVANTAMIENTO DE PROCESOS ÚNICAMENTE DE LA LÍNEA CRITICA<br>IDENTIFICADA .....          | 60 |
| 5.5.1 | Recepción de la materia prima.....  | 60 |
| 5.5.2 | Clasificación de materias primas .....  | 62 |
| 5.5.3 | Descremado .....  | 63 |
| 5.5.4 | Temperado de la leche cruda .....   | 64 |
| 5.5.5 | Adición de sal cálcica y cuajo.....   | 65 |
| 5.5.6 | Cuajado, reposo y corte .....   | 66 |
| 5.5.7 | Desuerado y distribución de cuajada.....  | 67 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 5.5.8  | Porcionado, pesaje y prensado .....  | 68  |
| 5.5.9  | Inmersión en salmuera .....  | 69  |
| 5.5.10 | Enfriamiento.....  | 70  |
| 5.5.11 | Enfundado, empacado al vacío y codificado .....  | 71  |
| 5.5.12 | Almacenamiento y despacho .....  | 72  |
| 5.6    | DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN .....  | 73  |
| 5.6.1  | Instrumento C Diagrama SIPOC del sistema productivo (fase Define del DMAIC) .....  | 73  |
| 5.6.2  | Instrumento D Cursograma Analítico Proceso, de Queso Fresco 500 g.....   | 74  |
| 5.6.3  | Instrumentos E Ficha de Control de Producción .....  | 75  |
| 5.6.4  | Síntesis del diagnóstico Línea crítica identificada .....  | 76  |
| 5.7    | ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO OPERATIVO DE LA LÍNEA DE QUESO FRESCO ....  | 76  |
| 5.7.1  | Instrumento F Hoja de Inspección de Calidad Línea Queso Fresco 500 g .....   | 76  |
| 5.7.2  | Instrumento G Gráfico de Control $\bar{X}$ -R y Análisis de Capacidad del Proceso .....                                      | 81  |
| 5.7.3  | Síntesis del Desempeño Operativo en Línea Queso Fresco 500 g.....  | 86  |
| 5.8    | ESTUDIO DE CAUSAS RAÍZ MEDIANTE INSTRUMENTOS SIX SIGMA.....  | 86  |
| 5.8.1  | Instrumento H Diagrama de Ishikawa (Análisis 6M).....  | 86  |
| 5.8.2  | Instrumento I Diagrama de Barras (fase Analyse del DMAIC) .....  | 88  |
| 6      | PROPUESTA.....   | 89  |
| 6.1    | PROPÓSITO DE LA RESPUESTA .....  | 89  |
| 6.2    | DESARROLLO DETALLADO DE MEJORAS PRIORITARIAS .....   | 90  |
| 6.2.1  | Mejora 1. M-01. Adquisición de una prensa neumática para el control del proceso de prensado en la línea de queso fresco..... | 90  |
| 6.2.2  | Mejora 2. M-02. Programa de capacitación para la estandarización del proceso de desmolde del queso fresco.....               | 92  |
| 6.3    | INSTRUMENTO J CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DIAGRAMA DE GANT<br>94  |     |
| 6.4    | INSTRUMENTO K PLAN DE CONTROL Y SEGUIMIENTO (FASE CONTROL DEL DMAIC).....  | 95  |
| 6.5    | PROYECCIÓN DE LOS RESULTADOS ESPERADOS .....   | 97  |
| 6.5.1  | Análisis costo-beneficio proyectado .....  | 97  |
| 6.5.2  | Proyección histórica de pérdidas por desperdicio 2022–2028.....  | 98  |
| 7      | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....   | 99  |
| 7.1    | CONCLUSIONES .....   | 99  |
| 7.2    | RECOMENDACIONES .....  | 100 |
| 8      | REFERENCIAS .....  | 102 |
| 9      | ANEXOS .....   | 1   |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Beneficiarios directos .....  | 7  |
| Tabla 2. Beneficiarios indirectos .....  | 8  |
| Tabla 3. Sistema de tareas .....   | 8  |
| Tabla 4. (Continuación). Sistema de tareas .....   | 9  |
| Tabla 5. Detalle del Enfoque DMAIC .....   | 14 |
| Tabla 6. Detalle del Enfoque DMADV .....   | 15 |
| Tabla 7. Desarrollo de la Metodología DMAIC .....  | 16 |
| Tabla 8. Análisis Comparativo de Investigaciones Similares .....                             | 19 |
| Tabla 9. (Continuación) Análisis Comparativo de Investigaciones Similares .....              | 20 |
| Tabla 10. Matriz de operacionalización, objetivo específico 1 .....                          | 26 |
| Tabla 11. Matriz de operacionalización, objetivo específico 2 .....                          | 27 |
| Tabla 12. Matriz de operacionalización, objetivo específico 3 .....                          | 27 |
| Tabla 13. Implementación del ciclo DMAIC .....   | 28 |
| Tabla 14. Procesos estratégicos (PE).....  | 30 |
| Tabla 15. Procesos operativos (PO) .....   | 31 |
| Tabla 16. Procesos apoyo (PA) .....  | 32 |
| Tabla 17. Resumen de indicadores de desperdicio por la línea de producción .....             | 58 |
| Tabla 18. Datos del Diagrama de Pareto – Desperdicio por la línea de producción .....        | 59 |
| Tabla 19. Evidencias de la Línea de crítica identificada.....                                | 60 |
| Tabla 20. Levantamiento de procesos: Recepción de materia prima. ....                        | 61 |
| Tabla 21. Levantamiento de procesos: Clasificación de materias primas .....                  | 62 |
| Tabla 22. Levantamiento de procesos: Descremado.....   | 63 |
| Tabla 23. Levantamiento de procesos: Temperado de leche cruda.....                           | 64 |
| Tabla 24. Levantamiento de procesos: Adición de sal cálcica y cuajo .....                    | 65 |
| Tabla 25. Levantamiento de procesos: Cuajado, reposo y corte .....                           | 66 |
| Tabla 26. Levantamiento de procesos: Desuerado y distribución de cuajada .....               | 67 |
| Tabla 27. Levantamiento de procesos: Porcionado, pesaje y prensado .....                     | 68 |
| Tabla 28. Levantamiento de procesos: Inmersión en salmuera .....                             | 69 |
| Tabla 29. Levantamiento de procesos: Enfriamiento en cámara frigorífica.....                 | 70 |
| Tabla 30. Levantamiento de procesos: Enfundado, empacado al vacío y codificado .....         | 71 |
| Tabla 31. Levantamiento de procesos: Almacenamiento y despacho .....                         | 72 |
| Tabla 32. Diagrama SIPOC – Cuatro líneas de producción activas.....                          | 73 |
| Tabla 33. Cursograma Analítico — Línea de Queso Fresco 500 g (300 L de leche).....           | 74 |
| Tabla 34. Resumen del Cursograma Analítico, distribución de actividades y tiempos.....       | 75 |
| Tabla 35. Ficha de Control de Producción – Queso Fresco 500 g (muestra representativa) ..... | 75 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 36. Evidencias de la Línea crítica identificada .....   | 76 |
| Tabla 37. Hoja de Inspección de Calidad del Queso Fresco 500 g .....  | 77 |
| Tabla 38. (Continuación). Hoja de Inspección de Calidad del Queso Fresco 500 g .....                        | 78 |
| Tabla 39. (Continuación). Hoja de Inspección de Calidad del Queso Fresco 500 g .....                        | 79 |
| Tabla 40. (Continuación). Hoja de Inspección de Calidad del Queso Fresco 500 g .....                        | 80 |
| Tabla 41. (Continuación). Hoja de Inspección de Calidad del Queso Fresco 500 g .....                        | 81 |
| Tabla 42. Datos para gráficos de control $\bar{X}$ -R — Rendimiento real (%) por subgrupo .....             | 82 |
| Tabla 43. Límites de control para gráficos $\bar{X}$ -R .....   | 83 |
| Tabla 44. Índices de Capacidad del Proceso, Rendimiento Queso Fresco.....                                   | 85 |
| Tabla 45. Resumen de indicadores del desempeño operativo — Línea Queso Fresco 500 g.....                    | 86 |
| Tabla 46. Identificación de causas potenciales por categoría 6M — Línea Queso Fresco.....                   | 87 |
| Tabla 47. Escala del grado de impacto .....   | 88 |
| Tabla 48. Frecuencias ponderadas de causas operativas - Análisis de Pareto (6M).....                        | 88 |
| Tabla 49. Especificaciones de la Prensa neumática.....  | 91 |
| Tabla 50. Parámetros para el prensado .....   | 91 |
| Tabla 51. Recursos requeridos .....   | 92 |
| Tabla 52. Programa de capacitación Desmolde .....   | 93 |
| Tabla 53. Recursos requeridos .....   | 93 |
| Tabla 54. Programa de capacitación técnica en corte y moldeo, estructura modular .....                      | 94 |
| Tabla 55. Matriz RACI, Asignación de roles y responsabilidades .....  | 95 |
| Tabla 56. Plan de control, Indicadores de monitoreo continuo (KPIs) .....                                   | 96 |
| Tabla 57. Proyección comparativa de indicadores, Escenario actual vs. Escenario post-mejora.....            | 97 |
| Tabla 58. Análisis costo-beneficio. Retorno de la inversión (ROI) .....                                     | 97 |
| Tabla 59. Proyección de pérdidas económicas por desperdicio — Línea Queso Fresco 500 g (2022–<br>2028)..... | 98 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Organigrama Estructural de Productos Lácteos "FINO" .....                             | 3  |
| Figura 2. Ejemplo de un Diagrama de Pareto .....  | 16 |
| Figura 3. Ejemplo de un diagrama de causa y efecto .....  | 18 |
| Figura 4. Proceso de implementación del ciclo DMAIC .....                                       | 29 |
| Figura 5. Mapa de procesos de la empresa Productos Lácteos "Fino" .....                         | 33 |
| Figura 6. Layout del área de producción de la microempresa Productos Lácteos "FINO" .....       | 34 |
| Figura 7. Diagrama de flujo del queso fresco 500 g .....  | 41 |
| Figura 8. Queso fresco 500 g.....   | 41 |
| Figura 9. Diagrama de flujo del queso mozzarella 500 g. ....                                    | 47 |
| Figura 10. Queso mozzarella 500 g.....  | 48 |
| Figura 11. Diagrama de flujo del yogurt .....   | 53 |
| Figura 12. Yogurt.....  | 54 |
| Figura 13. Diagrama de flujo de la crema de leche 450 g.....                                    | 57 |
| Figura 14. Diagrama de flujo de la crema de leche 450 g.....                                    | 58 |
| Figura 15. Diagrama de Pareto – Índice de desperdicio por la línea de producción .....          | 59 |
| Figura 16. Diagrama del flujo del subproceso de la recepción de materia prima.....              | 61 |
| Figura 17. Diagrama de flujo de la clasificación de materia prima. ....                         | 62 |
| Figura 18. Diagrama de flujo, proceso de Descremado. ....                                       | 63 |
| Figura 19. Diagrama de flujo del temperado de la leche cruda.....                               | 64 |
| Figura 20. Diagrama de flujo de adición del cuajo y la sal cálcica.....                         | 65 |
| Figura 21. Diagrama de flujo del cuajo, reposo y corte.....                                     | 66 |
| Figura 22. Diagrama de flujo desuerado y distribución de cuajada. ....                          | 67 |
| Figura 23. Diagrama de flujo del porcionado, pesaje y prensado. ....                            | 69 |
| Figura 24. Diagrama de flujo de la inmersión en salmuera. ....                                  | 70 |
| Figura 25. Diagrama de flujo del enfriamiento en cámara frigorífica.....                        | 71 |
| Figura 26. Diagrama de flujo del enfundado y empacado. ....                                     | 72 |
| Figura 27. Diagrama de flujo de almacenamiento y despacho. ....                                 | 73 |
| Figura 28. Gráfico de Control $\bar{X}$ - Rendimiento del proceso de Queso Fresco (%).....      | 83 |
| Figura 29. Gráfico de Control R - Variabilidad del proceso de Queso Fresco (Rango, %)......     | 84 |
| Figura 30. Diagrama de Ishikawa - Causas raíz del desperdicio en la línea de Queso Fresco ..... | 87 |
| Figura 26. Diagrama de Barras, Causas de desperdicio en la línea de Queso Fresco .....          | 89 |
| Figura 32. Prensa neumática .....   | 90 |
| Figura 33. Valor perdido por año .....  | 99 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   |          |
|---|----------|
| <b>Anexo A. Ficha de Control de Desperdicios .....</b>  | <b>1</b> |
| <b>Anexo B. Diagrama de Pareto .....</b>  | <b>1</b> |
| <b>Anexo C. Diagrama SIPOC .....</b>  | <b>1</b> |
| <b>Anexo D. Cursograma Analítico .....</b>  | <b>1</b> |
| <b>Anexo E. Ficha de Control de Producción .....</b>  | <b>2</b> |
| <b>Anexo F. Hoja de Inspección de Calidad.....</b>  | <b>2</b> |
| <b>Anexo G. Gráficos de Control <math>\bar{X}</math>-R .....</b>  | <b>2</b> |
| <b>Anexo H. Diagrama de Ishikawa .....</b>  | <b>2</b> |
| <b>Anexo I. Diagrama de Barras.....</b>   | <b>3</b> |
| <b>Anexo J. Cronograma de implementacion .....</b>  | <b>3</b> |
| <b>Anexo K. Plan de Control.....</b>  | <b>3</b> |
| <b>Anexo L. Cálculo del Índice de Desperdicio. Línea Queso Fresco 500 g. 56 Lotes (Enero–<br/>diciembre 2025) .....</b> | <b>3</b> |
| <b>Anexo M. Registro para el Estudio de Tiempos.....</b>  | <b>5</b> |
| <b>Anexo N. Procedimiento de cálculo del Nivel Sigma y DPMO-Línea Queso Fresco 500 g .....</b>                          | <b>5</b> |
| <b>Anexo O. Ficha Técnica de la Prensa neumática .....</b>  | <b>7</b> |

# **1 INFORMACIÓN GENERAL**

**Título:** Propuesta de mejora en la línea de producción mediante la metodología Six Sigma para la reducción de desperdicios en PRODUCTOS LÁCTEOS "FINO".

**Tipo de Proyecto:** Proyecto de Investigación.

**Carrera:** Ingeniería Industrial.

**Proyecto de investigación vinculado:**

**Tutor:** Ing. Jonathan Alexander Ruiz Carrillo

**Correo:** jonathan.ruiz3824@utc.edu.ec

**Número de teléfono:** 0998887640

**Estudiantes:** Bayron Alexis Monteros Simba  
Jessica Mireya Yugcha Casa

**Correo:** bayron.monteros7404@utc.edu.ec  
jessica.yugcha3941@utc.edu.ec

**Número de teléfono:** 0983432941  
0958866912

**Área de Conocimiento:** 07 Ingeniería, Industria y Construcción.

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

**Sub-línea de investigación:** Control de la calidad y gestión de la cadena de suministro.

## 2 INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la producción láctea es fundamental dentro del sistema agroalimentario nacional, por su aporte al desarrollo económico, la creación de trabajo en las zonas rurales y el fortalecimiento de la seguridad alimentaria [1]. De acuerdo con estadísticas, la cadena de producción del sector lácteo genera una diversidad de empleos indirectos y directos (1,5 millones); sin embargo, en 2015 su aporte al Producto Interno Bruto (PIB) fue solamente del 8%. Este sector no solo posibilita contribuir al trabajo de las familias en pequeñas fincas, que son responsables del 65% de la leche consumida en Ecuador, sino que también enfrenta desafíos como la competencia y la informalidad. Esto se debe a que el país cuenta con un excedente diario de 150 mil litros de leche producida, lo que subraya la necesidad de mejorar la eficiencia para reducir el desperdicio al 2%, ya sea por mermas o entre un 25-32% por autoconsumo [2].

En el ámbito provincial, el sector lácteo de Cotopaxi adquiere una importancia estratégica para el empleo local y la producción de productos derivados, siendo la cuarta provincia productora del Ecuador. Cotopaxi produce, de acuerdo con la información disponible, 700.000 litros de leche al día y está ubicada como la cuarta provincia en producción de leche, sólo por detrás de Pichincha, Manabí e Imbabura [3]. Esta provincia es reconocida como uno de los productores de productos lácteos más importantes de todo el país, por ello ve la necesidad de ofrecer productos de calidad con el fin de mantener una competitividad activa frente a la competencia y una buena imagen frente al consumidor final [4].

En el cantón Latacunga existen varias fábricas de procesamiento de queso fresco, mozzarella, yogurt y crema, abasteciendo el mercado local y nacional. Sin embargo, este potencial de producción se ve amenazado por altos niveles de pérdidas y desperdicios. En el estudio titulado “Identificación de Pérdidas y Desperdicios en la Industria Láctea de la Provincia de Cotopaxi”, se establece que las pérdidas de materia prima en las industrias procesadoras de Cotopaxi se encuentran dentro del margen de pérdida de un 0.12 y un 0.18 por lote que oscilan por la pérdida de suero, defectos de textura en el procesamiento de suero y productos desechados [5]. Estas ineficiencias no son exclusivas de la provincia de Cotopaxi, sino que son un desafío común en la industria láctea de Ecuador. Diferentes investigaciones realizadas en el país han evidenciado que la inexistencia de una estandarización de los procedimientos y la notable variabilidad existente en los procesos productivos son las principales causantes de desperdicios, retrabajos y pérdidas de materia prima en los centros procesadores de alimentos de todo el país [6] [7] [8].

## 2.1 HISTORIA Y CONTEXTO DE LA EMPRESA

PRODUCTOS LÁCTEOS "FINO", situado en Latacunga, se especializa en la elaboración de productos lácteos de gran calidad como quesos frescos, mozzarella, yogurt, crema de leche, mantequilla y helados. Establecida con la finalidad de ofrecer alimentos que sean de utilidad a los consumidores del lugar y del país, fue creciendo hasta transformarse en una marca identificable comprometida con una buena calidad y eficiencia. A lo largo de su historia, PRODUCTOS LÁCTEOS "FINO" ha cambiado los procesos productivos hasta consagrarse como empresa de referencia en la industria láctea de la zona.

### 2.1.1 Organigrama de la empresa

La estructura jerárquico-funcional de Productos Lácteos "FINO" se ilustra en la Figura 1; esta refleja cómo se relacionan las áreas y las posiciones claves dentro del proceso, además de cómo están distribuidas las responsabilidades y los niveles de autoridad. Esta organización, que se centra en líneas de producto y está orientada hacia el control operativo, facilita la identificación de las áreas de soporte, las líneas productivas y la cadena de mando encabezada por el gerente general y el encargado del BPM.

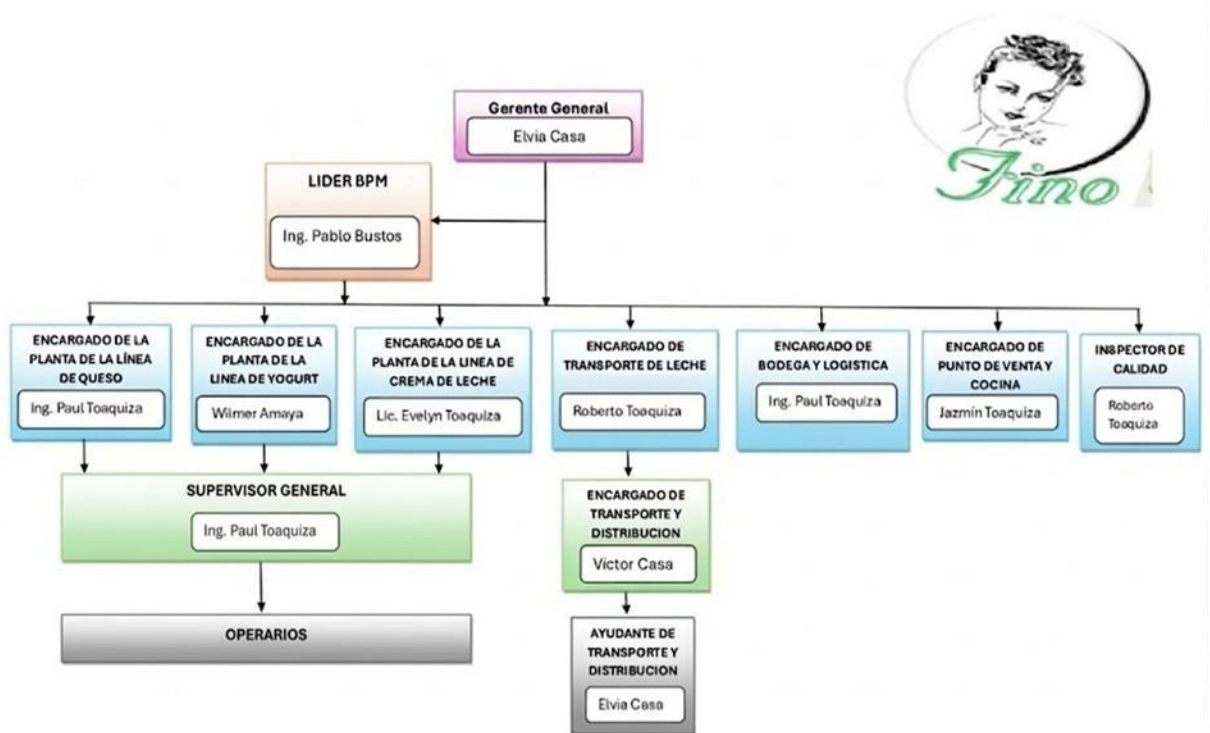


Figura 1. Organigrama Estructural de Productos Lácteos "FINO"

## **2.2 EL PROBLEMA**

### **2.2.1 Situación problemática**

En la actualidad, la industria láctea se halla ante un momento en el cual el progreso se ha convertido en la base del propio logro que han hecho las empresas, la estrategia que permita llegar a la obtención de competitividad y sostenibilidad; ello, ya que, las empresas se ven empujadas por el mercado a unas exigencias cada vez más fuertes en cuanto a la calidad, a una disminución de costes y a unos tiempos de entrega más cortos [9]. Esa presión fuerza a adoptar metodologías estructuradas que optimizan los procesos y recortan al mínimo cualquier tipo de pérdida [10].

De esta manera, Six Sigma ofrece a la vez una potente herramienta en la medida en que tiene un enfoque común sobre la calidad de los procesos, casa con el fin de reducción de la variación y la reducción de los defectos en la ejecución a través del DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) [11].

Con base en las afirmaciones del INEC [12]; puesto que existe muy baja existencia de diversas empresas con un adecuado control de calidad y de mejora de procesos formalizados, inferior al 30%. Esto último puede ayudar a entender que haya un menor grado de complejidad y menor grado para los procesos y productos innovadores, por tanto, la propuesta del proyecto de mejora de la calidad basada en el Six Sigma es, al mismo tiempo, una opción para sistematizar el control de la gestión productiva y para aumentar el nivel de eficiencia de la OPERATIVA EN PRODUCTOS LÁCTEOS “FINO”.

La entidad PRODUCTOS LÁCTEOS FINO tiene su matriz en Latacunga, cuyo ámbito es el proceso de elaboración de productos correspondientes a los derivados de la leche. En vista de ello, la misión institucional que tiene es la de ofertar productos de calidad, el compromiso institucional que tiene es la de ofertar productos que satisfagan las necesidades del comprador en el mercado que necesita su producto comestible.

La línea desarrollada para producción de queso fresco (500 g) es una de las más emblemáticas dentro de sus operaciones, pero también es la que tiene el índice más alto de desperdicio del insumo inicial, reprocesos y variabilidad del rendimiento. Estas pérdidas son causas sobre todo en las fases de desuerado, moldeado, prensado, donde pequeñas desviaciones en parámetros de tiempo, temperatura o de manipulación pueden acarrear mermas significativas.

Entre las operaciones de procesos el circuito o línea de producción denominado, para la categoría de queso fresco de 500 gramos, el que se considera también el sistema o línea de producción en el que desperdiciamos la materia primera, reprocesamos, y con variabilidad en el rendimiento. Estas pérdidas son causas sobre todo en las fases de desuerado, moldeado, prensado, donde pequeñas desviaciones en parámetros de tiempo, temperatura o de manipulación pueden acarrear mermas significativas.

En el sector industrial, los desechos implican la pérdida directa de recursos productivos, sobre todo de materia prima. Esto produce un aumento en los gastos de producción, una reducción en la eficiencia operativa y un impacto que se torna negativo en las ganancias de la organización. Por lo tanto, el estudio de los desperdicios en FINO es fundamental para comprender cómo la variabilidad del proceso permite aprovechar toda la productividad del sistema productivo. Esto se logra al identificar, medir y controlar el desperdicio, lo que contribuye a mejorar el proceso de gestión, reducción de costos y favorece un rendimiento superior que hace a la empresa más competitiva.

En este sentido, la investigación plantea que Six Sigma se implemente en la cadena productiva de la compañía con el propósito de reconocer los motivos fundamentales del desperdicio, mejorar los procedimientos de fabricación y cultivar una cultura organizacional para la organización. La aplicación de este sistema de gestión no solo significa acortar los costos y eliminar los defectos producidos, sino que fomenta generar conocimientos que puedan ser llevados a otras industrias del sector manufacturero ecuatoriano.

### **2.2.2 Formulación del Problema**

La integración del modelo Six Sigma ayudará en gran medida a mejorar la producción y reducción de desperdicios de materia prima durante la fabricación del queso fresco de 500 gr. Por medio de la utilización de instrumentos estadísticos y del análisis sistemático de operaciones se pueden reducir las causas de los desperdicios que se pueden implementar y establecer procesos estandarizados y así ayudar en la forma de optimizar el proceso productivo.

### **2.2.3 Objeto y campo de acción**

Reducción de desperdicios en la línea de producción del queso fresco de 500 gramos en PRODUCTOS LÁCTEOS “FINO” aplicando la metodología Six Sigma para reducir desperdicios (Desborde de cuajada y mal desmoldado).

**Campo de acción:** UNESCO /3310 Tecnología Industrial, 3310.03 Procesos Industriales.

### 2.3 JUSTIFICACIÓN

El porqué de la investigación planteada, viene dado porque la empresa PRODUCTOS LÁCTEOS “FINO” presenta elevados niveles de desperdicio de materia prima, altos reprocesos y tardanzas excesivas y carencias de estandarización de las operaciones productivas, unos de los principios que afectarán directa y fuertemente en la eficiencia de la misma, en la competitividad en el mercado y en la rentabilidad, conllevado en una metáfora industrial, entre optimizar los resultados y minimizar los desechos como criterios de pertinencia en la forma correspondiente y el circular con el sentido de sostenibilidad del Capital Natural, materializándose en la aplicación de metodologías intensas para que acaben efloreciendo las causas del desperdicio y llevando a cabo mejoras sostenibles en el tiempo [13].

Desde la perspectiva metodológica, fue implementada Six Sigma a través del ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), que posibilita organizar de forma sistemática el análisis del proceso de producción. Esta metodología permite detectar los motivos de variabilidad e inconvenientes en la producción, además de plantear sugerencias para mejorar que estén dirigidas a aumentar la eficiencia del funcionamiento [14]. Por un lado, su utilización permite reducir el despilfarro y optimar la calidad del producto final; por otra parte, hace posible aumentar la productividad, mejorar el uso de la materia prima y reforzar la capacidad competitiva de la compañía frente a las demandas cada vez mayores del mercado [15].

Desde una perspectiva práctica, la investigación facilitará el reconocimiento de los elementos que ocasionan el derroche de materia prima en la cadena de producción del queso fresco de 500 g en PRODUCTOS LÁCTEOS "FINO". Se propone la formulación de estrategias para disminuir las pérdidas de materia prima y optimizar la eficacia operacional, con base en el estudio del proceso productivo. Esto brindará información valiosa que será considerada para las futuras tomas de decisiones.

Además, los resultados de la investigación favorecerán a PRODUCTOS LÁCTEOS "FINO", ya que entrega un modelo de mejora enfocado en disminuir residuos, perfeccionar el aprovechamiento de la materia prima, mejorar la eficiencia del proceso productivo y tener un efecto positivo en las ganancias del negocio.

Los empleados de la organización, indirectamente, también se beneficiarán por el hecho de contar con procesos más estandarizados, una reducción de reprocesos y cargas operativas innecesarias, lo que redundará en un entorno laboral más organizado, seguro y eficiente.

Los consumidores se beneficiarán con una serie de productos de mayor consistencia en la calidad y mejores condiciones de inocuidad alimentaria, fortaleciendo de esa forma el nivel de confianza sobre la marca.

La reducción de residuos tiene un impacto en los ámbitos económicos y sociales, pues promueve el desarrollo del área, enriquece la producción empresarial, mejora la eficiencia de los procesos y asegura productos de mayor calidad. Esto trae consigo un beneficio no solo para la empresa, sino que también afecta a los trabajadores, proveedores, clientes y la cadena local de valor.

## **2.4 BENEFICIARIOS**

### **2.4.1 Beneficiarios Directos**

Los beneficiarios del proyecto, o los que podrían operar inmediatamente a raíz del funcionamiento de la línea de producción de PRODUCTOS LÁCTEOS “FINO” y todos aquellos que pueden verse beneficiados de forma directa a raíz de la mejora del proceso y la mejora del desperdicio; los veremos más adelante en la Tabla 1.

Tabla 1. Beneficiarios directos

| Beneficiarios                    | Descripción  | Cantidad |
|----------------------------------|--|----------|
| Empresa Productos Lácteos “FINO” | Organización donde se implementará la propuesta de mejora basada en Six Sigma. | 1        |
| Área de producción               | Área responsable del proceso de elaboración de los productos.                  | 6        |
| TOTAL                            |  | 7        |

### **2.4.2 Beneficiarios Indirectos**

Los beneficiarios indirectos son aquellos agentes que no van a participar durante la ejecución de los procesos productivos y que incurrirán en impactos positivos en beneficio propio en tanto en cuanto se va a poder mejorar la eficiencia y habrá reducción de desperdicios tal y como podemos ver en la Tabla 2.

Tabla 2. Beneficiarios indirectos

| Beneficiarios Indirectos | Descripción   | Cantidad            |
|--------------------------|---|---------------------|
| Consumidores             | Personas que adquieren y consumen productos elaborados por la empresa.                    | Mas de 1500         |
| Distribuidores           | Intermediarios encargados de la comercialización y distribución de los productos lácteos. | 5                   |
| Proveedores              | Productores que suministran la leche y otros insumos necesarios para la producción.       | 10 - 15             |
| Mercado local            | Comunidad y sector comercial donde se distribuyen los productos de la empresa.            | Aproximadamente 500 |
| TOTAL                    |   | Mas de 2000         |

## 2.5 OBJETIVOS

### 2.5.1 Objetivo General

Proponer mejoras en la línea de producción mediante elementos de la metodología Six Sigma para la reducción de desperdicios en la empresa PRODUCTOS LÁCTEOS “FINO”.

### 2.5.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar el proceso general de producción para la identificación de la línea con mayores índices de desperdicios.
- Analizar el desempeño operativo de la línea de producción identificada mediante indicadores de eficiencia y productividad, con el propósito de determinar las causas raíz de los desperdicios utilizando herramientas de la metodología Six Sigma.
- Proponer mejoras en la línea de producción del queso fresco orientada a la reducción de desperdicios.

## 2.6 SISTEMA DE TAREAS

Tabla 3. Sistema de tareas

| Objetivos específicos   | Actividades (tareas)   | Resultados esperados  | Técnicas, medios e instrumentos                                |
|---|--|---|--|
| <b>1. Diagnosticar el proceso general de producción para la identificación de la línea con mayores índices de desperdicios.</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión y observación del proceso productivo actual.</li> <li>- Elaboración del mapa de procesos y flujograma de operaciones.</li> <li>- Identificación de la línea con mayores desperdicios.</li> </ul> | Informe diagnóstico del sistema productivo con línea crítica determinada. | Observación directa, diagramas de flujo, registros históricos. |

Tabla 4. (Continuación). Sistema de tareas

| Objetivos específicos  | Actividades (tareas)  | Resultados esperados   | Técnicas, medios e instrumentos   |
|--|---|--|---|
| <b>2. Analizar el desempeño operativo de la línea de producción identificada mediante indicadores de eficiencia y productividad, con el propósito de determinar las causas raíz de los desperdicios utilizando herramientas de la metodología Six Sigma.</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recopilación y análisis de datos sobre eficiencia y productividad.</li> <li>- Determinación de indicadores clave del proceso.</li> <li>- Aplicación del Diagrama de Ishikawa, y Pareto</li> <li>- Identificación de factores que generan desperdicio.</li> </ul> | Informe de evaluación del desempeño operativo. Identificación documentada de las causas principales de ineficiencia. | Hojas de control, Excel, observación en planta. Diagramas de causa-efecto, análisis estadístico |
| <b>3. Proponer mejoras en la línea de producción del queso fresco orientada a la reducción de desperdicios.</b>  | - Diseño de alternativas de mejora enfocadas en la reducción de desperdicios.   | Documento con la propuesta de mejora y plan de acción.   | Metodología DMAIC, matrices de priorización, indicadores de control                             |

### 3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1 DESPERDICIOS EN PLANTAS DE ALIMENTOS (MERMA, REPROCESO, SCRAP)

El desperdicio en plantas de lácteos se clasifica generalmente en merma, reproceso y scrap, cada uno con causas y efectos distintos en la eficiencia productiva. La merma tiene que ver con las pérdidas inevitables, ya sea evaporación, desuerado o reducción de volumen a lo largo de procesamiento. Es el que representa de un 3 % al 12 % del total en la materia prima; el porcentaje dependerá del producto y de la eficiencia de los equipos. Este tipo de pérdidas influye en los costos de la producción y en la competitividad de la planta [16].

Existen reprocesos cuando un lote no cumple especificaciones de calidad, pero puede reincorporarse al proceso. Debe controlarse la reintroducción para evitar los riesgos microbiológicos. Los autores que lo han querido destacar hacen hincapié en que en este sector se reprocesa entre un 2 % y un 5 % de la producción de productos lácteos, siendo las razones fundamentalmente fallos en la temperatura de pasteurización, textura inconsistente o bien error de formulación. A pesar de su recuperabilidad, el reproceso genera consumo adicional de energía, mano de obra y tiempo y hace que nuestra productividad disminuya [17].

Por otro lado, el scrap se refiere a pérdidas que no se pueden reincorporar al proceso, lo que implica que deben transformarse en residuos finales: leche derramada, lotes contaminados, errores fatales en la producción de quesos o yogures, productos vencidos, etc.

La categoría del scrap es más costosa, pues combina pérdida de materia prima, costos de scrap y riesgo ambiental. Por ello, la industria láctea contemporánea apuesta a estrategias de valorización de residuos, como biogás, bioplásticos o fertilizantes, para mitigar su impacto [18].

## **3.2 PROCESO PRODUCTIVO**

El proceso de producción puede ser definido como el conglomerado de actividades que permiten realizar una transformación de insumos (materiales, mano de obra, maquinaria, información) en bienes o servicios con valor añadido para el mercado. De esta manera la producción sobrepasa el hecho de elaborar, que conlleva también planear, diseñar, realizar y distribuir formando parte de un engranaje unificado [19].

### **3.2.1 Clasificación de los procesos (productivos, de apoyo, estratégicos)**

En las divisiones estructurales dentro una empresa de producción se pueden distinguir 3 grandes tipos de procesos: productivos (o primarios), de apoyo y estratégicos. Los procesos productivos son aquellos que transforman directamente las materias input en productos finales; los de apoyo son aquellos que facilitan el funcionamiento de los productivos (por ejemplo: el mantenimiento, la logística, los recursos humanos); Los estratégicos son aquellos en los que se fijan directrices de futuro de la planeación, de la innovación, o de alineamiento con la estrategia de negocio. Esta clasificación permite una visualización del flujo de valor y de la asignación de recursos adecuada que permita conseguir un rendimiento operativo óptimo [20].

### **3.2.2 Etapas del proceso de producción industrial**

La producción siempre se puede descomponer en una serie de fases sucesivas que pueden ser éstas: el esbozo y desarrollo del producto; el aprovisionamiento de los materiales; la transformación o fabricación; el ensamblaje; el control de calidad; y el de la distribución de la mercancía que sale de la fábrica. Estas fases, que pueden ser diferentes en función del sector, suponen la también búsqueda del cuello de botella, de las pérdidas y del diagnóstico de las oportunidades de mejora [21].

### **3.2.3 Factores que influyen en la eficiencia del proceso**

La eficacia del desarrollo de un activo productivo depende de diversos factores que, de acuerdo a los puntos de vista de las "6M" (Método, Mano de obra, Maquinarias, Materiales, Medida y Medio ambiente), se pueden describir.

Éstos son los elementos que conforman la mano de obra y la motivación de los operarios ("Mano de obra"), la disponibilidad y la fiabilidad de las máquinas ("Maquinaria"), la calidad y la oportunidad de las materias en función de la propia operación ("Materiales"), la estandarización de los métodos de trabajo ("Método"), la precisión, la fiabilidad y la correcta calibración de los instrumentos de medida, la correcta anotación y, por último, el análisis de las mediciones del proceso ("Medición") y las condiciones del medio ambiente o del medio de producción ("Medio ambiente") son determinantes del nivel que debe tener el rendimiento productivo [22].

#### **3.2.4 Procedimientos operativos estandarizados (POE)**

El POE son documentos donde se detalla de forma exhaustiva y secuencial, las operaciones de un proceso, y que contienen los controles y parámetros críticos que aseguran la reproducibilidad, la homogeneidad y la erradicación de riesgos. Los POE son documentos que tienen como objetivo describir las tareas que hay que llevar a cabo en el proceso, siendo exhaustivos y secuenciales [23].

La aplicación de POE disminuye la variabilidad y los desechos al uniformar los procedimientos. Crear procedimientos de operación estandarizados que faciliten un control efectivo durante las fases de producción de los productos lácteos. Los POE de las empresas de Ecuador comprenden controles y esquemas colaborativos para el desarrollo constante [24].

### **3.3 FILOSOFÍA LEAN**

La filosofía Lean, en esencia, se ha definido como la búsqueda continua de la eliminación de desperdicios, lo que se deduce como cualquier cosa que suponga un coste, pero que no aporte ningún valor para el cliente final. Se verifican ciertos parecidos que son relativamente claros entre ambos enfoques, la Lean gestión y la gestión por procesos por lo que respecta a la creación de valor y su mejora, buscando así empezar una nueva cultura organizativa, la optimización de los flujos de trabajo. A la inversa, la implantación de la Lean gestión es un proceso difícil y muy complicado que exigirá, de una manera u otra, una planificación a largo plazo. Hay unas dificultades en ciertas organizaciones, en algunas entidades también del ámbito público. En organizaciones con mucho proceso interconectados y superpuestos, llevar a cabo la práctica Lean de un único proceso puede llevar a la ineficacia de dicha práctica [25].

El enfoque Lean, en el propio proceso de producción, introduce un cambio en la manera en que la organización tiene configurado su papel, y ello va asociado a una forma de ver e involucrarse de manera colectiva en el espacio organizativo.

Esta forma de hacerlo debe ayudar a mejorar la operativa de la empresa, a aumentar su flexibilidad, a mejorar las interacciones entre las partes, a incrementar la satisfacción del propio empleado y a introducir un enfoque de mejora continua y eliminación de la imperfección [26].

La forma de hacer filosofía mencionada involucra de una manera muy activa también a las cadenas de suministro para ofrecer un flujo ininterrumpido a las mismas, dado que también despojarse de las posibles interrupciones que podrían darse en la producción como redefinir el proceso productivo construyendo un equipo de trabajo para que la realización del trabajo en equipo pueda ser muy eficiente. También se puede encontrar una filosofía que favorezca un cliente a gran escala, que es lo que muestra el proceso flexible que se produce de acuerdo con la oferta y la demanda a partir de los bienes. Así es como esta filosofía intenta construir todo un propio procedimiento en el cual pueda construir su propio valor y medir la satisfacción del consumidor [27].

### **3.4 SIX SIGMA**

#### **3.4.1 Metodología Six Sigma**

El método Six Sigma es una práctica de mejora, desarrollada por Motorola en 1980 y buscando la disminución de la fluctuación de los procesos como también en el seguimiento de un desempeño lo más perfecto posible (entre tres y cuatro defectos por millón de oportunidades). La visión de la cual gira en torno a esta metodología utiliza de forma sistemática las herramientas estadísticas y documenta las decisiones llevadas a cabo, percibiendo la necesidad de reducir errores y aumentar la eficiencia en la organización [28].

La expresión "Six Sigma" tiene su origen en la estadística y hace referencia a un procedimiento bien controlado en el que la media se encuentra a seis desviaciones de los límites de especificación, de esta manera se reduce ampliamente la probabilidad de fallos. Poco a poco, la metodología fue trasladándose a otros ámbitos (salud, servicios, finanzas, etc.), convirtiéndose en un modelo global de excelencia operativa.

### **3.4.2 Historia y evolución de Six Sigma**

El Six Sigma es una forma de intensificar la mejora concebido a finales de los años 80 en Motorola y que pretendería minimizar la variabilidad a un rendimiento casi perfecto, como sería el caso de 3,4 defectos por millón de oportunidades. Surge de un uso estrictísimo de los instrumentos estadísticos, de las versiones de los métodos de análisis y de que la toma de las decisiones está directamente relacionada con el uso de los datos (la decisión tiene un fundamento en la predicción de los choques erróneos) para que sean nulas las bajas y los reprocesamientos. Su origen está asociado al mundo industrial y la manufactura en el que el control de la calidad y la disminución del desperdicio condujeron a la llegada de un sistema estandarizado y específico para relucir las mejoras en los procesos [29].

Six Sigma hace referencia a un proceso cuyo rendimiento está a seis desviaciones estándar de los límites de especificación, lo cual disminuye considerablemente la probabilidad de defectos. Con el paso del tiempo, este método se utilizó en áreas como servicios, salud y finanzas, además de la manufactura; por lo tanto, se ha convertido en un modelo de excelencia operativa.

### **3.4.3 Importancia de Six Sigma en la industria**

La importancia de Six Sigma radica en su capacidad para [30]:

- Reducir variabilidad y defectos.
- Optimizar recursos y disminuir pérdidas.
- Incrementar competitividad y satisfacción del cliente.
- Facilitar decisiones estratégicas respaldadas por datos.

Este enfoque hace que el Six Sigma sea un instrumento básico de las actuales organizaciones que buscan mejorar, de la forma más sostenible, la calidad de los productos y de los procesos.

### **3.4.4 Six Sigma y la calidad en procesos alimenticios**

En el sector alimentario, Six Sigma es especialmente valioso porque permite controlar variaciones en materias primas, estandarizar procedimientos, mejorar rendimientos y asegurar inocuidad. Estos factores son esenciales para cumplir regulaciones y garantizar productos consistentes y de alta calidad. El ciclo DMAIC se utiliza con frecuencia en la producción alimentaria ya que permite encontrar causas raíz del desperdicio y de los defectos, mejorar la operación y, por ende, reducir el coste por unidad producida [31].

### 3.4.5 Fundamentos teóricos: variabilidad, defectos y eficiencia

La metodología Six Sigma se asienta sobre tres principios: la variabilidad, el enfoque del cliente y la toma de decisiones fundamentada en datos. Al reducir la variabilidad, se puede reducir la cantidad de errores, defectos y residuos, lo que a su vez mejora la estabilidad del proceso.

La Voz del Cliente (VOC) guía las acciones de mejora con base en los requerimientos y expectativas del cliente, mientras que la toma de decisiones se fundamenta en el estudio estadístico y en datos medibles. La relación  $Y = f(X)$  ilustra estos principios, en la cual Y simboliza el resultado del procedimiento y X las variables determinantes que lo afectan [32].

### 3.4.6 Enfoques metodológicos: DMAIC y DMADV

La metodología Six Sigma, que proviene de dos distintas, de las cuales el DMAIC es el más sencillo para la mejora de procesos que ya se encuentran en marcha, en situaciones en las que se pretende conseguir reducir el desperdicio o la variación del sistema. Esta metodología deja hacer una evaluación sistematizada de cada fase del proceso productivo, así como identificar oportunidades concretas de mejora de los procesos, para la implantación de acciones correctivas del comportamiento del proceso productivo [33]. Se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Detalle del Enfoque DMAIC

| Fase DMAIC       | Descripción   | Herramientas principales   | Resultados esperados  |
|------------------|---|--|---|
| <b>Definir</b>   | Se identifica el problema, el alcance del proyecto, los clientes internos y externos, y los CTQ. Se precisan metas específicas y se construyen mapas de procesos. | SIPOC, VOC, matriz CTQ, diagramas de flujo   | Se considera un problema bien definido con criterios de éxito perfectamente definidos.                |
| <b>Medir</b>     | Se recoge información del proceso para la línea base, validar el sistema de mediciones y poner en una escala cuantitativa el rendimiento del proceso.             | Información de tipo MSA, datos de histogramas, listas de verificación, métricas sigma.       | Definición de la línea base del proceso, de la comprensión del rendimiento en términos cuantitativos. |
| <b>Analizar</b>  | Localización de las causas raíz de la variabilidad, defectos o desperdicios mediante análisis estadístico y herramientas de causa-efecto.                         | Ishikawa, Pareto, 5 porqués, ANOVA, regresión  | Identificación de causas raíz validadas.  |
| <b>Mejorar</b>   | Se diseñan e implementan soluciones para corregir las causas raíz, se realizan pruebas piloto y ajustes.  | DOE, FMEA, simulaciones, rediseño de procesos  | Reducción observable de variabilidad y defectos.  |
| <b>Controlar</b> | Se implementan planes para asegurar la sostenibilidad de las mejoras, mediante monitoreo continuo y estandarización.  | Control estadístico de procesos (SPC), cartas de control, planes de control, estandarización | Mantenimiento de las mejoras y estabilidad del proceso en el tiempo.                                  |

El DMAD, es el enfoque de Six Sigma para el diseño (o rediseño) de procesos, productos o servicios en casos en los que los procesos (productos o servicios) no están siendo capaces de alcanzar los niveles de calidad precisados o bien se encuentra ante un proceso que está sujeto a restricciones estructurales que le hacen difícil su mejora a través del DMAIC [34]. Este enfoque permite que el proceso inicie a partir de una fase de diseño y garantiza que el mismo (proceso) sea capaz de alcanzar los requerimientos. Esto se observa en la Tabla 6.

Tabla 6. Detalle del Enfoque DMADV

| <b>Fase DMADV</b> | <b>Descripción</b>  | <b>Herramientas principales</b>                           | <b>Resultados esperados</b>                         |
|-------------------|---|---|---|
| <b>Definir</b>    | Se determinan las necesidades del cliente, el objetivo del diseño y los criterios críticos de calidad.      | VOC, QFD, análisis de requerimientos                      | Objetivos claros del nuevo proceso o producto.      |
| <b>Medir</b>      | Se identifican parámetros esenciales, características del diseño y limitaciones técnicas.                   | Benchmarking, estudios de capacidad, matrices funcionales | Requisitos funcionales definidos cuantitativamente. |
| <b>Analizar</b>   | Se evalúan alternativas de diseño mediante análisis predictivo, simulaciones y estudios de factibilidad.    | DOE conceptual, FMEA, simulación                          | Selección del diseño óptimo.                        |
| <b>Diseñar</b>    | Se desarrolla el diseño detallado del proceso o producto, incluyendo prototipos y especificaciones finales. | CAD, modelamiento, diagramas detallados                   | Diseño robusto que cumple con los CTQ.              |
| <b>Verificar</b>  | Se valida el diseño mediante pruebas piloto, simulaciones finales y verificación de desempeño.              | Planes piloto, SPC, análisis de confiabilidad             | Diseño validado y listo para implementación.        |

El ciclo DMAIC fue elegido para el desarrollo de esta investigación porque el foco del estudio es la mejora de un proceso productivo que ya existe en la compañía. Esta perspectiva posibilita el análisis del desempeño del proceso, la identificación de las razones por las que se producen pérdidas o variabilidad y la determinación de acciones para mejorar, apoyándose en datos. DMAIC es más apropiado para examinar, perfeccionar y supervisar procesos que ya están en marcha, ayudando a disminuir los desperdicios y a incrementar la eficiencia operativa [35].

### **3.5 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DMAIC**

La metodología DMAIC (metodología Six Sigma), se aplica buscando mejorar los procesos que ya existen a través de la lógica secuencial estructurada de análisis y mejora del proceso. Se muestra en la Tabla 7 cada una de las fases donde se incluye herramientas que permiten realizar mediciones de los déficits existentes, facilitando la cuantificación del desempeño real existente, encontrar las causas raíz, diseñar soluciones adecuadas y guardar controles que permiten hacer sostenibles las mejoras alcanzadas.

Tabla 7. Desarrollo de la Metodología DMAIC

| Fase DMAIC | Herramientas clave   | Descripción técnica y aplicación en procesos alimentarios  |
|------------|--|--|
| Definir    | • SIPOC • CTQ  | Se determina la problemática, el alcance del proyecto y los propósitos de mejora. El diagrama SIPOC facilita la identificación de proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes. Los CTQ establecen las exigencias de calidad esenciales que el producto debe satisfacer (como son: la textura, la humedad o el rendimiento).            |
| Medir      | • DPMO • Nivel Sigma   | La línea base del proceso y el grado de variabilidad o desperdicio se establecen al evaluar el desempeño actual del proceso a través de indicadores como el DPMO (defectos por millón de oportunidades) y el nivel sigma.  |
| Analizar   | • Diagrama de Pareto<br><br>• Diagrama de Ishikawa                   | Se determinan las causas fundamentales del problema. El diagrama de Ishikawa clasifica los elementos basándose en las categorías de las 6M (método, máquina, material, mano de obra, medición y medioambiente), en tanto que el diagrama de Pareto proporciona la posibilidad de priorizar las causas más relevantes.                          |
| Mejorar    | • Estandarización de procesos<br>• Mejora de parámetros              | Para disminuir la variabilidad y el desperdicio, se crean e implementan soluciones que consisten en mejorar los parámetros críticos (tiempo y temperatura), estandarizar los procedimientos y capacitar a los trabajadores.  |
| Controlar  | • SPC (Control Estadístico de Procesos)<br><br>• Gráficos de control | El Control Estadístico de Procesos (SPC) asegura que las mejoras sean sostenibles. Para determinar desviaciones y mantener el proceso bajo control, se emplean gráficos como $\bar{X}$ -R o $\bar{X}$ -S para variables continuas (como rendimiento, humedad o peso) y p o np para atributos (por ejemplo, productos no conformes o defectos). |

### 3.5.1 Diagrama de Pareto

La regla 80/20, sustenta que una mínima cantidad de causas origina la mayoría de los problemas; en otras palabras, el 20 % de las causas se convierte en el 80 % del efecto. El diagrama de Pareto se emplea para su análisis, ya que facilita identificar y priorizar de las causas más reveladoras del problema [36]. Su elaboración comprende los siguientes pasos:

- Identificar los problemas que requieren análisis.
- Recopilar datos sobre sus causas y frecuencia.
- Organizar la información en orden de importancia, desde la causa más significativa hasta la menos relevante.

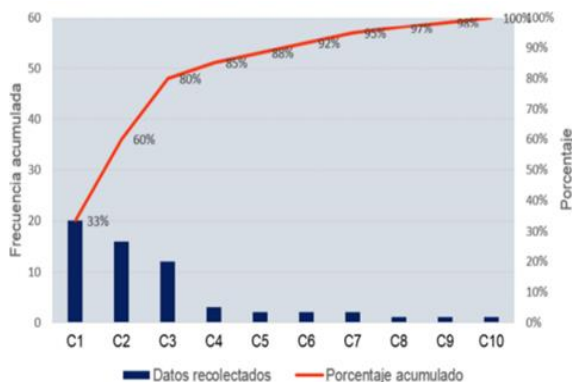


Figura 2. Ejemplo de un Diagrama de Pareto [37]

La representación gráfica que corresponde a la Figura 2 hace referencia al Eje X la relación de las causas que logramos identificar y esta línea se ha organizado finalmente desde la C1 hasta la C10. En donde el Eje Y izquierdo hace referencia al total de la frecuencia acumulada o total de datos y el Eje Y derecho al porcentaje. La línea roja que aparece en el gráfico hace alusión al porcentaje acumulado. Con esto, el gráfico da cuenta de todos aquellos elementos que podemos identificar que las tres causas (barras) suman el 80% del total, y ellas representan el 80% de los problemas.

El diagrama de Pareto tiene un valor práctico precisamente porque permite prescindir de esfuerzos puesto que puede identificar el mínimo conjunto a la vez que provoca el máximo efecto en los temas que afectan al negocio. Se basa a su vez en un análisis de conjuntos de datos concretos. A muy grosso modo la ley se puede aplicar a la hora de justificar que en muchos casos se da una relación proporcional entre dos elementos que tienen que ver con un fenómeno, por ejemplo, producción, ventas, tendencias en el consumo, áreas geográficas, etc... Asimismo, la regla de Pareto establece una jerarquía de prioridades que permite tomar decisiones de cierta importancia en el seno de una empresa en torno a problemas concretos [38].

### **3.5.2 Diagrama Ishikawa**

Conocido como espina de pescado o diagrama de causa-efecto, posibilita el reconocimiento metódico de las causas que pueden dar lugar a un problema en un proceso. Se emplea el enfoque de las 6M (método, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente) para su análisis; esto permite evaluar con facilidad las fuentes primordiales de variabilidad o dificultades en el proceso.

Las 6M del Diagrama de Ishikawa comprenden las siguientes categorías:

- **Materiales:** Hace referencia a las materias primas, insumos, componentes y recursos utilizados en el proceso productivo, cuya calidad, disponibilidad o variabilidad pueden influir directamente en el resultado final del producto.
- **Métodos (o procesos):** Da a entender a aquellos procedimientos, técnicas, normas de trabajo y secuencias de operación que se aplican durante la manufactura del producto, durante la prestación del servicio y el grado a que estén estandarizados.
- **Máquinas:** Se corresponden con los equipos, herramientas, infraestructura empleados en el proceso, el mantenimiento, la calibración, el estado en que se encuentran y la capacidad tecnológica alcanzada.

- Mediciones: Se corresponden con los equipos, herramientas, infraestructura empleados en el proceso, el mantenimiento, la calibración, el estado en que se encuentran y la capacidad tecnológica alcanzada.
- Mano de obra: Hace referencia al personal implicado en el proceso, atendiendo el nivel de cualificación, experiencia, habilidades, carga laboral y cumplimiento de los procedimientos.
- Medio ambiente (madre naturaleza): Incluye los factores que influyen sobre el proceso, tales como, condiciones ambientales, clima, iluminación, higiene, ruido, así como aspectos normativos y reglamentarios.

El diagrama de Ishikawa posibilita ilustrar la conexión problema-causas de manera visual y estructurada, lo que ayuda a detectar las causas raíz y a tomar decisiones con el propósito de mejorar continuamente y controlar la calidad. Un ejemplo ilustrativo de este diagrama, que se aplica al análisis de procesos, aparece en la Figura 3.

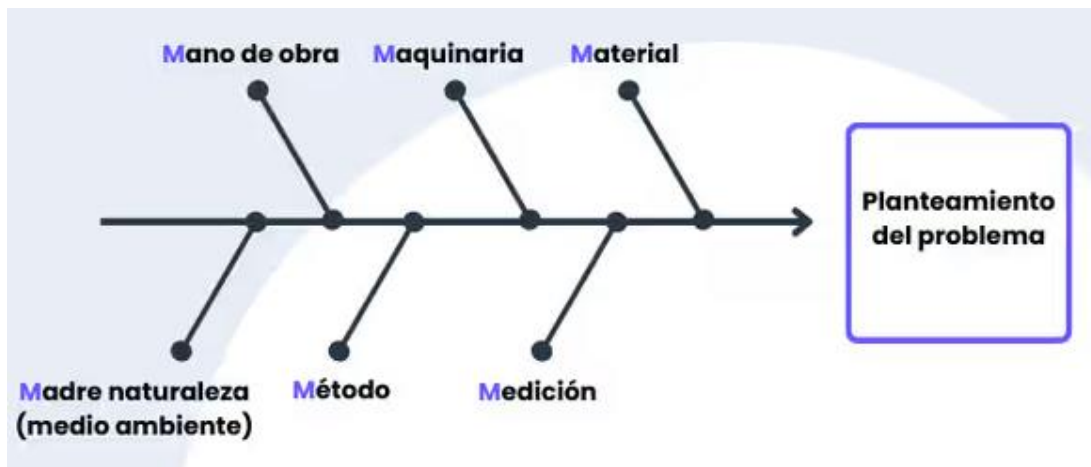


Figura 3. Ejemplo de un diagrama de causa y efecto [39]

### 3.6 ANÁLISIS COMPARATIVO DE INVESTIGACIONES SIMILARES EN LA APLICACIÓN DE SIX SIGMA EN LA INDUSTRIA LÁCTEA

Se realizó un análisis comparativo de estudios parecidos para contextualizar la propuesta de mejora en la producción de queso fresco 500 g, usando la metodología Six Sigma (DMAIC), en Productos Lácteos "FINO". Se analizan los puntos fuertes (resultados exitosos y elementos positivos), los puntos débiles (enfoques limitados o deficiencias) y las limitaciones generales, para detectar las brechas que este trabajo trata. Los estudios que se eligieron provienen de repositorios académicos abiertos y se comparan con los hallazgos de esta tesis. Esto se muestra en la Tabla 8 y 9.

Tabla 8. Análisis Comparativo de Investigaciones Similares

| <b>Tema de investigación</b>  | <b>Autor (Año)/ Lugar</b>                        | <b>Contexto</b>   | <b>Fortalezas</b>   | <b>Debilidades</b>   | <b>Limitaciones</b>  | <b>Fuente</b>   |
|---|--|---|---|--|--|---|
| Implementación de Six Sigma para la reducción de productos defectuosos en la línea de producción de quesos frescos de lácteos Marín en la provincia de la Concepción, Junín, 2025 | Miguel Ángel Marín Alipazaga (2025) / Lima-Perú  | Implementación de Six Sigma en línea de quesos frescos en Lácteos Marín, Perú. Reducción de productos defectuosos por variabilidad en peso y textura. | Redujo defectos del 6.37% al 0.54%; DPMO bajó 93.96% (de 63,694 a 5,435); Sigma mejoró de 2.33 a 2.84; análisis económico con VAN positivo S/3,767 y TIR 78.9%; enfoque riguroso en DMAIC con mejoras cuantificables en calidad y eficiencia. | Énfasis excesivo en aspectos económicos sin profundizar en eficiencia operativa como tiempos no-valor agregado; muestra limitada a un período corto. | No compara múltiples líneas de producción; falta evaluación de capacidad (Cp/Cpk) y gráficos de control; no integra validación de causas con técnicas como 5 Porques extensas; contexto peruano mediano, sin extensión a escalas locales ecuatorianas. | <a href="https://repositorio.upn.edu.pe/backup/api/convert/bitstreams/2cf74157-dd99-4d48-884e-43633b2278c1/content">https://repositorio.upn.edu.pe/backup/api/convert/bitstreams/2cf74157-dd99-4d48-884e-43633b2278c1/content</a> |
| <b>Tema de investigación</b>  | <b>Autor (Año)/ Lugar</b>                        | <b>Contexto</b>   | <b>Fortalezas</b>   | <b>Debilidades</b>   | <b>Limitaciones</b>  | <b>Fuente</b>   |
| Implementación de la metodología DMAIC en una empresa láctea: Reducción de defectos y tiempo del proceso productivo.  | José Gabriel Obando Mejía (2021) / Quito-Ecuador | Implementación de DMAIC en empresa láctea ecuatoriana para queso fresco 450g; reducción de defectos y tiempos de proceso.                             | Redujo tiempo de proceso en 35% (de 712 a 460 min); mejoró Cpk de valores negativos a positivos; integró Lean con VSM para identificar no-valor agregado; enfoque práctico en layout y controles, mejorando satisfacción del cliente.         | No calculó nivel Sigma ni DPMO, limitando la comparación estadística; énfasis en tiempo más que en desperdicios cuantificados en %.                  | Muestreo no extenso (menos lotes que 56); no incluye graficas de control $\bar{X}$ -R, ni análisis multiproducto; fecha pre-pandemia, sin actualización a contextos actuales; falta cuantificación detallada de mermas como 12.78%.                    | <a href="file:///C:/Users/PC/Downloads/136594.pdf">file:///C:/Users/PC/Downloads/136594.pdf</a>   |

Tabla 9. (Continuación) Análisis Comparativo de Investigaciones Similares

| Tema de investigación   | Autor (Año)/ Lugar  | Contexto  | Fortalezas   | Debilidades   | Limitaciones   | Fuente  |
|---|---|---|--|---|--|---|
| Metodología lean six sigma para el proceso de fabricación de quesos frescos | Liliana Teolina Cervantes Rodríguez, Xavier Espin Beltran, Raul Guevara Viera (2021-2022) /Latacunga -Ecuador | Metodología Lean Six Sigma para el proceso de fabricación de quesos frescos en planta ecuatoriana (Cotopaxi); mejora de calidad y eficiencia. | Mejora en producción y control de parámetros (pH, humedad); incremento en ventas y ganancias por reducción de desperdicios; propuesta estructurada de DMAIC para mejora general; validación de mejoras en contexto regional. | Enfoque general en quesos sin detalle específico en una línea y no cuantifica Sigma level o DPMO explícitamente . | Ausencia de Pareto multiproducto y Cp/Cpk detallado; datos no tan robustos (menos lotes analizados); no aborda actividades no-valor agregado cuantificadas; limitación a parámetros de calidad sin integración económica profunda. | <a href="https://investigacion.utc.edu.ec/index.php/ciy/article/view/392/378">https://investigacion.utc.edu.ec/index.php/ciy/article/view/392/378</a> |

## 4 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

### 4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue realizada bajo un estudio de campo, descriptivo–explicativo y con diseño de tipo cuantitativo, enmarcado en la aplicación de una herramienta o una metodología como es Six sigma o el ciclo DMAIC para mejorar el proceso productivo en la empresa PRODUCTOS LÁCTEOS "FINO". La naturaleza aplicada de la investigación corresponde a que intenta dar respuesta a una situación problemática real y de enfoque cuantitativo, dado que necesita medir la variabilidad, el nivel de desperdicio y los indicadores de desempeño mediante herramientas que permitan asegurarse de ser lo más objetivas posible en los resultados obtenidos, es decir, aplicar estadística para justificar mejor cualquier conclusión que se alcance al final del trabajo. El estudio, además, conecta aquel conocimiento previo que tenía la problemática de la eficiencia productiva, a nivel de gestión y control de calidad respecto de las aplicaciones de la hipótesis sobre la aplicación de Six Sigma y el planteamiento de la hipótesis de que se beneficiaría la eficiencia operativa debido a la reducción de los desperdicios de la línea de producción.

Con enfoque cuantitativo reside en la necesidad de recoger, medir y analizar los datos objetivos en relación con la eficiencia, la cantidad de merma, la productividad y la variabilidad del proceso, a partir de la utilización de las herramientas estadísticas, del control estadístico de

procesos, de la metodología Six Sigma. Para ello, se determinarán indicadores como el rendimiento, tasa de defectos, nivel sigma y la desviación estándar para establecer una línea de base del comportamiento real del proceso, para que se pueda evaluar objetivamente el impacto de las mejoras propuestas. El enfoque apuntado asegura la validez de los resultados, como base para las futuras decisiones de la empresa.

Desde una forma descriptivo-explicativo se plantea, al principio caracterizar, o bien caracterizarse, el proceso productivo tal como se presenta en condiciones reales de operación, tal y como se ejecuta, se identifican las etapas clave del mismo, en el umbral de las cuales se producen las mermas de materia prima de las desviaciones de calidad; y posteriormente, analizar las relaciones causales entre las variables del proceso y los resultados logrados, para explicar cómo determinadas variables operativas pueden incidir e influir en el desperdicio y la eficiencia. En consecuencia, la investigación encuentra un punto de intersección entre las anteriores aproximaciones sobre la eficiencia productiva, el control estadístico, y la gestión de la calidad, así como la hipótesis de que la aplicación sistemática de la metodología Six Sigma contribuirá a mejorar la eficiencia operativa y a reducir de forma sostenible el derroche de la línea de producción analizada.

## **4.2 ALCANCE**

La forma de actuar que se pone en práctica en la presente investigación es de tipo descriptivo - explicativo, es decir, por una parte, se orienta a describir el comportamiento real frente al proceso productivo y los índices de desperdicio existentes en las líneas de producción activas de la empresa PRODUCTOS LÁCTEOS "FINO" (queso fresco, queso mozzarella, yogurt y crema leche), y por otra parte, explica cómo se relacionan las variables del proceso y el desperdicio producido de la línea que se ha determinado tiene índices más altos de ineficiencia.

Se buscó describir el proceso de producción tal como se presenta en su entorno, evaluando y midiendo variables como los tiempos de operación, el rendimiento, el grado de desperdicio, defectos, el proceso y la medición de su rendimiento inicial en la producción sin alterar ni modificar deliberadamente las condiciones de operación. La forma de llevar a cabo la metodología descriptiva permite establecer la línea de base objetiva del rendimiento del sistema productivo.

Por su parte, el enfoque correlacional se apoya en la posibilidad de investigar la relación entre las variables críticas del proceso (X), como pueden ser: los parámetros de operación, los métodos de trabajo, el rendimiento del personal y las condiciones del proceso; así como en las

variables de resultado (Y), como son: el desperdicio de materia prima, la variabilidad o los defectos del producto. Con la ayuda de herramientas estadísticas y herramientas de análisis, que se pueden utilizar con la metodología de Six Sigma, cifras de Pareto, diagramas de Ishikawa, análisis de la variabilidad o correlaciones continuaremos con un análisis de variables destinado a asociar variables, sin llegar a hacer experimentación.

Cabe observar que la metodología Six Sigma apela al principio funcional  $Y = f(X)$  para caracterizar la relación en el comportamiento del proceso, pero en la presente investigación dicho principio es adoptado desde una perspectiva analítica y no experimental para datos reales del proceso. La aplicación de un diseño experimental implica la manipulación de las variables en condiciones controladas, lo que no es posible en un entorno industrial que debe garantizar la operatividad, la seguridad alimentaria y la estabilidad del producto.

### **4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE PRODUCTOS**

#### **4.3.1 Población**

Estuvo formada por todos los elementos que componen las cuatro líneas de producción que se encuentran activas en la empresa PRODUCTOS LÁCTEOS "FINO", la cual se encuentra situada en la ciudad de Latacunga: (1) queso fresco de 500 gramos, (2) queso mozzarella de 500 gramos, (3) yogurt de diferentes variedades y (4) crema de leche de 450 gramos. Esta población abarca tanto los recursos humanos directamente vinculados con el proceso productivo como los lotes de producción generados en el normal funcionamiento de la línea de producción.

- Los operarios que forman parte del proceso de las cuatro líneas productivas (recepción de materia prima, coagulación, desuerado, moldeado, prensado y almacenamiento).
- Los supervisores y personal de control de calidad responsables del monitoreo del proceso en cada línea.
- Los registros de producción, desperdicio, reproceso y defectos generados en las cuatro líneas de producción activas.
- Los lotes de producción alcanzados durante el periodo de estudio.

Esta población resulta pertinente para el estudio, ya que concentra las variables críticas relacionadas con la eficiencia productiva y el desperdicio de materia prima que se pretende analizar y mejorar mediante la metodología Six Sigma.

Posteriormente, mediante el análisis de productividad y desperdicio, se identificará cuál de las cuatro líneas requiere intervención prioritaria.

### **4.3.2 Muestra**

Bajo un muestreo no probabilístico por conveniencia o accidental, dado que el trabajo se lleva a cabo en un entorno industrial real, igualmente, el acceso a la información y a los elementos del análisis depende de la operatividad y de las condiciones ordinarias de producción.

El muestreo accidental se justifica porque permitió analizar los datos reales generados durante el período de estudio, sin interrumpir la continuidad del proceso productivo ni alterar las condiciones de operación, garantizando la inocuidad del producto y la estabilidad del sistema.

- N = 183 lotes de producción distribuidos en las cuatro líneas activas: 56 lotes de queso fresco de 500 gramos, 92 lotes de queso mozzarella de 500 gramos, 24 lotes de yogurt en presentaciones variables y 11 lotes de crema de leche de 450 gramos, correspondientes a los turnos y días en los que se tuvo acceso a los registros completos de producción durante el periodo enero-diciembre 2025.
- 6 operarios de la línea de producción que participaron activamente en las cuatro líneas de producción, así como 1 supervisor y 1 inspector de calidad.
- Registros históricos y actuales de desperdicio, reproceso, rendimiento y defectos generados en las cuatro líneas durante un período aproximado de (12 meses).
- Mediciones directas de variables críticas del proceso, tales como rendimiento, tiempos de operación y volumen de desperdicio.

La elección de esta muestra permitió la descripción del comportamiento real de la operación, la descripción de la relación existente entre variables del proceso y el desperdicio, cumpliendo así los objetivos del estudio y con el tipo de enfoque descriptivo–explicativo explicitado.

## **4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**

### **4.4.1 Mapeo y delimitación del sistema productivo**

El mapeo y delimitación del sistema productivo consiste en identificar y representar gráficamente los procesos clave, delimitando proveedores (S), entradas (I), procesos (P), salidas (O) y clientes (C) mediante el diagrama SIPOC. Esta herramienta permite caracterizar el proceso de forma global, visualizar el flujo de valor, detectar límites iniciales y finales, y priorizar oportunidades de mejora al eliminar actividades no valoradas [40].

Para el desarrollo de esta actividad se empleó como instrumento el diagrama SIPOC del sistema productivo (Anexo C).

#### **4.4.2 Recolección sistemática de datos productivos y desperdicios**

La recopilación sistemática de datos de producción y desperdicios consiste en recopilar información, tanto cuantitativa como cualitativa, acerca del comportamiento de los procesos y las mermas por medio de hojas de fabricación y observación directa de las operaciones que permite determinar los patrones de funcionamiento y las causas de ineficacias, los resultados obtenidos demuestran que los residuos se generan por la sobreproducción, existencias, defectos, reprocesados y el transporte [41]. Esta técnica es fundamental para reducir los residuos en entornos industriales mediante el seguimiento de variables estructuradas como el tiempo y las pérdidas. Para su aplicación se emplearon como instrumentos la ficha de control de desperdicios (Anexo A), y la ficha de control de producción (Anexo E).

#### **4.4.3 Análisis comparativo y priorización**

La evaluación comparativa y la priorización del rendimiento comparan las informaciones que se han recopilado para evidenciar las diferencias existentes entre el desempeño real y el ideal, en la que se utiliza un gráfico de Pareto que evidencia el problema, con la contribución relativa de cada parte del problema. El gráfico se sustenta sobre la teoría que dice que una gran cantidad de errores se pueden atribuir a un número pequeño de causas y que estas deben ser las que se trabajan [42]. Esta técnica clasifica y prioriza las causas de la variabilidad según el impacto (la regla 80/20), facilitando la asignación eficiente de recursos en la mejora continua, para lo cual se empleó el diagrama de Pareto (Anexo B).

#### **4.4.4 Diseño y Priorización de Propuestas de Mejora**

Los POE se crean en la etapa Improve de DMAIC, tomando como base las causas fundamentales. Procedimientos Operativos Estandarizados (POE) para satisfacer lo estipulado por la resolución en situaciones de control de productos lácteos [43]. Desarrollar procedimientos operativos estandarizados que posibiliten una supervisión efectiva durante las fases de producción de los productos lácteos. Se aplicará en la propuesta el POE para desuerado, orientado a disminuir la variabilidad en la etapa crítica identificada.

#### **4.4.5 Identificación y análisis de causa raíz**

La identificación y el análisis de la causa raíz para llevar a cabo el tratamiento de las oportunidades se apoyan en herramientas como los diagramas de Ishikawa o de espina de pescado y el de Pareto, los cuales permiten organizar y jerarquizar las causas del problema en categorías como mano de obra, maquinaria, materiales, medio ambiente, método y medición, de modo que el diagrama de Ishikawa, también denominado diagrama causa-efecto, facilita la visualización estructurada de las posibles causas y contribuye a la determinación de las causas raíz del problema [44]. Esta técnica resuelve ineficiencias crónicas en optimizaciones industriales mediante enfoque sistemático.

#### **4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS**

La información fue procesada a partir de un análisis estadístico descriptivo y documental a partir de los registros históricos de producción y de control de calidad de la empresa PRODUCTOS LÁCTEOS "FINO". La caracterización de los registros, por tanto, permite llegar a adecuadas condiciones para caracterizar la forma de comportamiento de las variables que determinan la eficiencia operativa, la productividad y el desperdicio permitido. Los datos serán constituidos y procesados en Microsoft Excel 365 generando tablas y gráficos que describirán la tendencia histórica del proceso.

#### **4.6 LÍNEAS DE PRODUCCIÓN**

La empresa PRODUCTOS LÁCTEOS “FINO” cuenta con seis líneas de producción definidas: (1) queso fresco, (2) queso mozzarella, (3) yogurt, (4) crema de leche, (5) helados con base láctea y (6) mantequilla. Sin embargo, el presente estudio se circunscribe al análisis de las cuatro primeras líneas debido a consideraciones metodológicas y operativas que se detallan a continuación. Primero, en el periodo de recogida de datos y en la etapa de observación directa del proceso, las líneas de mantequilla y helados no estaban funcionando. A pesar de que estas líneas pertenecen al portafolio productivo de la compañía, funcionan de forma ocasional y no tienen procesos estandarizados ni una frecuencia de producción constante, lo cual impidió que se incluyeran en el lapso de medición determinado.

Partiendo de un punto de vista metodológico, para implementar la metodología Six Sigma es necesario contar con datos consistentes y suficientes que posibiliten la ejecución de análisis estadísticos sólidos, los cuales sirven para determinar indicadores de capacidad del proceso, variabilidad y nivel de Sigma. Política de producción esporádica tanto de la línea 5 y la línea 6

que no garantizaría la estabilidad representativa de las cuales se puede determinar una línea de base fiable ya que compromete la validez de los hallazgos y por tanto la eficacia de las mejoras sugeridas. Así, la falta de estandarización en la producción de mantequillas, helados, nos quiere decir que no se habían documentado ni protocolos de producción, ni tiempos de flujo fijos, ni estándares de calidad estandarizados. Elementos necesarios para aplicar el ciclo DMAIC y detectar, mediante diagramas de flujo, cursogramas analíticos y análisis de variabilidad las causas básicas de las originadas por el despilfarro.

Por estas razones, determinado concentrar el estudio en las cuatro líneas como operación continua y estandarizada, lo que permite garantizar la rigurosidad del análisis y la aplicabilidad de las mejoras propuestas en un entorno productivo estable y medible.

#### 4.7 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

Tabla 10. Matriz de operacionalización, objetivo específico 1

| Objetivo  | Variable   | Dimensión                      | Indicador                          | Forma de medición   | Instrumento   | Fuente  |
|---|--|--------------------------------|------------------------------------|---|---|---|
| Diagnosticar el proceso general de producción para identificar la línea con mayores índices de desperdicios | Proceso de producción (Comparativo entre líneas) | Alcance del sistema            | Delimitación del proceso           | Identificación de entradas, salidas, proveedores y clientes   | Anexo C: Diagrama SIPOC                               | <a href="https://repositorio.upn.edu.pe/ba ckend/api/core/bitstreams/2cf74157-dd99-4d48-884e-43633b2278c1/content">https://repositorio.upn.edu.pe/ba ckend/api/core/bitstreams/2cf74157-dd99-4d48-884e-43633b2278c1/content</a> |
|   |  | Nivel de desperdicio por línea | Índice de desperdicio total        | $%D = [(M + R) / TP] \times 100$ ; donde: %D = % Desperdicio, M = Merma (kg), R = Reproceso (kg), TP = Total producido (kg) | Anexo A: Ficha de Control de Desperdicios (por línea) | <a href="https://flwprotocol.org/wp-content/uploads/2017/05/FLW_Standard_final_2016.pdf">https://flwprotocol.org/wp-content/uploads/2017/05/FLW_Standard_final_2016.pdf</a>   |
|   |  | Nivel de desperdicio por línea | Frecuencia de tipos de desperdicio | Conteo por categoría: merma, reproceso, producto no conforme  | Anexo A (campo: tipo de merma principal)              | <a href="https://investigacion.utc.edu.ec/index.php/ciya/article/view/392">https://investigacion.utc.edu.ec/index.php/ciya/article/view/392</a>   |
|   |  | Nivel de desperdicio por línea | Priorización de líneas críticas    | Clasificación de las línea de producción según % de desperdicio   | Anexo B: Diagrama de Pareto                           | <a href="https://repositorio.upn.edu.pe/ba ckend/api/core/bitstreams/2cf74157-dd99-4d48-884e-43633b2278c1/content">https://repositorio.upn.edu.pe/ba ckend/api/core/bitstreams/2cf74157-dd99-4d48-884e-43633b2278c1/content</a> |
|   |  | Capacidad productiva instalada | Volumen de producción por línea    | $V = P / T$ ; donde: V = Volumen (kg/turno), P = kg producidos, T = turno de trabajo  | Anexo E: Ficha de Control de Producción               | <a href="https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/502c2ab6-17f9-4bbd-8163-f61e1058227e/content">https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/502c2ab6-17f9-4bbd-8163-f61e1058227e/content</a>       |

Tabla 11. Matriz de operacionalización, objetivo específico 2

| Objetivo   | Variable                             | Dimensión                        | Indicador                       | Forma de medición                         | Instrumento                                  | Fuente  |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---|--|---|
| Determinar las causas raíz de los desperdicios utilizando herramientas de la metodología Six Sigma | Causas de ineficiencia y desperdicio | Causas potenciales categorizadas | % de frecuencia por categoría M | Frecuencia de causas identificadas por 6M | Anexo H: Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto) | <a href="https://www.toolshero.com/problem-solving/fishbone-diagram-ishikawa/">https://www.toolshero.com/problem-solving/fishbone-diagram-ishikawa/</a> |

Tabla 12. Matriz de operacionalización, objetivo específico 3

| Objetivo  | Variable                        | Dimensión                | Indicador                          | Forma de medición  | Instrumento  | Fuente  |
|---|---------------------------------|--------------------------|------------------------------------|--|--|---|
| Proponer mejoras en la línea de producción del queso fresco orientadas a la reducción de desperdicios | Propuesta de mejora del proceso | Proyección de resultados | Meta de reducción de desperdicio   | % de reducción proyectada respecto a baseline (Anexo E)  | Análisis basado en datos históricos (Anexo E) y supuestos de mejora                | <a href="https://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/39077/1/Douglas%20C.%20Montgomery.pdf">https://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/39077/1/Douglas%20C.%20Montgomery.pdf</a>                       |
|   |                                 |                          | Rendimiento proyectado post-mejora | kg queso / L leche (en escenario mejorado)   | Análisis basado en eliminación/reducción de causas raíz                            | <a href="https://fupvirtual.edu.co/repositorio/files/original/af6894e180ca6b3676535149a18fe7847acc5e5.pdf">https://fupvirtual.edu.co/repositorio/files/original/af6894e180ca6b3676535149a18fe7847acc5e5.pdf</a> |
|   |                                 |                          | Impacto económico de la reducción  | Ahorro mensual en USD por reducción de desperdicio; periodo de recuperación de inversión; ROI proyectado | Análisis de costo-beneficio proyectado (histórico 2022–2025, proyección 2026–2028) | <a href="https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/11155/1/136594.pdf">https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/11155/1/136594.pdf</a>   |

## 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 IMPLEMENTACIÓN DEL CICLO DMAIC EN EL ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para organizar la mejora del proceso de producción y alcanzar los objetivos concretos propuestos, se utilizó el método Six Sigma a través del ciclo DMAIC. Esta herramienta posibilitó la organización sistemática de las actividades llevadas a cabo en el análisis de resultados, lo que hizo más fácil determinar el problema, medir el rendimiento, examinar las causas raíz, sugerir mejoras y establecer métodos de control. A continuación, en la Tabla 13 se ofrece un resumen de cómo se aplicó el ciclo DMAIC en relación con las metas del estudio y de manera visual en la Figura 4.

Tabla 13. Implementación del ciclo DMAIC

| Fase DMAIC       | Objetivo específico relacionado   | ¿Qué se hizo?   | Instrumentos utilizados   | Resultados esperados   |
|------------------|---|---|---|--|
| <b>Definir</b>   | Diagnosticar el proceso general de producción para la identificación de la línea con mayores índices de desperdicios. | Se identificó el problema y se delimitó el sistema productivo de la empresa     | Mapa de procesos, clasificación de procesos, SIPOC                        | Identificación clara del proceso crítico y delimitación del alcance de mejora          |
| <b>Medir</b>     |   | Se recopilaron datos de producción, desperdicio y rendimiento por línea         | Ficha de control de desperdicios, ficha de producción, diagrama de Pareto | Cuantificación del nivel de desperdicio y establecimiento de la línea base del proceso |
| <b>Analizar</b>  | Analizar el desempeño operativo de la línea de producción y determinar las causas raíz de los desperdicios.           | Se evaluó la variabilidad del proceso y se identificaron causas del desperdicio | Hoja de inspección, gráficos $\bar{X}$ -R, diagrama de Ishikawa, Pareto   | Identificación de causas raíz que afectan la eficiencia y generan desperdicio          |
| <b>Mejorar</b>   | Proponer mejoras en la línea de producción del queso fresco orientada a la reducción de desperdicios.                 | Se diseñaron soluciones enfocadas en reducir desperdicios                       | Propuestas técnicas (prensa neumática, capacitación)                      | Reducción del desperdicio de materia prima   |
| <b>Controlar</b> |   | Se establecieron mecanismos de seguimiento y control del proceso                | Plan de control, matriz RACI  | Mantenimiento de las mejoras implementadas y control continuo del proceso productivo   |



Figura 4. Proceso de implementación del ciclo DMAIC

## 5.2 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

### 5.2.1 Procesos estratégicos

Los procesos estratégicos guían el funcionamiento general de la organización, constituyendo los procesos de tipo estratégico. La finalidad básica de dichos procesos es la de definir políticas, objetivos y estrategias que propicien la mejora del rendimiento organizacional y la competitividad. En la Tabla 14 figura el conjunto de los procesos estratégicos de la compañía Productos Lácteos “Fino”.


Tabla 14. Procesos estratégicos (PE)

|  |                          | Productos Lácteos "FINO"  |
|---|--------------------------|---|
|   |                          | Procesos Estratégicos (PE)  |
| Codificación  | Proceso                  | Subproceso  |
| PE-01   | Gestión de la producción | Planificación de la producción de productos lácteos.                  |
|   |                          | Supervisión y control del proceso productivo.                         |
|   |                          | Mejora del uso de recursos y reducción de desperdicios.               |
| PE-02   | Gestión de BPM           | Implementación de Buenas Prácticas de Manufactura.                    |
|   |                          | Control de higiene en instalaciones, equipos y personal.              |
|   |                          | Verificación del cumplimiento de normas sanitarias.                   |
| PE-03   | Gestión ambiental        | Control del manejo de residuos generados en producción.               |
|   |                          | Implementación de prácticas de producción sostenible.                 |
|   |                          | Cumplimiento de normativas ambientales.                               |
| PE-04   | Gestión de ventas        | Planificación de estrategias de comercialización.                     |
|   |                          | Gestión de pedidos y atención a clientes.                             |
|   |                          | Control de distribución y posicionamiento del producto en el mercado. |

### 5.2.2 Procesos operativos

Los procesos operativos son la fuerza motriz de la empresa, pues es en ellos donde se realiza el proceso de innovación desde la materia prima hasta el producto del consumidor final. Los modos operativos producen valor inmediato para el cliente. Las etapas básicas están reflejadas en la Tabla 15.


Tabla 15. Procesos operativos (PO)

|  |                                  | <b>Productos Lácteos "FINO"</b>   |
|---|----------------------------------|---|
|   |                                  | <b>Procesos Operativos (PO)</b>   |
| <b>Codificación</b>   | <b>Proceso</b>                   | <b>Subproceso</b>   |
| <b>PO-01</b>  | Recepción de la materia prima    | Recepción y registro de la leche proveniente de los proveedores.                      |
|   |                                  | Verificación de cantidad y condiciones de transporte.                                 |
|   |                                  | Descarga y almacenamiento temporal de la materia prima.                               |
| <b>PO-02</b>  | Clasificación de materia prima   | Evaluación de la calidad de la leche (olor, color y temperatura).                     |
|   |                                  | Filtrado y eliminación de impurezas presentes en la leche.                            |
|   |                                  | Clasificación y aceptación de la materia prima para el proceso productivo.            |
| <b>PO-03</b>  | Pasteurización                   | Calentamiento de la leche a la temperatura establecida para eliminar microorganismos. |
|   |                                  | Control y registro de temperatura y tiempo de pasteurización.                         |
|   |                                  | Enfriamiento de la leche para continuar con el proceso de elaboración.                |
| <b>PO-04</b>  | Elaboración de productos lácteos | Colocación de la cuajada en moldes para dar forma al producto.                        |
|   |                                  | Compactación y drenaje inicial del suero.   |
| <b>PO-05</b>  | Desuerado                        | Separación del suero de la cuajada.   |
|   |                                  | Escurredo de la cuajada para reducir el contenido de humedad.                         |
| <b>PO-06</b>  | Moldeado                         | Colocación de la cuajada en moldes para dar forma al producto.                        |
|   |                                  | Distribución uniforme de la masa dentro de los moldes.                                |
| <b>PO-07</b>  | Prensado                         | Aplicación de presión para eliminar el suero restante.                                |
|   |                                  | Compactación y consolidación de la estructura del queso.                              |
| <b>PO-08</b>  | Empaquetado                      | Corte y pesado del queso según la presentación requerida.                             |
|   |                                  | Enfundado o empaquetado del producto.   |
| <b>PO-09</b>  | Almacenamiento                   | Traslado del producto terminado a la cámara de refrigeración.                         |
|   |                                  | Control de temperatura y condiciones de almacenamiento.                               |
| <b>PO-10</b>  | Distribución                     | Preparación de pedidos según requerimientos de clientes.                              |
|   |                                  | Carga del producto en vehículos de transporte refrigerado.                            |
|   |                                  | Entrega y distribución del producto a los puntos de venta.                            |

### 5.2.3 Procesos de apoyo

Los procesos de soporte son los que respaldan las actividades estratégicas y operativas, proveyendo a la compañía de los recursos requeridos para su eficiente operación. Entre ellos que tiene la empresa Productos Lácteos “FINO” se detalla en la Tabla 16.

Tabla 16. Procesos apoyo (PA)

|  |                               | Productos Lácteos "FINO"  |
|---|-------------------------------|---|
|   |                               | Procesos Apoyo (PA)   |
| Codificación  | Proceso                       | Subproceso  |
| PA-01   | Recursos humanos              | Selección y contratación del personal.  |
|   |                               | Capacitación del personal en procesos productivos y BPM.                        |
|   |                               | Control de asistencia y desempeño laboral.                                      |
| PA-02   | Seguridad y salud ocupacional | Identificación y control de riesgos laborales.                                  |
|   |                               | Dotación de equipos de protección personal (EPP).                               |
|   |                               | Capacitación en seguridad y prevención de accidentes.                           |
| PA-03   | Mantenimiento                 | Mantenimiento preventivo de equipos y maquinaria.                               |
|   |                               | Mantenimiento correctivo en caso de fallas.                                     |
|   |                               | Verificación del correcto funcionamiento de equipos.                            |
| PA-04   | Contabilidad                  | Registro de ingresos y egresos de la empresa.                                   |
|   |                               | Control de costos de producción.  |
|   |                               | Elaboración de reportes financieros y cumplimiento de obligaciones tributarias. |

### 5.3 MAPA DE PROCESOS DE PRODUCTOS LÁCTEOS “FINO”

El mapa de procesos de Productos Lácteos "Fino" se elabora con la intención de dar paso a la escasa revisión de la estructura de organización y la actividad productiva de la sociedad. El mapa refleja cómo están interconectados el proceso estratégico, el proceso operativo y el proceso de apoyo.

El proceso estratégico guía la planificación, la dirección y la toma de decisiones de la

organización; el proceso operativo es el núcleo que concreta el proceso de transformación de la materia prima hasta el producto final, es decir, los productos lácteos; y el proceso de apoyo es el que da lugar a los recursos para que la actividad productiva pueda desarrollarse de forma correcta. La combinación de los procesos permite que la empresa gestione mejor, satisfaga las exigencias de los clientes y adecúe la calidad de los productos, al mismo tiempo que facilita la identificación de oportunidades de mejora del sistema productivo. Es lo que se expresa y se puede observar en la Figura 5.

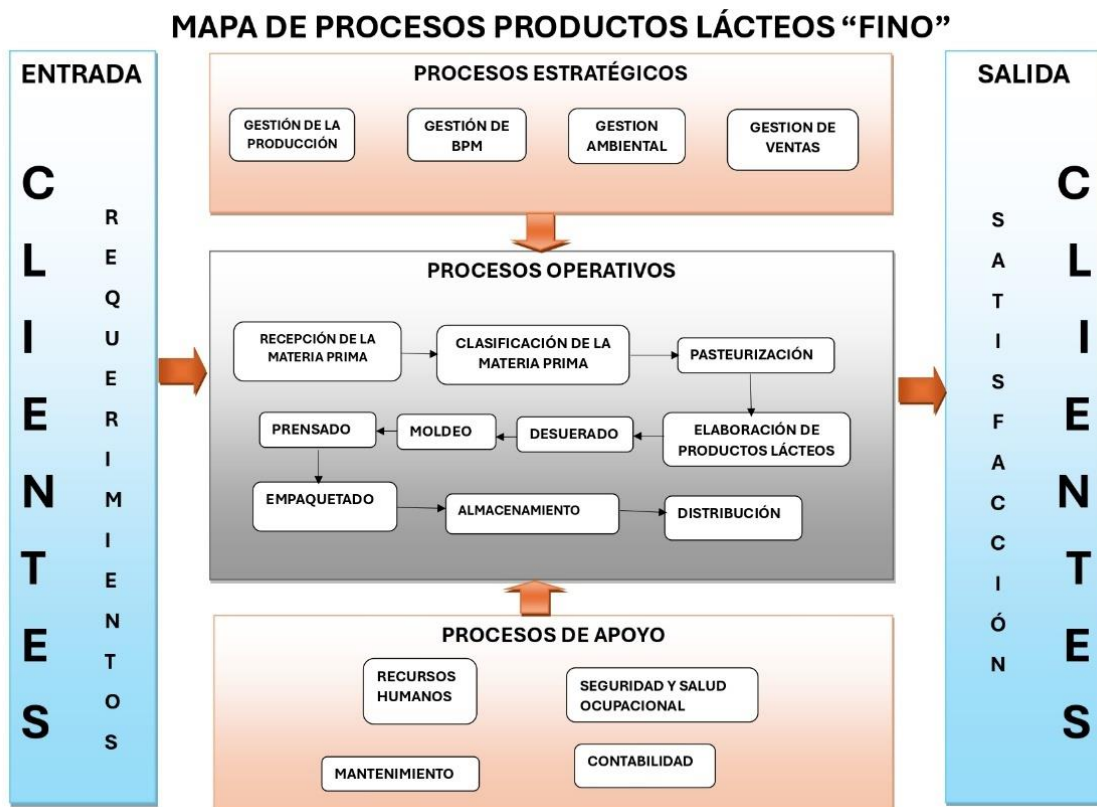


Figura 5. Mapa de procesos de la empresa Productos Lácteos “Fino”

### 5.3.1 Layout del área de producción de PRODUCTOS LÁCTEOS “FINO”

Para analizar el recorrido de las líneas de producción y comprender la distribución física del sistema productivo, se presenta el diseño actual del área de producción de PRODUCTOS LÁCTEOS "FINO". Este diseño permite identificar las áreas principales del proceso: pasteurización, cuajado, desuerado, modelado, prensado, empaque y almacenamiento del producto terminado. También contribuye a la visualización de la circulación de los movimientos del personal, las materias primas y del producto en proceso, posibilitando ver los cuellos de botella, los recorridos innecesarios y las oportunidades de mejora en la organización del espacio. Esto se ve en la Figura 6.



Figura 6. Layout del área de producción de la microempresa Productos Lácteos “FINO”

## **5.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA**

### **5.4.1 Proceso de elaboración de queso fresco de 500 g**

#### **a. Etapa: Recepción de materia prima**

La recepción de la materia prima comienza a partir del momento de llegada de las diferentes clases de medios de transporte de la leche a la Zona de Recepción de leche. Al llegar a la Zona de Recepción de leche, la PERSONA RESPONSABLE, procede a verificar las condiciones del transporte de la materia prima de la forma lo más cerrada posible, evitando la presencia de contaminantes, basándose en las evidencias de los registros del Procedimiento de alérgenos (incluye Calificación de proveedores), y Lista de verificación del transporte, Ficha técnica del producto y Carta compromiso de proveedores. Al descargar la materia prima, esta se descarga empleando una bomba de leche, misma que se conecta a una manguera y posee un filtro paño retenedor. Previo a la autorización de descarga, se debe realizar la verificación de los parámetros de control de leche cruda, que incluyen, pero no se limitan a: acidez, prueba del alcohol y densidad (termo lactodensímetro o pesa leche).

#### **b. Etapa: Recepción de insumos**

La recolección de insumos, se da lugar en primera instancia en la llegada a campamento de los traslados de carga, la persona que se hace cargo de verificar las condiciones del transporte de insumos cerrado y libre de contaminación, sustentado por los registros Procedimiento de alérgenos (incluye Calificación de proveedores), Lista de verificación de transporte, Ficha técnica del producto, Carta compromiso de proveedor. Los insumos se recolectan al mismo tiempo que los respectivos certificados de calidad (COA`s). Y se almacenan en la bodega correspondiente para dichos insumos. Las fundas de polietileno de alta densidad e insumos para la producción de queso se almacenan en la bodega correspondiente para dichos insumos.

#### **c. Etapa: Clasificación de materias primas**

Una vez evaluada la calidad de la leche cruda, se deberá atribuir el destino que se considere más apropiado dentro del proceso de fabricación. En la fabricación del queso fresco, la leche deberá tener ciertos parámetros de calidad que justifiquen la estabilidad y las características del producto final. Entre estos criterios hay que considerar una acidez, en °D, entre 16 y 18, una prueba de alcohol negativo con alcohol de 80° G.L. y unos prismas en la densidad entre 1,028 y 1,032.

Hay que aclarar que las leches que presenten valores de acidez superiores a los establecidos para la fabricación de queso fresco son destinadas directamente a la elaboración de queso mozzarella, puesto que las características fisicoquímicas de las mismas son más propicias para este tipo de elaboración.

#### **d. Etapa: Almacenamiento de materias primas**

Una vez separadas las materias primas (leche cruda), se procede al almacenamiento respectivo. Este almacenamiento está catalogado como Almacenamiento temporal.

#### **e. Etapa: descremado**

Etapa en la cual se procede a estandarizar la leche al contenido entre 2,4 a 2,8% de grasa en el producto descremado. Como criterio general se emplea la siguiente regla: Al pasar 100 litros de leche cruda por la descremadora se obtiene entre 3 a 5 litros de crema, el tornillo de la descremadora se ajusta al máximo. Si se obtiene más de 5 litros de crema, el queso se torna frágil. Aproximadamente el porcentaje de grasa en crema de leche obtenida es del 53 al 55%. Este subproducto se destina a otras elaboraciones como mantequilla o base para helados.

#### **f. Etapa: Almacenamiento temporal**

Una vez separadas la grasa de la leche, este producto se coloca en la marmita correspondiente para iniciar el proceso de obtención de Queso fresco.

#### **g. Etapa: Temperado de leche cruda**

Proceso diseñado para eliminar los patógenos contenidos en la leche cruda. Los parámetros empleados son Temperatura 70°C y tiempo 10 segundos. Para llegar a estos parámetros el calentamiento debe ser lento y con agitación. Para determinar el punto final, debe esperarse que la leche fluida alcance la temperatura indicada y mantener por al menos 10 segundos en esa condición. Si la temperatura y tiempo no se alcanzan, debe repetirse el proceso hasta que concluya satisfactoriamente. La circulación del vapor se realiza en la doble chaqueta que posee la marmita empleada en la elaboración de queso fresco presentación de 500 gramos.

#### **h. Etapa: Enfriamiento de leche temperada**

Etapa diseñada para adecuar la leche a la temperatura de aproximadamente 50°C, a fin de poder realizar los siguientes procesos de elaboración de queso fresco.

#### **i. Etapa: Adición de sal cálcica**

El Proceso ideado para realizar la precipitación y agarre con el cuajo de la proteína de la leche (Caseína). Para llevar a cabo dicha precipitación es necesario preparar la disolución mezclando 10 g de cloruro de Calcio por cada 100 l de agua. Durante el atemperado se mantiene la agitación y la circulación de agua fría por la doble chaqueta de la marmita utilizada para la elaboración de queso fresco.

#### **j. Etapa: Adición de cuajo**

Proceso diseñado para juntamente con la etapa anterior provocar la formación de la denominada cuajada. El cuajo previamente debe ser añadido en proporción de 10 ml por cada 100 litros de leche. Durante esta etapa se mantiene la agitación y la circulación de agua fría por la doble chaqueta de la marmita empleada en la elaboración de queso fresco.

#### **k. Etapa: Cuajado y reposo**

Proceso diseñado para ser el resultado de las acciones ejecutadas en los pasos anteriores de adición de sal cálcica y cuajo sobre la leche lista para cuajar. En esta etapa se deja de agitar y se mantiene la circulación de agua fría.

#### **l. Etapa: Corte de cuajada**

Etapa diseñada para separar la proteína cuajada de leche del suero de leche. Un buen corte de cuajada implica la utilización apropiada de las liras de corte, medios que son empleados para realizar los cortes a lo largo y ancho de la cuajada. Debe cortarse lentamente y evitar que los flóculos queden demasiado pequeños. Aproximadamente los coágulos deben tener entre 3 a 5 cm de grosor para generar un queso firme.

#### **m. Etapa: Desuerado**

Como resultado del corte de la cuajada se genera la separación de los flóculos de caseína y del suero de leche. En este caso mediante el uso de un cedazo (cernidor o colador) se procede a separar los coágulos del suero, para la etapa siguiente. El suero se mantiene dentro de la marmita para posteriormente destinarlo a la alimentación animal.

#### **n. Etapa: Distribución de la cuajada**

Sistema diseñado para rellenar los moldes para queso fresco presentación 500 gramos. Previamente a la etapa de distribución de la cuajada, en la mesa de acero inoxidable se distribuyen los moldes de acero inoxidable, comprimidos unos con otros a lo largo y ancho de

la mesa. Esta distribución debe mantenerse fija a fin de evitar que los moldes se corran y generen suciedad sobre la mesa. Usando el colador se retira la cuajada de la marmita y se distribuye en cada molde a lo largo y ancho de la mesa, procurando que el flóculo rebase los moldes. Mientras se coloca el flóculo dentro de cada molde distribuido uniformemente, el suero remanente va fluyendo a los contenedores colocados en la salida de la mesa. Cuando parte del suero se haya separado, se procede a voltear los moldes y apretar los flóculos contra la mesa, para de esta manera darle forma al queso. Flóculos que se encuentran en exceso, se distribuyen a otros moldes de tal manera que el queso vaya tomando forma y sea del peso requerido. Para que el peso sea de aproximadamente 500 gramos, se menciona que los flóculos deben formar un ángulo aproximado de 45 grados sobrepasando el borde superior del molde.

**o. Etapa: Porcionado y pesaje**

Proceso diseñado para que la masa de queso quede uniforme y posteriormente pesando para determinar su peso que es de 500 g cada unidad. En caso de que sobre, se podrá recalcular la cantidad.

**p. Etapa: Moldeado y desuerado**

Proceso diseñado para darle forma definitiva al queso: En este caso el queso los moldes del queso se colocan en la mesa para formar el producto terminado en su forma final. En caso de que los moldes se vayan desbordando deben seguir el siguiente paso.

**q. Etapa: Enfriamiento**

Proceso diseñado para eliminar la totalidad del suero remanente del queso y compactar de mejor manera el producto final. En este caso se van armando los moldes con tapa contra la superficie de la mesa; para de esta manera dar mayor compresión. Este proceso tarda aproximadamente 15 a 20 minutos. Se va eliminando suero de leche. En la parte final de este proceso los quesos con forma rectangular se reintroducen de los moldes y se trasladan a la tina de salado.

**r. Etapa: Inmersión en salmuera**

Antes de proceder a sumergir los quesos, se debe revisar previamente que no haya sucedido un aumento de la tina de salmuera: Proceso diseñado para colocar entre 1 a 2 horas a los quesos en una solución preparada previamente mediante disolución en agua pasteurizada caliente de sal en proporción de 30 kg en 50 litros. El agua debe cubrir totalmente los quesos a fin de evitar que las partes sobresalientes tomen un color amarillo.

#### **s. Etapa: Enmoldado tipo estantería**

Proceso diseñado para colocar el producto tipo estandariza, es decir uno sobre otro y de esta forma facilitar la salida del exceso de solución salina y suero de leche. Una vez que se van colocando los quesos tipo estantería, los mismos se trasladan a la siguiente etapa de reposo y refrigeración en cámaras frigoríficas.

#### **t. Etapa: Enfriamiento**

Proceso diseñado para juntamente con la etapa anterior obtener un queso mozzarella sin presencia de orificios (gasificación por proceso adecuado de pasteurización). En esta etapa el queso se coloca tipo estantería en las perchas de acero inoxidable por espacio entre 16 a 24 horas a temperaturas entre 4 a 8°C. Durante esta etapa de enfriamiento el queso mantiene su color blanco hueso característico y se forma una costra superior que le da el carácter de dureza y sellado.

#### **u. Etapa: Enfundado**

Proceso diseñado para proceder enfundar los quesos en bolsas de polietileno de baja densidad grado alimenticio. Antes del empaque debe verificarse que el área se encuentre limpia y desinfectada. Para empacar el producto se debe verificar que el queso se encuentre completo, sin daños físicos evidentes, sin presencia de suciedad o algún contaminante. El producto enfundado se coloca en gavetas plásticas grado alimenticio.

#### **v. Etapa: Empacado al vacío**

Previo al empacado al vacío se debe verificar que el área y la máquina de empacado al vacío se encuentren limpias y desinfectadas. Se debe encender la máquina y hacer una revisión del estado de las resistencias y funcionamiento correcto de la máquina empacadora. El producto enfundado se coloca sobre las resistencias de cierre y se procede a cerrar la campana mientras la misma ejecuta la salida del aire dentro de las bolsas plásticas. Al final del proceso aproximadamente entre 3 a 3,5 segundos, se debe verificar que el producto se encuentre bien sellado, el producto totalmente pegado dentro de la bolsa y sin presencia de burbujas. Inmediatamente después del proceso se colocan con gavetas para la etapa siguiente.

#### **w. Etapa: Codificado**

Previo al codificado se debe verificar que el área y la máquina codificadora se encuentren limpias y desinfectadas. Se debe encender la máquina y hacer una revisión del estado de funcionamiento correcto de la máquina codificadora, estado de las tintas y del software de

codificación. El producto empacado al vacío se pasa por los cabezales de codificación, en el producto se coloca: se determina el lote basado en el calendario del tipo juliano y las dos cifras que configuran el año en curso tal y como aparece en la fecha de elaboración, la fecha de caducidad y el precio de venta al público. Todo producto que presente las condiciones de pliegos físicos afectados, manchas, deterioro de empaques es separado y volverá a empaquetarse siempre que sea posible y que el problema no influya en sus principios de calidad e inocuidad. Justo después de la codificación, el producto es envasado en las respectivas gavetas de plástico y será enviado a la cámara frigorífica.

#### **x. Etapa: Almacenamiento**

Etapa diseñada para conservar el producto en temperatura de refrigeración evitando que se transforme el mismo en un medio de contaminación. El producto se almacena en cámara frigorífica entre 16 a 24 horas a temperatura entre 4 a 8°C. Si durante el almacenamiento se detectan envases rotos, dañados o deteriorados y/o producto en mal estado, los mismos son separados y destinados a análisis para determinar el destino.

#### **y. Etapa: Transporte y despacho de productos**

En la última fase del proceso se realiza el trabajo de despacho de los productos de acuerdo con los pedidos con los que cuentan los clientes. Para su distribución, los productos son colocados en gavetas plásticas adecuadas, transportándolo bajo las condiciones de temperatura controlada necesarias para mantener la cadena de frío y la calidad e inocuidad del producto. Durante esta etapa, se verifica el estado de los envases; aquellos que presenten roturas, daños o deterioro, así como los productos que se encuentren en mal estado, son separados y destinados a un análisis para determinar su disposición final. Asimismo, el vehículo de propiedad de la empresa encargado del transporte de los productos es sometido a una inspección diaria para verificar sus condiciones de limpieza, higiene y funcionamiento. Estas actividades se registran y documentan en el formato de Despacho de productos, el cual es revisado y consolidado periódicamente para asegurar la trazabilidad y el control del proceso de distribución.

#### **5.4.2 Diagrama de flujo del queso fresco 500 g**

Con relación a este concepto, la Figura 7 da a conocer el diagrama de flujo resultante de la secuencia operativa del propio proceso de elaboración del queso fresco y la Figura 8 muestra el producto terminado. Este flujo permite conocer la trazabilidad de este, desde el inicio del proceso donde se incorpora la materia prima (leche) hasta la obtención del producto final, así como también pone de manifiesto la existencia de puntos críticos de control (PCC) relacionados

con cada parte del proceso, que son los imprescindibles para poder controlar la calidad e inocuidad del producto. Además, el diagrama también aporta una buena comprensión de las actividades que intervienen en la producción permitiendo identificar los posibles puntos de mejora, uso de los recursos y el propio control de las operaciones del sistema productivo.

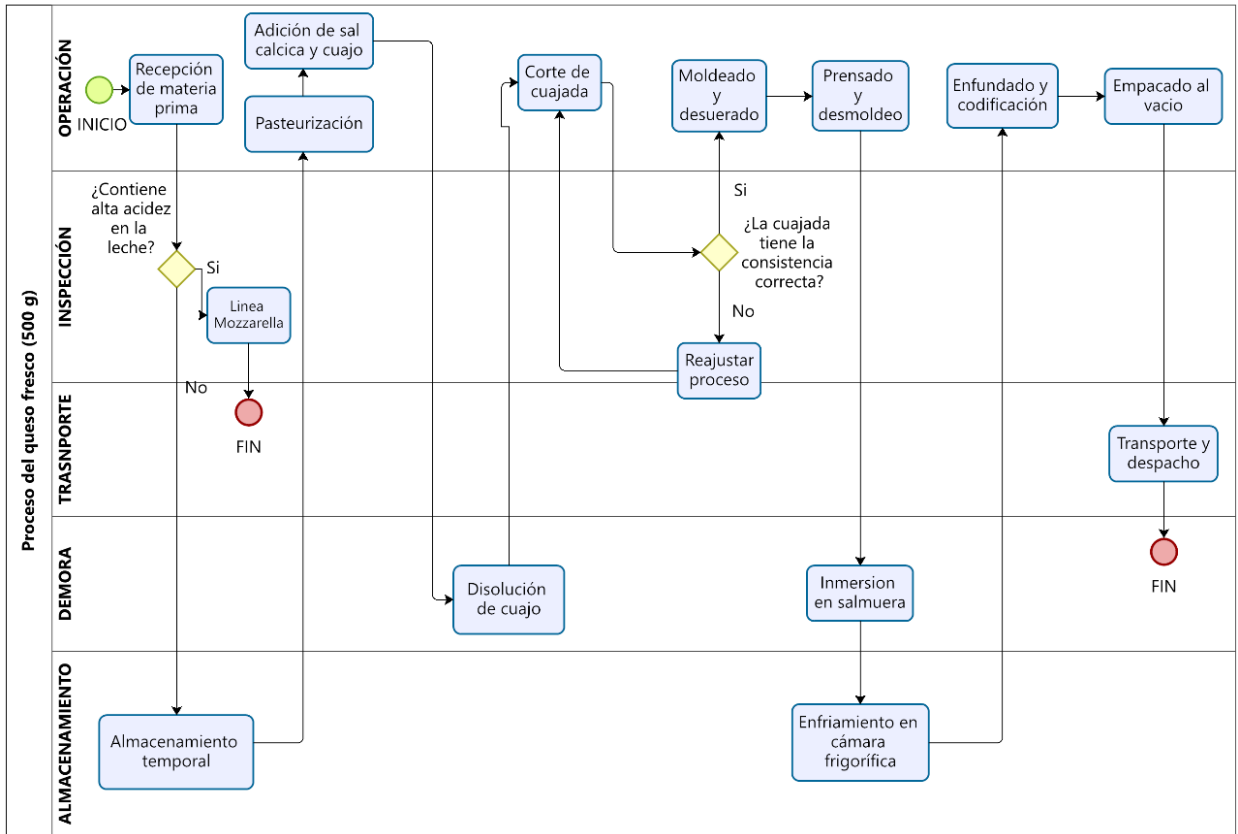


Figura 7. Diagrama de flujo del queso fresco 500 g



Figura 8. Queso fresco 500 g

### **5.4.3 Proceso de elaboración del queso mozzarella 500 g**

#### **a. Etapa: Recepción de materia prima**

La recepción de la materia prima comienza cuando se accede a las reposiciones de leche a la zona de recepción de leche; la persona encargada de realizar esta actividad verifica el estado del transporte de materia prima cerrado y libre de contaminantes estando presente toda la documentación y procedimientos de alérgenos (incluyéndose clasificaciones de proveedores). Lista de verificación del transporte, ficha técnica del producto y carta compromiso de proveedores, al descargar la materia prima, esta se descarga empleando una bomba de leche, misma que se conecta a una manguera y posee un filtro paño retenedor. Previo a la autorización de descarga, se debe realizar la verificación de los parámetros de control, de leche cruda, que incluyen, pero no se limitan a: acidez, prueba del alcohol y densidad (termo lactodensímetro o pesa leche).

#### **b. Etapa: Recepción de insumos**

La recepción de insumos es el momento de la llegada de los transportes de carga a la Planta de procesamiento, desde donde, la persona encargada, continúa verificando las condiciones de transporte de los insumos cerrados y la ausencia de contaminantes, registrando Procedimiento de alérgenos (Incluye Calificación de proveedores), Lista de verificación de transporte, Ficha técnica del producto y Carta compromiso de proveedores para su archivo. Los insumos se reciben junto a los certificados de calidad (COA's) y se almacenan en la bodega destinada para los mismos.

#### **c. Etapa: Clasificación de materias primas**

Una vez descargada la materia prima, se realiza su respectiva clasificación según el destino de producción. Para la elaboración de queso mozzarella, la leche debe cumplir con ciertos parámetros de calidad: acidez entre 18 y 20 °D, prueba de alcohol negativa (con alcohol de 80° g.l.) y una densidad entre 1,028 y 1,032. En caso de que la leche presente una acidez menor a la establecida para este proceso, se destina a la elaboración de yogurt.

#### **d. Etapa: Almacenamiento de materias primas**

Una vez separadas las materias primas (leche cruda), se procede al almacenamiento respectivo. Este almacenamiento está catalogado como Almacenamiento temporal.

#### **e. Etapa: Descremado**

Etapa en la cual se procede a estandarizar la leche al contenido entre 2,4 a 2,8% de grasa en el producto descremado. Como criterio general se emplea la siguiente regla: Al pasar 100 litros de leche cruda por la descremadora se obtiene entre 3 a 5 litros de crema, el tornillo de la máquina descremadora se ajusta al máximo. Si se obtiene más de 5 litros de crema, el queso se torna frágil. Aproximadamente el porcentaje de grasa en crema de leche obtenida es del 53 al 55%. Este subproducto se destina a otras elaboraciones como mantequilla o base para helados.

#### **f. Etapa: Almacenamiento temporal**

Una vez separadas la grasa de la leche, se produce de acuerdo con la normativa correspondiente para iniciar el proceso de obtención de Queso mozzarella.

#### **g. Etapa: Temperado de leche cruda**

Proceso diseñado para eliminar los patógenos contenidos en la leche cruda. Los parámetros empleados son Temperatura 40°C y tiempo 5 a 10 minutos. Para llegar a estos parámetros el calor se debe ser lento y con agitación. Para determinar el punto final, dejando que la leche fluida alcance la temperatura indicada y mantener el tiempo según los procesos de esta condición. Si la temperatura y tiempo no se alcanzan, debe repetirse el proceso hasta alcanzar satisfactoriamente. La circulación del vapor se realiza en la doble chaqueta de la marmita empleada en la elaboración de queso mozzarella.

#### **h. Etapa: Adición de cuajo**

Proceso diseñado para juntamente con la etapa anterior provocar la formación de la denominada cuajada. El cuajo previamente debe de estar rehidratado en proporción de 10 ml por cada 100 litros de leche. Durante esta etapa se mantiene la agitación y circulación de la marmita empleada de la marmita empleada en la elaboración de queso mozzarella.

#### **i. Etapa: Cuajado y reposo**

Etapa diseñada para resolver la acción de cuajar en el paso anterior de adición de cuajo sobre la leche para cuajar. En esta etapa se deja reposar la leche entre 40 a 45°C por un tiempo de aproximadamente 4 a 4.30 h. El cuajo debe mantener una temperatura constante hasta la cuajada sea firme. Los cortes de la masa cuajada se realizan según los tiempos establecidos para este paso.

#### **j. Etapa: Corte de bloque cuajada en cubitos**

Etapa diseñada para separar la proteína cuajada de leche del suero de leche y que se encuentra en estado compactado. La cuajada cortada se extrae de la marmita y se coloca en la mesa que previamente debe encontrarse limpia y desinfectada. Un buen corte de cuajada implica un cuchillo de cabo plástico filo y realizar los cortes adecuados a la misma, resultando cubos de tamaño homogéneo. Los cubitos deben ser aproximadamente entre 2 a 3 cm.

#### **k. Etapa: Cocción para moldeado**

Como resultado del corte de la cuajada en cubitos, estos se colocan en una marmita que contiene una parte de suero de leche y se va completando con cubitos de queso. Este producto se va agitando con movimientos circulares para darle una consistencia chiclosa. Con esta consistencia se debe controlar la temperatura entre 70 a 75°C y tiempo aproximado de 5 a 10 minutos. Esta temperatura y tiempo permite que la proteína del queso precipite y forme una masa maleable.

#### **l. Etapa: Amasado y doblez de la cuajada**

Proceso diseñado para estirar y doblar dentro de sí misma la masa maleable obtenida en el paso anterior. El proceso tiene la finalidad de obtener varios dobleces de la masa de queso maleable para el siguiente paso.

#### **m. Etapa: Cocción para hilado**

Proceso diseñado para que la masa que estaba doblada sobre sí misma, permita su estiramiento y mayor maleabilidad. Este proceso se realiza por acción de la temperatura entre 70 a 75°C y tiempo aproximado de 5 a 10 minutos. Esta temperatura y tiempo permite que la proteína del queso forme una masa maleable y adopte la siguiente forma.

#### **n. Etapa: Hilado**

Proceso diseñado para que la masa que estaba doblada sobre sí misma, permita su estiramiento y mayor maleabilidad. Este proceso se realiza por acción de la temperatura entre 70 a 75°C y tiempo aproximado de 5 a 10 minutos. Se realiza el estiramiento de la masa y posteriormente se forma una masa maleable que adopte la siguiente forma.

#### **o. Etapa: Porcionado y pesaje**

Proceso diseñado para que la masa de queso doblada sobre sí misma, sea cortada y posteriormente pesando para determinar su peso e incorporación de cada unidad.

Aproximadamente con ciertas porciones para 100 gramos, 250 gramos y 500 gramos. En caso de que sobre, se podrá recalcular la cantidad.

**p. Etapa: Moldeado y desuerado**

Proceso diseñado para darle forma definitiva al queso: En este caso el queso los moldes del queso se colocan en la mesa para formar el producto terminado en su forma final. En caso de que los moldes se vayan desbordando deben seguir el siguiente paso.

**q. Etapa: Enfriamiento**

Proceso diseñado para eliminar la totalidad del suero remanente del queso y compactar de mejor manera el producto final. En este caso se van armando los moldes con tapa contra la superficie de la mesa; para de esta manera dar mayor compresión. Este proceso tarda aproximadamente 15 a 20 minutos. Se va eliminando suero de leche. En la parte final de este proceso los quesos con forma rectangular se reintroducen de los moldes y se trasladan a la tina de salado.

**r. Etapa: Inmersión en salmuera**

Antes de proceder a sumergir los quesos, se debe revisar previamente que no haya sucedido un aumento de la tina de salmuera: Proceso diseñado para colocar entre 1 a 2 horas a los quesos en una solución preparada previamente mediante disolución en agua pasteurizada caliente de sal en proporción de 30 kg en 50 litros. El agua debe cubrir totalmente los quesos a fin de evitar que las partes sobresalientes tomen un color amarillo.

**s. Etapa: Enmoldado tipo estantería**

Proceso diseñado para colocar el producto tipo estandariza, es decir uno sobre otro y de esta forma facilitar la salida del exceso de solución salina y suero de leche. Una vez que se van colocando los quesos tipo estantería, los mismos se trasladan a la siguiente etapa de reposo y refrigeración en cámaras frigoríficas.

**t. Etapa: Enfriamiento**

Proceso diseñado para juntamente con la etapa anterior obtener un queso mozzarella sin presencia de orificios (gasificación por proceso adecuado de pasteurización). En esta etapa el queso se coloca tipo estantería en las perchas de acero inoxidable por espacio entre 16 a 24 horas a temperaturas entre 4 a 8°C. Durante esta etapa de enfriamiento el queso mantiene su color blanco hueso característico y se forma una costra superior que le da el carácter de dureza y sellado.

#### **u. Etapa: Enfundado**

Proceso diseñado para proceder enfundar los quesos en bolsas de polietileno de baja densidad grado alimenticio. Antes del empaque debe verificarse que el área se encuentre limpia y desinfectada. Para empacar el producto se debe verificar que el queso se encuentre completo, sin daños físicos evidentes, sin presencia de suciedad o algún contaminante. El producto enfundado se coloca en gavetas plásticas grado alimenticio.

#### **v. Etapa: Empacado al vacío**

Previo al empacado al vacío se debe verificar que el área y la máquina de empacado al vacío se encuentren limpias y desinfectadas. Se debe encender la máquina y hacer una revisión del estado de las resistencias y funcionamiento correcto de la máquina empacadora. El producto enfundado se coloca sobre las resistencias de cierre y se procede a cerrar la campana mientras la misma ejecuta la salida del aire dentro de las bolsas plásticas. Al final del proceso aproximadamente entre 3 a 3,5 segundos, se debe verificar que el producto se encuentre bien sellado, el producto totalmente pegado dentro de la bolsa y sin presencia de burbujas. Inmediatamente después del proceso se colocan con gavetas para la etapa siguiente.

#### **w. Etapa: Codificado**

Previo al codificado se debe verificar que el área y la máquina codificadora se encuentren limpias y desinfectadas. Se debe encender la máquina y hacer una revisión del estado de funcionamiento correcto de la máquina codificadora, estado de las tintas y del software de codificación. El producto envasado al vacío se lleva por los cabezales de codificación, en el producto se inserta: Lote hecho por el calendario juliano y las últimas dos cifras del año corriente, fecha de producción, fecha de caducidad y precio de venta al público. Cualquier producto que presente daños físicos, manchas o deterioro de los envases es separado y reempaquetado siempre y cuando los daños no afecten la calidad e inocuidad del producto. Justo después de la codificación, el producto se coloca en bandejas plásticas y se traslada a la cámara frigorífica.

#### **x. Etapa: Almacenamiento**

Etapa diseñada para conservar el producto en temperatura de refrigeración evitando que se transforme el mismo en un medio de contaminación. El producto se almacena en cámara frigorífica entre 16 a 24 horas a temperatura entre 4 a 8°C. Si durante el almacenamiento se detectan envases rotos, dañados o deteriorados y/o producto en mal estado, los mismos son

separados y destinados a análisis para determinar el destino.

### y. Etapa: Transporte y despacho de productos

Etapa final del proceso, se establece el despacho de productos de acuerdo al pedido de los clientes. Los productos deben ser enviados en gavetas plásticas y temperatura de conservación que permita mantener las condiciones de refrigeración. Productos que poseen envases rotos, dañados o deteriorados y/o producto en mal estado, los mismos son separados y destinados a análisis para determinar destino. El vehículo de propiedad de la empresa que transporta productos se realiza inspección diaria de condiciones y se documenta en el registro de Despacho de productos una vez por mes.

#### 5.4.3.1 Diagrama de flujo del queso mozzarella 500 g.

El diagrama de flujo del proceso de elaboración del queso mozzarella se representa en la Figura 9 y en la Figura 10 se observa el producto terminado. En este se encuentra la representación de la lógica a seguir en la ejecución de las actividades operativas, y de esta forma se encuentra representada la concreción de los momentos donde se toman las decisiones más importantes, las más relevantes actuaciones y el flujo de actividad necesaria para transformar unas entradas en unas determinadas salidas, de tal forma que se obtenga la eficiencia y la calidad necesarias para Productos Lácteos "FINO".

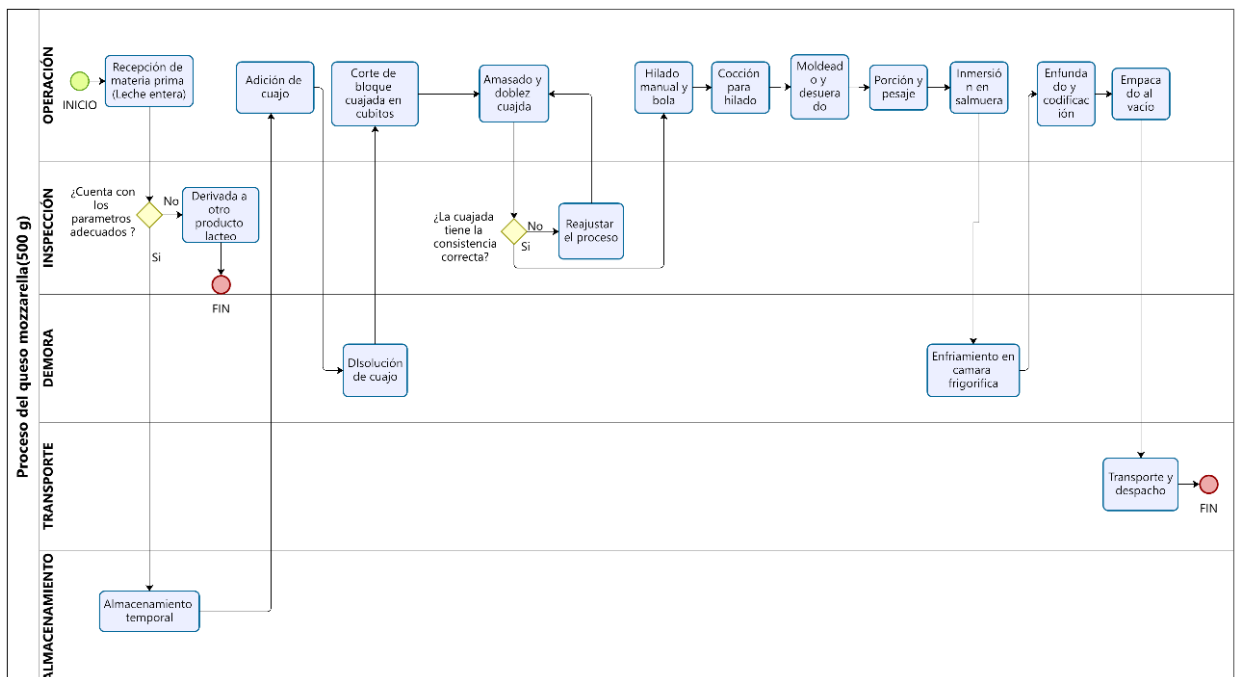


Figura 9. Diagrama de flujo del queso mozzarella 500 g.



Figura 10. Queso mozzarella 500 g

#### **5.4.4 Proceso de elaboración del yogur**

##### **a. Etapa: recepción de materia prima**

El ingreso de la materia prima en la recepción de la leche comienza a partir de la llegada de los medios de transporte de leche a la zona de recepción de leche y la persona responsable, que verifica la situación del transporte de materia prima cerrado y sin presencia de contaminantes mediante la comprobación de los registros Procedimiento de alérgenos (Incluye Calificación de proveedores), Lista de verificación del transporte, Ficha técnica del producto y Carta compromiso de proveedores. Al descargar la materia prima, esta se descarga empleando una bomba de leche, misma que se conecta a una manguera y posee un filtro para retener polvo. Previo a la autorización de descarga, se debe realizar la verificación de los parámetros de control de leche cruda, que incluyen, pero no se limitan a: acidez, prueba de alcohol y densidad (temporal lactosensométrico a pesaleche).

##### **b. Etapa: Recepción de insumos**

La recepción de insumos comienza con la llegada de los vehículos de transporte de carga a la Planta de Proceso, el funcionario responsable, verifica las condiciones en el transporte de los insumos cerrados y sin presencia de contaminantes apoyándose en la documentación Registros del procedimiento de alérgenos (incluye la calificación de los proveedores), Checklist de transporte, Ficha técnica del producto, Carta compromiso de proveedores. Conjuntamente se recibe en los insumos respectivos, los certificados de calidad (COA's) y se almacenan en la bodega destinada a los insumos.

### **c. Etapa: Clasificación de materias primas**

Una vez conocida la calidad de la leche cruda, se establece el destino que le corresponde en el proceso de producción de queso mozzarella, y para poder utilizarla como materia prima es necesario que cumpla una determinada serie de parámetros fisicoquímicos que le aseguren la transformación correcta del producto a obtener. Entre los criterios de clasificación se consideran una acidez comprendida entre 16 y 18 °D, una prueba de alcohol negativa utilizando alcohol de 80° G.L., y una densidad que se encuentre en el rango de 1,028 a 1,032.

En aquellos casos en que la leche presente valores de acidez superiores a los establecidos, esta se destina a otros procesos de elaboración de quesos, de acuerdo con las características requeridas para cada producto.

### **d. Etapa: Almacenamiento de materias primas**

Una vez separadas las materias primas (leche cruda), se procede al almacenamiento respectivo. Este almacenamiento está catalogado como Almacenamiento temporal.

### **e. Etapa: Descremado**

Etapa en la cual se procede a estandarizar la leche al contenido entre 2,4 a 2,8% de grasa en el producto descremado. Como criterio general se emplea la siguiente regla: Al pasar 100 litros de leche cruda por la descremadora se obtiene entre 3 a 5 litros de crema, el tornillo de la descremadora se ajusta al máximo. Si se obtiene más de 5 litros de crema, el yogur no estará cuajado. Aproximadamente el porcentaje de grasa en crema de leche obtenida es del 53 al 55%. Este subproducto se destina a otras elaboraciones como mantequilla o base para helados.

### **f. Etapa: Almacenamiento temporal**

Una vez separadas la grasa de la leche, este producto se coloca en la marmita correspondiente para iniciar el proceso de obtención de Yogur natural y de sabores.

### **g. Etapa: Mezcla de ingredientes**

Una vez separadas la grasa de la leche, este producto se coloca en la marmita correspondiente para iniciar el proceso de obtención de Yogur natural y de sabores. En este caso se agrega la leche descremada y se agregan los siguientes ingredientes: azúcar, sorbato, benzoato, colorante, estabilizante (gelatina vegetal) y leche en polvo. En este caso directamente en la marmita elegida se enciende la agitación mientras se agrega sobre la leche descremada cada ingrediente.

#### **h. Etapa: Temperado**

Proceso diseñado para eliminar los patógenos contenidos en la leche cruda. Los parámetros empleados son Temperatura 90°C y tiempo 10 segundos. Para llegar a estos parámetros el calentamiento debe ser lento y con agitación. Para determinar el punto final, debe esperar que la leche fluida con los ingredientes alcance la temperatura indicada y mantenerla por al menos 10 segundos en esa condición. Si la temperatura y tiempo no se alcanzan, debe repetirse el proceso hasta que cumpla satisfactoriamente. La circulación del vapor se realiza en la doble chaqueta que posee la marmita empleada en la elaboración de yogur natural y de sabores.

#### **i. Etapa: Enfriamiento de mezcla de leche temperada e ingredientes**

Etapa diseñada para adecuar la leche con los ingredientes a la temperatura de aproximadamente 40 a 45°C, a fin de poder realizar los siguientes procesos de elaboración de yogur natural y de sabores. Esta etapa permitirá la activación adecuada del cultivo iniciador, por lo que la temperatura de temperatura es un factor de éxito.

#### **j. Etapa: Adición de fermento/fermentación**

Proceso diseñado para iniciar el proceso de fermentación. Para proceder una adecuada preparación y fermentación del yogur, debe prepararse la solución mezclando 15 gramos de fermento por cada 600 litros de mezcla de leche e ingredientes. Durante el calentamiento se mantiene la agitación y la circulación de agua fría por la doble chaqueta de la marmita empleada en la elaboración de yogur natural y de sabores; de igual forma mientras se agrega el cultivo iniciador. Para el éxito del proceso debe mantenerse la temperatura aproximadamente 40 a 45°C.

#### **k. Etapa: Reposo**

En esta etapa del proceso se cesa la agitación y se mantiene la circulación de agua fría por la doble chaqueta de la marmita empleada en la elaboración de yogur natural y de sabores. Esta etapa de reposo permite la coagulación de la leche e ingredientes para obtener el yogur natural.

#### **l. Etapa: Enfriamiento**

Proceso diseñado para ser el resultado de las acciones ejecutadas en los pasos anteriores de adición del cultivo iniciador y posterior coagulación de la leche. En esta etapa se mantiene la circulación de agua fría, no se realiza agitación y se mantiene el producto a temperatura ambiente por espacio entre 16 a 24 horas.

#### **m. Etapa: Agitación**

Etapa diseñada para homogenizar el yogur y darle cuerpo. Esta etapa ocurre posterior al proceso de coagulación, reposo y enfriamiento a temperatura ambiente. En esta etapa el yogur ha alcanzado los parámetros de acidez idóneos para el siguiente proceso.

#### **n. Etapa: Dispensación y tamización**

Como resultado de la agitación y homogenización, el yogur puede generar grumos e incluso reflejar algún contaminante visible. En este caso mediante el uso de un cedazo (cernidor o colador) se procede a separar los coágulos y otros materiales insolubles, para la etapa siguiente. El producto tamizado se recibe en recipientes grado alimenticio para proceder a la saborización respectiva. Los grumos, coágulos, y otros materiales ajenos que se quedan en el tamiz, se eliminan como desechos.

#### **o. Etapa: Almacenamiento temporal**

El producto tamizado se coloca en cantinas o recipientes de materiales grado alimenticio, previamente limpias y desinfectadas. En estos recipientes se mantiene el producto aproximadamente entre 5 a 10 minutos para inmediatamente proceder a su saborización o envasado al natural.

#### **p. Etapa: Saborización y agregación de colorantes grado alimenticio**

Etapa diseñada para definir las presentaciones y sabores que se han de fabricar de acuerdo al Plan de producción diario y semanal. En este caso se destinan las cantidades para envasado en recipientes plásticos de todas las presentaciones o destino a la presentación bolos. Sea cual sea la presentación, en esta etapa se agregan los colorantes y saborizantes grado alimenticio en las cantidades y concentraciones indicadas por el proveedor y bajo los principios del Codex alimentarius y Buenas prácticas de fabricación.

#### **q. Etapa: Envasado en recipientes plásticos**

Proceso diseñado para terminar el proceso de elaboración de yogur mediante su envasado empleando una envasadora manual con su respectiva tolla de alimentación. La presentación y cantidad de producto a envasar corresponde a la planificación diaria y semanal de producción. En los envases plásticos se agrega fruta proveniente de frutas debidamente picadas. Todo recipiente con daños físicos, sucio o evidencias de algún tipo de contaminación se elimina de la línea y se da destino como no conforme. El producto envasado y tapado se coloca en gavetas para proceder a su codificación y posterior almacenamiento en cámaras frigoríficas.

#### **r. Etapa: Envasado en bolos**

Previamente a la realización del envasado en presentación bolos, se procede a encender la máquina de envasado y verificar que la máquina esté lista para funcionar, limpia y desinfectada. Se elige y coloca el bolo a envasar. Se realizan los ajustes para que la máquina seleccione y coloque el bolo en los ajustes correctos. Una vez calibrada la máquina, se enciende la luz ultravioleta para que el empaque se desinfecte convenientemente. El producto a envasar se coloca en la marmita y se procede a encender el sistema de bomba en conexión directa con la máquina envasadora. Este proceso se realiza a temperatura ambiente. Toda unidad envasada que presente daño físico se puede destinar a reproceso. Unidades afectadas por evidencias de contaminación se destina a no conformes. El producto se coloca en gavetas grado alimenticio para la etapa de codificación.

#### **s. Etapa: Codificado**

Previo al codificado se debe verificar que el área y la máquina codificadora se encuentren limpias y desinfectadas. Se debe encender la máquina y hacer una revisión del estado de funcionamiento correcto de la máquina codificadora, estado de las tintas y del software de codificación. Los productos envasados al vacío pasan a través de los cabezales de codificación, en el producto se indica: Lote que se constituye por el calendario juliano y por los dos últimos dígitos del año en curso; fecha de elaboración; fecha de caducidad y, precio de venta al público. Cualquier producto que quede dañado físicamente por manchas, fisuras e incluso deterioro de los empaques será separado y reacondicionado, siempre que el daño no afecte la calidad y/o la inocuidad del producto. Inmediatamente después de codificar el producto, este se sitúa en cajones plásticos y, posteriormente, se transporta a la cámara frigorífica.

#### **t. Etapa: Empaque al granel de bolos**

Etapa diseñada para colocar en bolsas de polietileno transparente grado alimenticio 24 unidades de producto en presentación bolos. El paquete contiene 24 unidades de los distintos sabores que la empresa fabrica y envasa. Una vez colocados en paquetes de 24 unidades, mediante gavetas se transportan a las cámaras frigoríficas.

#### **u. Etapa: Almacenamiento**

Etapa diseñada para conservar el producto en fresco evitando que se transforme el mismo en un medio de contaminación. El producto se almacena en cámara frigorífica entre 16 a 24 horas a temperatura entre 4 a 8°C.

Si durante el almacenamiento se detectan envases rotos, dañados y/o producto en mal estado, los mismos son separados y destinados a análisis para determinar destino.

### v. Etapa: Transporte y despacho de productos

Etapa final del proceso, se establece el despacho de productos de acuerdo al pedido de los clientes. Los productos deben ser enviados en gavetas plásticas y temperatura de conservación que permita mantener las condiciones de refrigeración. Productos que posean envases rotos, dañados o deteriorados y/o producto en mal estado, los mismos son separados y destinados a análisis para determinar destino. El vehículo de propiedad de la empresa que transporta productos se realiza inspección diaria de condiciones y se documenta en el registro de Despacho de productos una vez por mes.

#### 5.4.4.1 Diagrama de flujo del yogurt.

En la Figura 11 se muestra el diagrama de flujo del proceso de producción de yogurt, y en la Figura 12 se observa el producto terminado. se presentan a la vez que se presenta gráficamente los puntos de control crítico, la secuenciación de los pasos de la operación. De este modo, el diagrama permite ver el camino del flujo de trabajo y las sucesivas actividades que van desarrollando una tras otra junto con los dictámenes técnicos y los responsables operativos necesarios para llegar a alcanzar la estandarización y la calidad del producto final.

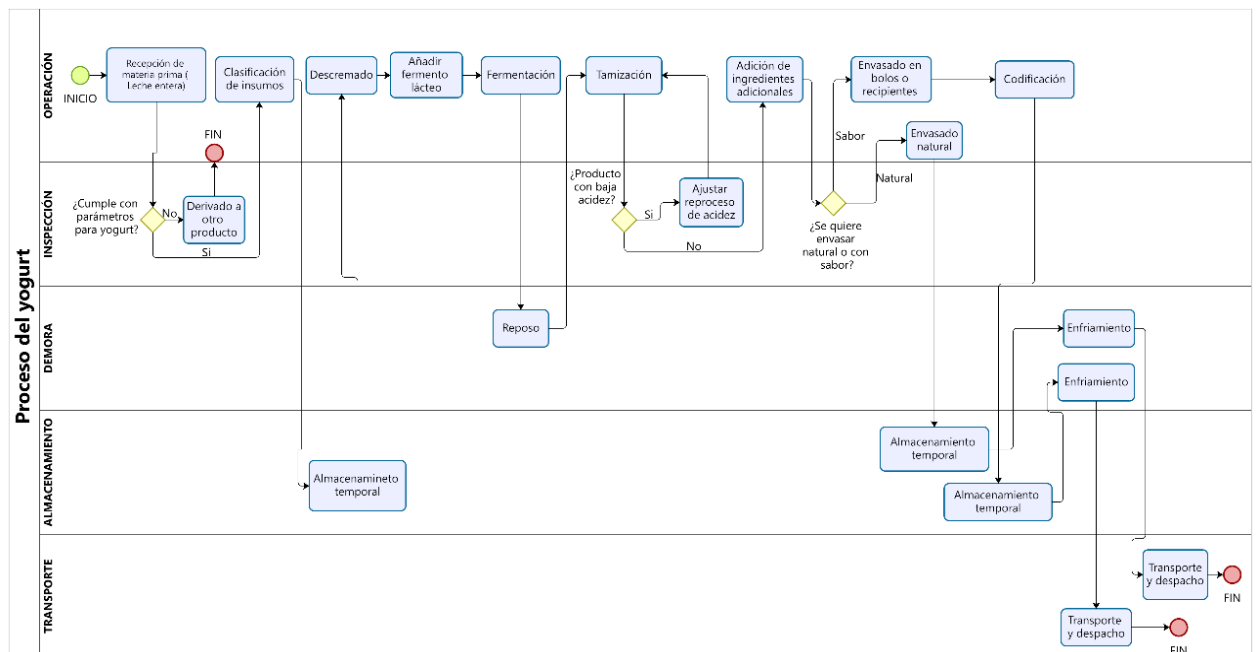


Figura 11. Diagrama de flujo del yogurt



Figura 12. Yogurt

#### **5.4.5 Proceso de elaboración de la crema de leche 450 g**

##### **a. Etapa: Recepción de materia prima**

La recepción de materia prima arranca con el acceso de los transportes de leche a la Zona de Recepción de leche, la persona encargada, continúa verificando las necesidades de transporte de materia prima completamente cerrado, sin la presencia de contaminantes, apoyándose en los registros Procedimiento de alérgenos (incluye Calificación de proveedores), Lista de verificación del transporte, Ficha técnica del producto y Carta compromiso de proveedores. Al descargar la materia prima, esta es descargada empleando una bomba de leche, misma que se conecta a una manguera y posee un filtro para retener. Previo a la autorización de descarga, se debe realizar la verificación de los parámetros de control de leche cruda, que incluyen, pero no se limitan a: acidez, prueba de alcohol y densidad (termo lactodensímetro o pesa leche).

##### **b. Etapa: Recepción de insumos**

El momento en el cual se producen, los insumos relacionados con el transporte, empieza cuando los transportes de carga ingresan a la Planta de procesamiento, la persona encargada, inicia la verificación de las condiciones de transporte de insumos, transporte de insumos cerrado y sin la presencia de contaminantes en función de los registros Procedimiento de alérgenos (incluye Calificación de proveedores), Lista de verificación del transporte, Ficha técnica del producto y Carta compromiso de proveedores.

La recepción de los insumos, las referidas certificaciones de calidad (COA's): estos se almacenan en la localidad de la bodega. Las fundas de polietileno de alta densidad de insumos para producción de crema de leche, esto se almacenan en la localidad de la bodega.

**c. Etapa: clasificación de materias primas**

Una vez comprobada la calidad de la leche cruda, se decide su destino en la cadena de elaboración. Si se quiere hacer crema de leche, la materia prima debe cumplir con los siguientes parámetros fisicoquímicos: acidez de 16 - 18 °D, resultado negativo en la prueba de alcohol utilizando alcohol de 80° G.L., y una densidad comprendida entre 1,028 y 1,032. Cuando la leche presenta valores de acidez superiores a los establecidos, esta se destina al proceso de elaboración de quesos.

**d. Etapa: Almacenamiento de materias primas**

Una vez separadas las materias primas (leche cruda), se procede al almacenamiento respectivo. Este almacenamiento se clasifica como Almacenamiento temporal.

**e. Etapa: Descremado**

Etapa en la cual se procede a estandarizar la leche al contenido entre 2,4 a 2,8% de grasa en el producto terminado. Como criterio general se emplea la siguiente regla: Al pasar 100 litros de leche cruda por la descremadora se obtiene entre 3 a 5 litros de crema, el tornillo de la descremadora se ajusta al máximo. Si se obtiene más de 5 litros de crema, la crema de leche es más frágil. Adicionalmente el porcentaje de grasa en crema de leche obtenida es del 53 al 55%. Este subproducto se destina a otras elaboraciones como mantequilla o base para helados.

**f. Etapa: Almacenamiento temporal**

Una vez separadas la grasa de la leche, este producto se coloca en la marmita correspondiente para iniciar el proceso de obtención de Crema de leche.

**g. Etapa: Mezclado de ingredientes**

Proceso diseñado agregar: Sorbato y leche descremada a la crema de leche recolectada para el proceso. La circulación del vapor se realiza en la doble chaqueta que posee la marmita empleada en la elaboración de crema de leche. Se mantiene el producto en agitación permanente para lograr una consistencia homogénea.

#### **h. Etapa: Pasteurización**

Proceso diseñado para juntamente con la etapa anterior provocar la reducción de posibles patógenos. Durante esta etapa se mantiene la agitación y la circulación de agua fría por la doble chaqueta de la marmita empleada en la elaboración de crema de leche. Este proceso se realiza entre 80 a 81°C durante 10 segundos. En este caso el producto debe alcanzar esta temperatura y una vez alcanzada mantenerse el tiempo indicado.

#### **i. Etapa: Enfriamiento**

Proceso diseñado para disminuir la temperatura mientras el producto se mantiene en agitación y circulando agua fría por la doble chaqueta de la marmita en la que se realiza el proceso. El producto manteniendo en agitación debe alcanzar aproximadamente temperatura entre 30 y 32°C.

#### **j. Etapa: Empacado**

Proceso elaborado para poner el producto a temperatura ambiente en las bolsas de polietileno de baja densidad grado alimenticio. Antes del empaque se debe comprobar que el lugar esté limpio y desinfectado. Para empacar el producto se debe verificar que la crema de leche se encuentre sin daños físicos evidentes, sin presencia de suciedad o algún contaminante. El producto enfundado se coloca en gavetas plásticas grado alimenticio.

#### **k. Etapa: Codificado**

Se comprueba el funcionamiento, las tintas y el software, además de asegurarse de que la máquina y el área estén desinfectadas y limpias antes del codificado. Los productos envasados, al pasar por los cabezales de codificación, se les registra la fecha de fabricación, la del vencimiento, el lote (que incluye el calendario juliano y las dos últimas cifras del año) y el costo de venta. Los artículos con manchas, derrames o daños físicos se eliminan para asegurar la calidad y la inocuidad.

#### **l. Etapa: Almacenamiento**

Etapa diseñada para conservar el producto en temperatura de refrigeración evitando que se transforme el mismo en un medio de contaminación. El producto se almacena en cámara frigorífica entre 16 a 24 horas a temperatura entre 4 a 8°C. Si durante el almacenamiento se detectan envases rotos, dañados o deteriorados y/o producto en mal estado, los mismos son separados y destinados a análisis para determinar destino.

**m. Etapa: Transporte y despacho de productos**

En la etapa final, se despachan los productos conforme a las solicitudes de los clientes, transportándolos en gavetas de plástico bajo condiciones de refrigeración. Los productos que tengan empaques deteriorados o en mal estado son separados para su análisis y determinación de su destino. El vehículo de transporte se revisa todos los días, y para asegurar el seguimiento y control, todas las acciones se documentan en el formato de despacho.

**5.4.5.1 Diagrama de flujo de la crema de leche de 450 g.**

El flujo del procedimiento para la elaboración de crema de leche de 450 g se presenta en la Figura 13, en la cual se ilustra de manera gráfica la secuencia de las actividades, desde el ingreso de la materia prima hasta la obtención del producto final. Este diagrama permite observar las inspecciones de calidad, las operaciones sucesivas y los puntos de decisión, verificando que el flujo de trabajo se ciñe a las normas de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) según la empresa fabricante, y en la Figura 14 se muestra el producto terminado.

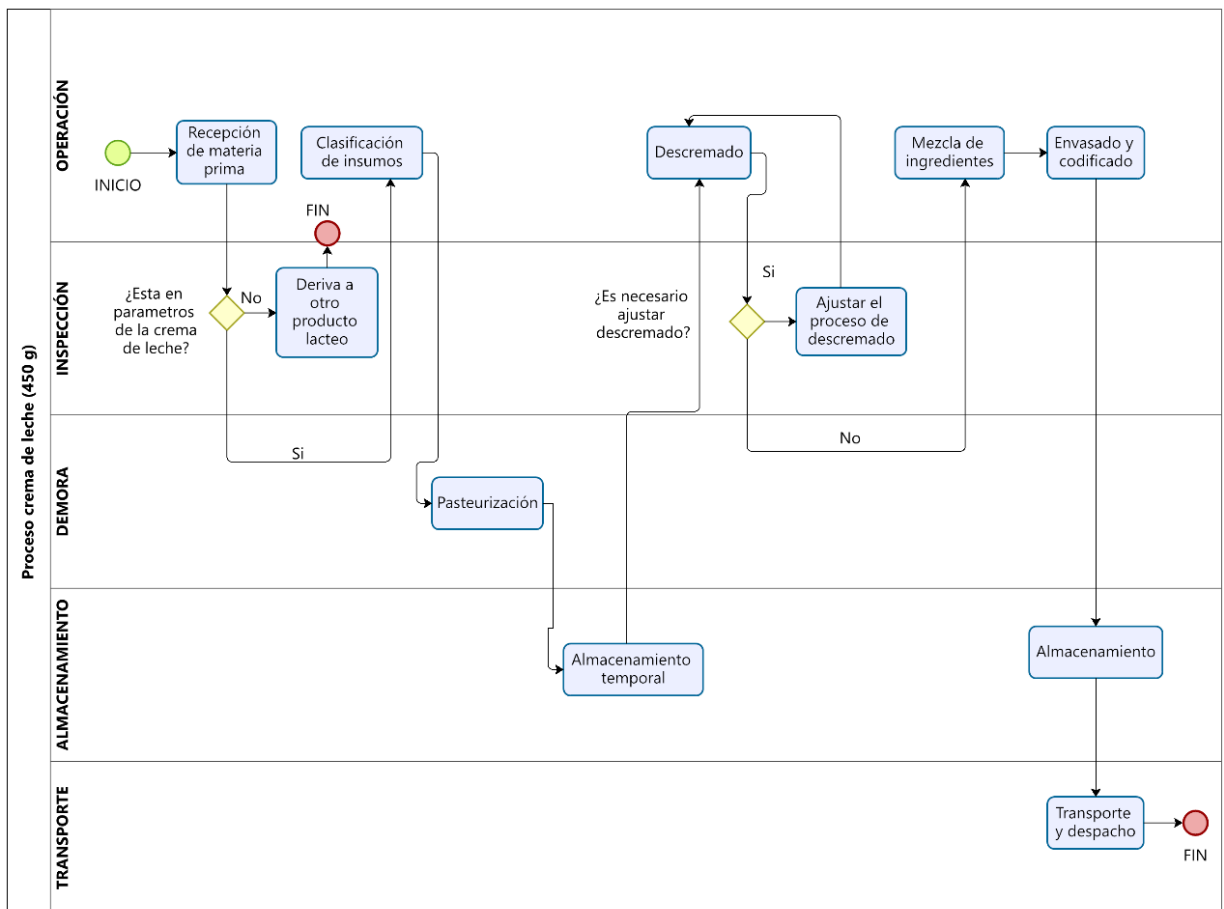


Figura 13. Diagrama de flujo de la crema de leche 450 g



Figura 14. Diagrama de flujo de la crema de leche 450 g

#### 5.4.6 Instrumento A Ficha de Control de Desperdicios por Línea (fase Measure del DMAIC)

La Tabla 17 consolida los principales indicadores de desperdicio observados durante el período de estudio (enero-diciembre 2025) para las cuatro líneas de producción, empleando la ficha de control de desperdicios (Anexo A) y el cálculo del desperdicio promedio (Anexo L).

Tabla 17. Resumen de indicadores de desperdicio por la línea de producción

| Línea de Producción            | Nº lotes | MP Total (L) | Producción Total (u) | Desperdicios promedio (%) | Variabilidad | Nº de etapas | Tipo de merma principal                              |
|--------------------------------|----------|--------------|----------------------|---------------------------|--------------|--------------|--|
| Queso Fresco 500 g             | 56       | 19.500       | 5.350                | 12,78                     | Alta         | 23 etapas    | Cuajada contaminada / Productos de reproceso (Forma) |
| Queso Mozzarella 500 g         | 92       | 37.150       | 7.581                | 8,54                      | Media        | 25 etapas    | Suero + agua hilada                                  |
| Crema de Leche 200 g           | 11       | 4.900        | 1.074                | 6,28                      | Media        | 13 etapas    | Leche descremada                                     |
| Yogurt (varias presentaciones) | 24       | 11.500       | 11.084               | 3,14                      | Baja         | 22 etapas    | Mínima   |

De acuerdo con los datos obtenidos, la línea de queso fresco de 500 g muestra el porcentaje promedio más alto de desperdicio (12,78 %) y una gran variabilidad entre lotes. Este supera a los de crema de leche (6,28 %), queso mozzarella (8,54 %) y yogurt (3,14 %). Esto muestra problemas frecuentes relacionados con la cuajada contaminada y los productos de reprocesamiento, lo que señala deficiencias en la calidad y el control microbiológico en fases críticas. El proceso es complejo, con 23 fases, lo que incrementa el riesgo de errores debido a variaciones en la materia prima, manipulación manual y cuestiones de higiene.

Por otro lado, la línea de yogur presenta escaso desperdicio y estabilidad, por lo que se determina que el sector de producción de queso fresco es el más importante para intervenir y disminuir las pérdidas.

#### 5.4.7 Instrumento B Diagrama de Pareto (comparativas entre líneas)

Con los datos consolidados en el instrumento A se elaboró el Diagrama de Pareto para priorizar las líneas con mayor contribución al desperdicio total, aplicando el principio 80/20. Esto se muestra en la Tabla 18 y Figura 15.

Tabla 18. Datos del Diagrama de Pareto – Desperdicio por la línea de producción

| Línea de Producción    | Desperdicio promedio (%) | Frecuencia relativa (%) | % Acumulado | Orden Pareto | Vital / Trivial |
|------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|--------------|-----------------|
| Queso Fresco 500 g     | 12,78                    | 41,57                   | 41,57       | 1°           | Vital           |
| Queso Mozzarella 500 g | 8,54                     | 27,78                   | 69,36       | 2°           | Vital           |
| Crema de Leche 200 g   | 6,28                     | 20,43                   | 89,79       | 3°           | Trivial         |
| Yogurt                 | 3,14                     | 10,21                   | 100,00      | 4°           | Trivial         |
| <b>Total</b>           | <b>30,74</b>             | <b>100,00</b>           | -           | -            | -               |

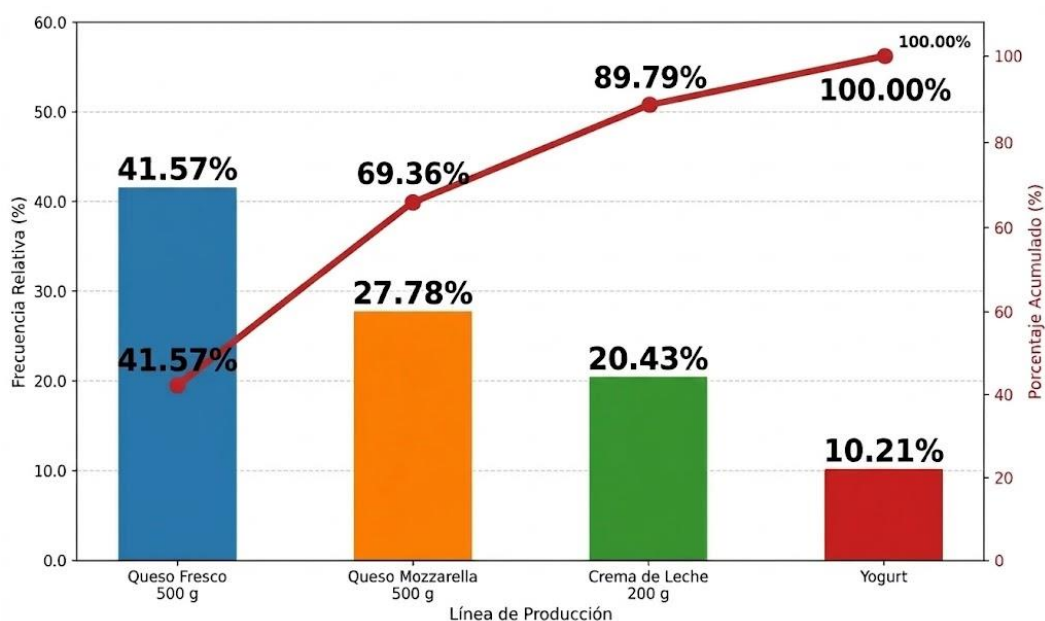


Figura 15. Diagrama de Pareto – Índice de desperdicio por la línea de producción

El queso fresco de 500 g, con un 41,57 % de frecuencia relativa, es el principal contribuyente en la división del desperdicio por la línea de producción. Este es seguido por el queso mozzarella de 500 g, que tiene una frecuencia relativa de 27,78 %. Conjuntamente, estos dos productos representan el 69,36 % del total del desperdicio y se consideran "vitales". En cambio,

el yogurt (10,21%) y la crema de leche (20,43%) tienen una menor incidencia y se les considera "triviales". Este análisis se ve respaldado por el gráfico, que muestra que la mayoría de las causas están concentradas en un número reducido de ellas, lo cual es consistente con el principio de Pareto. El desperdicio promedio acumulado alcanza 30,74 %, subrayando la necesidad de enfocar mejoras principalmente en las dos primeras líneas para maximizar la reducción de pérdidas.

#### 5.4.8 Síntesis del diagnóstico Línea crítica identificada

La aplicación conjunta de los instrumentos A, y B permite concluir que la línea de Queso Fresco 500 g es la línea de producción con mayores índices de desperdicio en PRODUCTOS LÁCTEOS FINO. Esto se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19. Evidencias de la Línea de crítica identificada

| <b>Criterio</b>              | <b>Queso Fresco</b>                                 | <b>Queso Mozzarella</b> | <b>Crema de Leche</b> | <b>Yogurt</b> |
|------------------------------|---|-------------------------|-----------------------|---------------|
| N° etapas proceso            | 23  | 25                      | 13                    | 22            |
| Índice desperdicio prom. (%) | 12,78 ★   | 8,4                     | 6,2                   | 2,9           |
| Variabilidad rendimiento     | Alta ★  | Media                   | Media                 | Baja          |
| N° lotes analizados          | 56  | 92                      | 11                    | 24            |
| Tipo merma principal         | Cuajada contaminada/Productos por reproceso (Forma) | Suero + agua hilada     | Leche descremada      | Mínima        |
| Posición Pareto              | 1° (vital) ★  | 2° (vital)              | 3° (trivial)          | 4° (trivial)  |

El símbolo ★ representa el valor crítico a tener en cuenta a partir del análisis. Debido a este valor se realiza el análisis exhaustivo del desempeño operativo, análisis de causas raíz, propuesta de mejora a partir de este análisis exhaustivo, e identificaremos que la línea de producto que realizar con el análisis exhaustivo será la del queso fresco de 500 g.


### 5.5 LEVANTAMIENTO DE PROCESOS ÚNICAMENTE DE LA LÍNEA CRÍTICA IDENTIFICADA

#### 5.5.1 Recepción de la materia prima

La Tabla 20 muestra la información de la recolección del subproceso de la recepción de materia prima correspondiente a la primera fase de la producción del queso fresco de 500 g. En el presente caso, la calidad e inocuidad de la leche cruda ha sido analizada mediante unas

características físicas, así como unas pruebas necesarias tales como acidez, densidad y prueba de alcohol. Todas estas prácticas se llevan a cabo a fin de asegurar que la materia prima presenta las especificaciones fijadas antes de iniciar la producción, garantizando la calidad del producto final y favoreciendo a que no se pueda contaminar o desviar el devenir de las etapas posteriores.

Tabla 20. Levantamiento de procesos: Recepción de materia prima.

|   |                             |  |                                     |
|---|-----------------------------|--|-------------------------------------|
|  |                             | <b>Proceso</b>   | Elaboración de queso fresco (500 g) |
|   |                             | <b>Subproceso</b>  | Recepción de materia prima          |
|   |                             | <b>Código</b>  | QF                                  |
| <b>Objetivo</b>   |                             | Verificar y recibir leche cruda apta para procesamiento, asegurando calidad e inocuidad inicial.   |                                     |
| <b>Entradas</b>   |                             | Leche cruda en camiones cisterna.  |                                     |
| <b>Recursos</b>   |                             | Operarios de recepción, bomba de leche, filtro paño, termo lactodensímetro/pesa leche, registros (procedimientos alérgenos, lista verificación transporte, ficha técnica, carta compromiso proveedores). |                                     |
| <b>Salidas</b>  |                             | Leche cruda autorizada para descarga e inventario actualizado.   |                                     |
| <b>N°</b>   | <b>Actividad</b>            | <b>Descripción</b>   |                                     |
| 1   | Ingreso del vehículo        | Verificar condiciones del transporte (cerrado, sin contaminantes) con documentos de proveedor.   |                                     |
| 2   | Conexión y descarga inicial | Conectar bomba + manguera con filtro paño; iniciar descarga parcial si procede.  |                                     |
| 3   | Inspección y muestreo       | Tomar muestras y medir: acidez (16-18 °D), prueba alcohol (negativa), densidad (1,028-1,032).  |                                     |
| 4   | Autorización y registro     | Si parámetros OK → autorizar descarga completa; registrar cantidad y resultados en formulario de recepción. Si no → rechazar y derivar (ej. alta acidez → mozzarella).                                   |                                     |

En la Figura 16 se ofrece un esquema del tráfico de las actividades que se desencadenan en esta fase desde el mismo instante de la introducción del vehículo transportador y hasta concretar el acceso de la leche a la descarga. Dicha fase es bastante importante porque garantiza que las materias primas cumplen con los requerimientos de calidad impuestos; por lo que se puede prever la inocuidad y el adecuado desarrollo de las posteriores fases del proceso productivo.

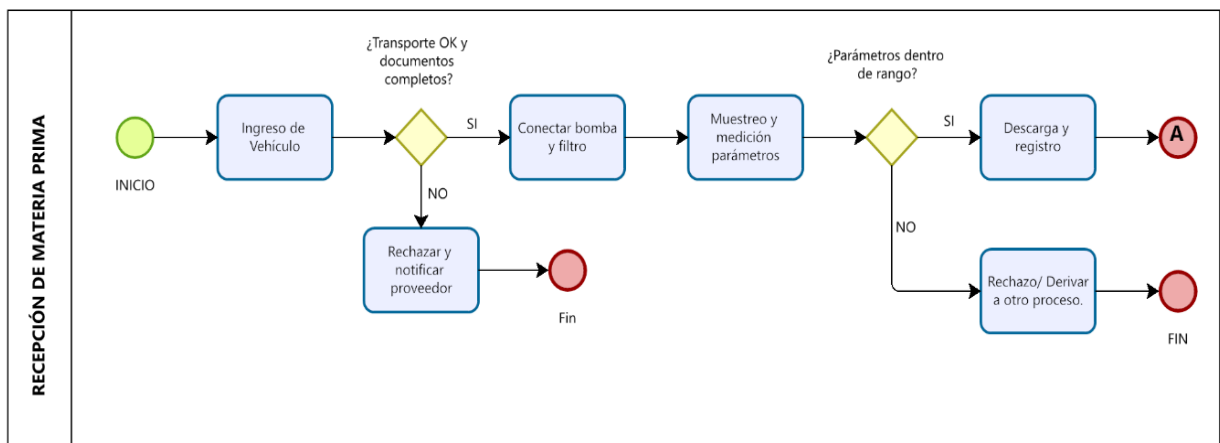



Figura 16. Diagrama del flujo del subproceso de la recepción de materia prima.

### 5.5.2 Clasificación de materias primas

En la Tabla 21 se presenta el levantamiento correspondiente al subproceso de clasificación de la materia prima, donde se establecen las acciones orientadas a analizar los resultados obtenidos en los análisis de recepción de la leche.

Tabla 21. Levantamiento de procesos: Clasificación de materias primas

|   |                              |  |                                     |
|---|------------------------------|--|-------------------------------------|
|  |                              | Proceso  | Elaboración de queso fresco (500 g) |
|   |                              | Subproceso   | Clasificación de materias primas    |
|   |                              | Código   | QF                                  |
| Objetivo  |                              | Determinar destino de la leche cruda según calidad para asignar a queso fresco o mozzarella. |                                     |
| Entradas  |                              | Resultados de análisis de recepción (acidez, alcohol, densidad).                             |                                     |
| Recursos  |                              | Operario de calidad, registros de análisis.  |                                     |
| Salidas   |                              | Leche clasificada y destinada (queso fresco o mozzarella).                                   |                                     |
| N°  | Actividad                    | Descripción  |                                     |
| 1   | Revisión resultados análisis | Comparar acidez (16-18 °D), prueba alcohol negativa, densidad 1,028-1,032.                   |                                     |
| 2   | Decisión de destino          | Si cumple → Queso fresco; si acidez >18 °D → Mozzarella.                                     |                                     |
| 3   | Registro y etiquetado        | Anotar destino en registro y marcar tanque o lote correspondiente.                           |                                     |

En la Figura 17 se halla representada de forma gráfica la secuencia de decisiones que determinan el camino que toman las materias primas en el sistema de producción. En este caso, este subproceso sirve para evaluar si la leche puede utilizarse en la producción de queso fresco o si tiene que ser utilizada para otros productos en sentido contrario al de equilibrio entre recursos disponibles y estándares de calidad.

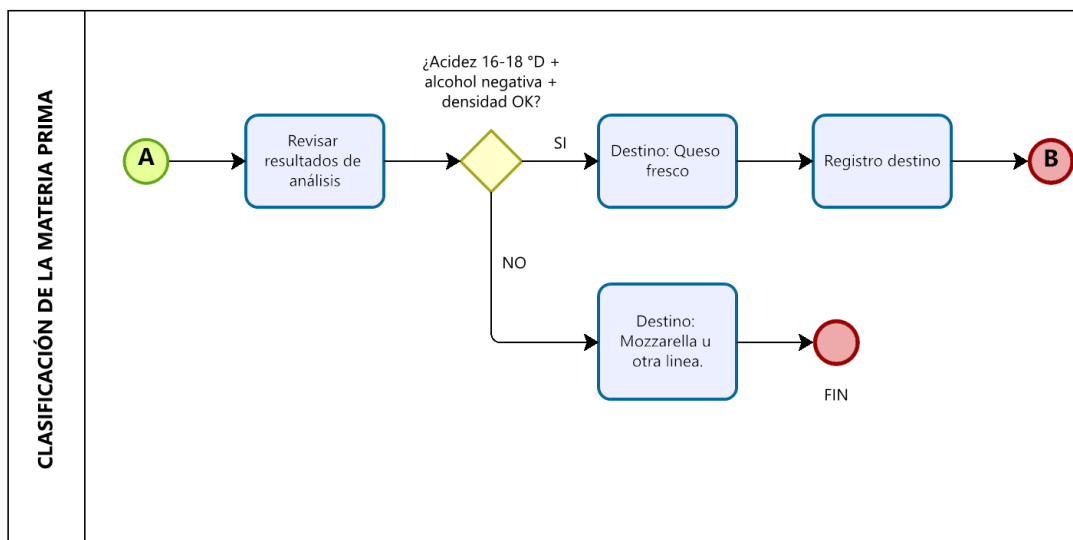



Figura 17. Diagrama de flujo de la clasificación de materia prima.

### 5.5.3 Descremado

En la Tabla 22 define el subproceso de descremado, que se enfoca en estandarizar la proporción de grasa en la leche a través de una descremadora centrífuga.

Tabla 22. Levantamiento de procesos: Descremado

|   |                                |   |                                     |
|---|--------------------------------|---|-------------------------------------|
|  |                                | Proceso   | Elaboración de queso fresco (500 g) |
|   |                                | Subproceso  | Descremado                          |
|   |                                | Código  | QF                                  |
| Objetivo  |                                | Estandarizar grasa de leche a 2,4-2,8% para textura óptima del queso.           |                                     |
| Entradas  |                                | Leche cruda clasificada.  |                                     |
| Recursos  |                                | Descremadora centrífuga, operario, regla de ajuste (tornillo).                  |                                     |
| Salidas   |                                | Leche descremada estandarizada + crema subproducto.                             |                                     |
| N°  | Actividad                      | Descripción   |                                     |
| 1   | Ajuste máquina                 | Ajustar tornillo al máximo; procesar 100 L prueba.                              |                                     |
| 2   | Separación                     | Obtener 3-5 L crema (53-55% grasa); si >5 L → ajustar para evitar queso frágil. |                                     |
| 3   | Registro y destino subproducto | Registrar volumen crema; destinar a mantequilla/helados.                        |                                     |
| 4   | Almacenamiento leche           | Leche estandarizada a marmita temporal.   |                                     |

En la Figura 18 representa el flujo de operaciones que tienen lugar en esta fase, lo cual deja claro cómo se separa la crema y se consigue leche estandarizada para seguir con el proceso productivo. Este proceso ayuda a asegurar la textura y las propiedades apropiadas del queso fresco, así como a producir un subproducto que puede ser utilizado en otros productos lácteos.

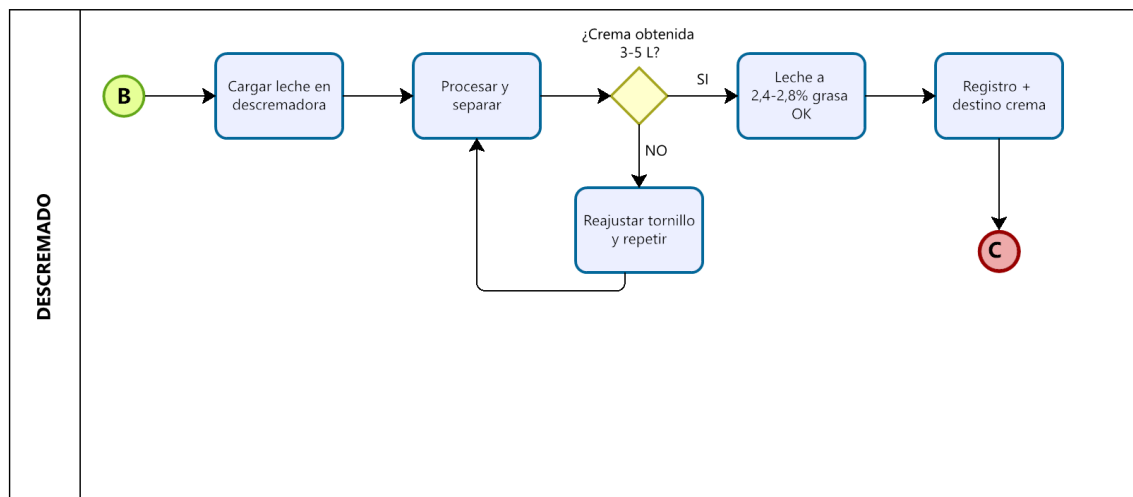



Figura 18. Diagrama de flujo, proceso de Descremado.

### 5.5.4 Temperado de la leche cruda

En la Tabla 23 se expone el levantamiento del subproceso de pasteurización o temperado de la leche, así como las tareas mínimas para eliminar los microorganismos patógenos mediante el control de la temperatura y el tiempo.

Tabla 23. Levantamiento de procesos: Temperado de leche cruda

|   |                      |  |                                     |
|---|----------------------|--|-------------------------------------|
|  |                      | Proceso  | Elaboración de queso fresco (500 g) |
|   |                      | Subproceso   | Temperado / Pasteurización          |
|   |                      | Código   | QF                                  |
| Objetivo  |                      | Eliminar patógenos manteniendo propiedades de la leche.  |                                     |
| Entradas  |                      | Leche estandarizada (~50 °C inicial).                    |                                     |
| Recursos  |                      | Marmita con doble chaqueta, vapor, agitador, termómetro. |                                     |
| Salidas   |                      | Leche pasteurizada segura (70 °C/10 m).                  |                                     |
| N°  | Actividad            | Descripción  |                                     |
| 1   | Calentamiento lento  | Circulación vapor en chaqueta + agitación hasta 70 °C.   |                                     |
| 2   | Mantenimiento tiempo | Mantener exactamente 10 segundos a 70 °C.                |                                     |
| 3   | Verificación         | Si no alcanzado → repetir ciclo.                         |                                     |

En la Figura 19 se observa el encadenamiento de operaciones relacionadas con el calentamiento, conservación de temperatura y verificación del proceso. Esta etapa es clave para conseguir el proceso de fabricación ya que verificar el producto es garantizado, también contribuye a garantizar el cumplimiento de la normativa de la higiene y la calidad de la producción de alimentos.

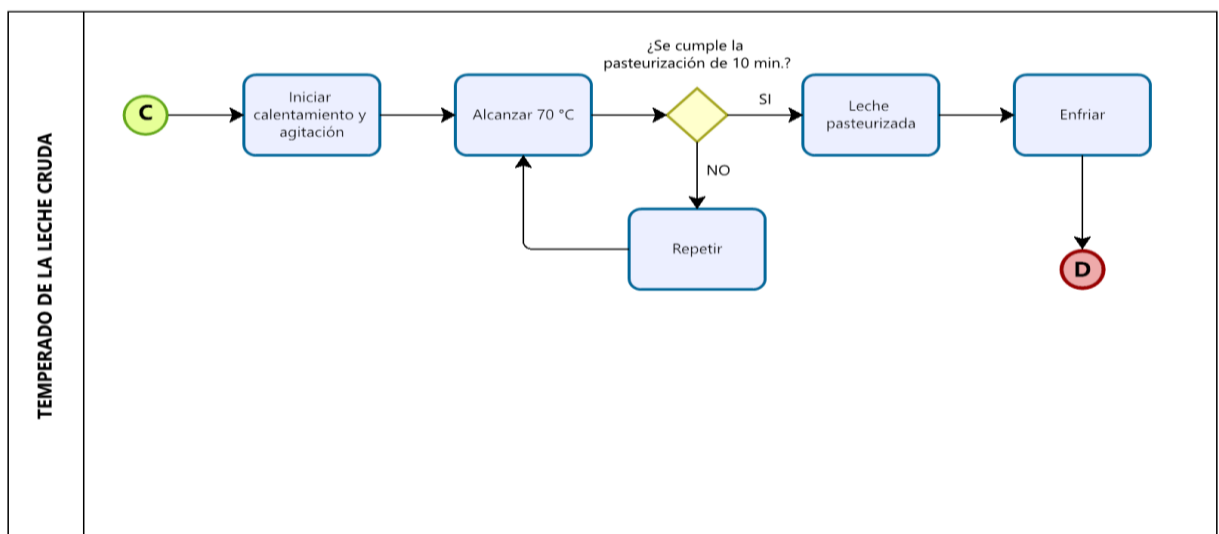



Figura 19. Diagrama de flujo del temperado de la leche cruda.

### 5.5.5 Adición de sal cálcica y cuajo

Las actividades del subproceso de adición de sal cálcica y cuajo, que son los procedimientos requeridos para preparar la leche para la coagulación, se ilustran en la Tabla 24.

Tabla 24. Levantamiento de procesos: Adición de sal cálcica y cuajo

|   |                                  |   |                                     |
|---|----------------------------------|---|-------------------------------------|
|  |                                  | Proceso   | Elaboración de queso fresco (500 g) |
|   |                                  | Subproceso  | Adición de sal cálcica y cuajo      |
|   |                                  | Código  | QF                                  |
| Objetivo  |                                  | Preparar la leche para coagulación mediante precipitación de caseína y formación inicial de cuajada.            |                                     |
| Entradas  |                                  | Leche pasteurizada y enfriada (~50 °C).   |                                     |
| Recursos  |                                  | Operario, cloruro de calcio (10 g/100 L), cuajo (10 ml/100 L), marmita con doble chaqueta, agitador, agua fría. |                                     |
| Salidas   |                                  | Leche con aditivos listos para cuajado.   |                                     |
| N°  | Actividad                        | Descripción   |                                     |
| 1   | Preparación solución sal cálcica | Disolver 10 g cloruro de calcio en agua por cada 100 L leche.   |                                     |
| 2   | Adición sal cálcica              | Agregar solución con agitación continua y circulación agua fría.  |                                     |
| 3   | Adición cuajo                    | Agregar 10 ml cuajo por 100 L leche; mantener agitación.  |                                     |
| 4   | Registro parámetros              | Anotar cantidades, temperatura y tiempo de adición.   |                                     |

La secuencia de operaciones que posibilita la adición de estos aditivos y su adecuada combinación en la leche se representa en la Figura 20. Este subproceso es fundamental para favorecer la precipitación de caseína y la formación subsiguiente del cuajo, una fase crucial en el proceso de fabricación del queso.

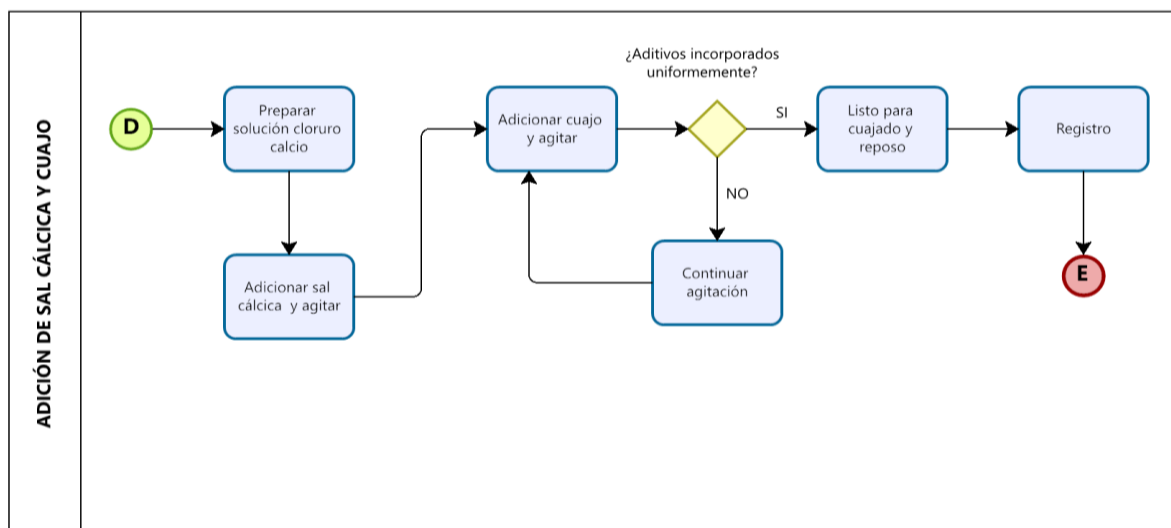



Figura 20. Diagrama de flujo de adición del cuajo y la sal cálcica

### 5.5.6 Cuajado, reposo y corte

La Tabla 25 describe el levantamiento del subproceso de cuajado, reposo y corte de la cuajada. En ella se detallan las tareas requeridas para convertir la leche líquida en una estructura semisólida.

Tabla 25. Levantamiento de procesos: Cuajado, reposo y corte

|   |                           |   |                                     |
|---|---------------------------|---|-------------------------------------|
|  |                           | Proceso   | Elaboración de queso fresco (500 g) |
|   |                           | Subproceso  | Cuajado, reposo y corte de cuajada  |
|   |                           | Código  | QF                                  |
| Objetivo  |                           | Formar y separar la cuajada sólida del suero para base del queso. |                                     |
| Entradas  |                           | Leche con cuajo adicionado.                                       |                                     |
| Recursos  |                           | Marmita con agua fría, liras de corte, operario.                  |                                     |
| Salidas   |                           | Cuajada cortada lista para desuerado.                             |                                     |
| N°  | Actividad                 | Descripción   |                                     |
| 1   | Reposo cuajado            | Detener agitación, mantener circulación fría hasta cuajada firme. |                                     |
| 2   | Corte cuajada             | Cortar lentamente con liras a lo largo/ancho; coágulos 3-5 cm.    |                                     |
| 3   | Verificación consistencia | Evaluar firmeza y tamaño de flóculos (evitar demasiado pequeños). |                                     |
| 4   | Registro                  | Anotar tiempo reposo y observaciones.                             |                                     |

En la Figura 21 se ilustra de manera gráfica el proceso que sigue la cuajada desde su formación hasta que es cortada en pedazos de tamaño controlado. Estas acciones facilitan la separación del suero y la preparación de la cuajada para las siguientes fases de producción.

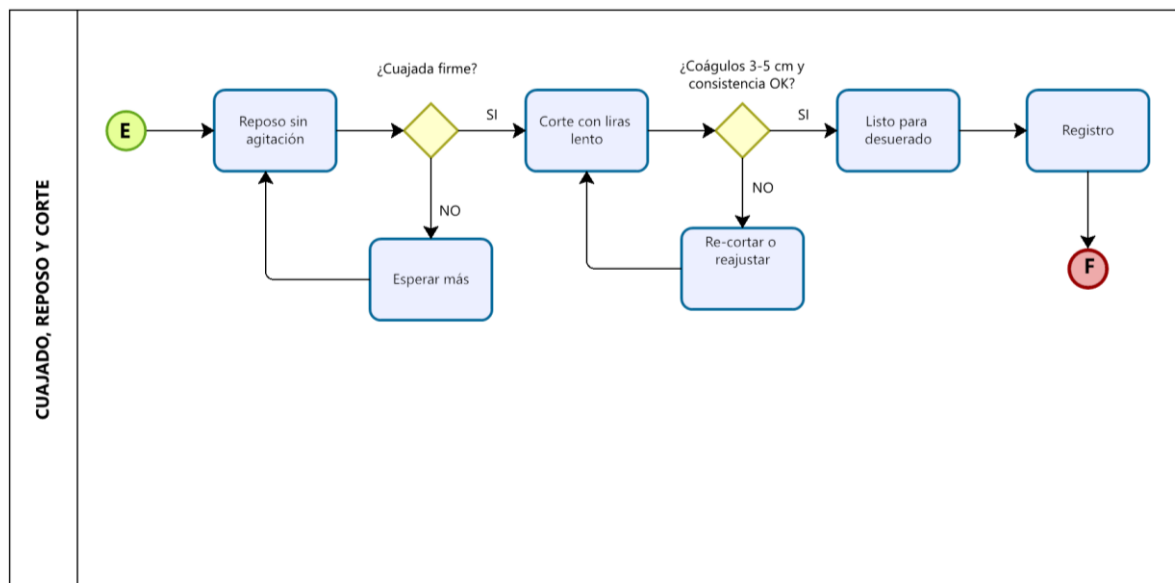



Figura 21. Diagrama de flujo del cuajo, reposo y corte.

### 5.5.7 Desuerado y distribución de cuajada

El subproceso de desuerado y distribución de la cuajada se detalla en la Tabla 26, donde se explican las tareas que tienen como objetivo separar el suero de la cuajada y repartirla en moldes para darle una primera forma.

Tabla 26. Levantamiento de procesos: Desuerado y distribución de cuajada

|   |                              |  |                                     |
|---|------------------------------|--|-------------------------------------|
|  |                              | Proceso  | Elaboración de queso fresco (500 g) |
|   |                              | Subproceso   | Desuerado y distribución/moldeado   |
|   |                              | Código   | QF                                  |
| Objetivo  |                              | Separar suero y formar quesos iniciales de ~500 g en moldes.                             |                                     |
| Entradas  |                              | Cuajada cortada.   |                                     |
| Recursos  |                              | Cedazo/colador, moldes acero inoxidable, mesa acero, contenedores suero.                 |                                     |
| Salidas   |                              | Quesos moldeados iniciales + suero separado.   |                                     |
| N°  | Actividad                    | Descripción  |                                     |
| 1   | Separación suero             | Usar cedazo para retirar cuajada de marmita; suero a contenedores (alimentación animal). |                                     |
| 2   | Distribuir en moldes         | Colocar moldes en mesa; distribuir cuajada excediendo moldes uniformemente.              |                                     |
| 3   | Voltear y apretar            | Voltear moldes, apretar flóculos contra mesa para forma; ajustar exceso.                 |                                     |
| 4   | Verificación peso aproximado | Flóculos a ~45° sobre borde ≈ 500 g; registrar.  |                                     |

La secuencia de trabajo en esta etapa puede observarse a través del flujo de operaciones que ilustra la Figura 22. Este procedimiento es relevante ya que ayuda a disminuir el contenido de humedad del queso y a crear su estructura inicial.

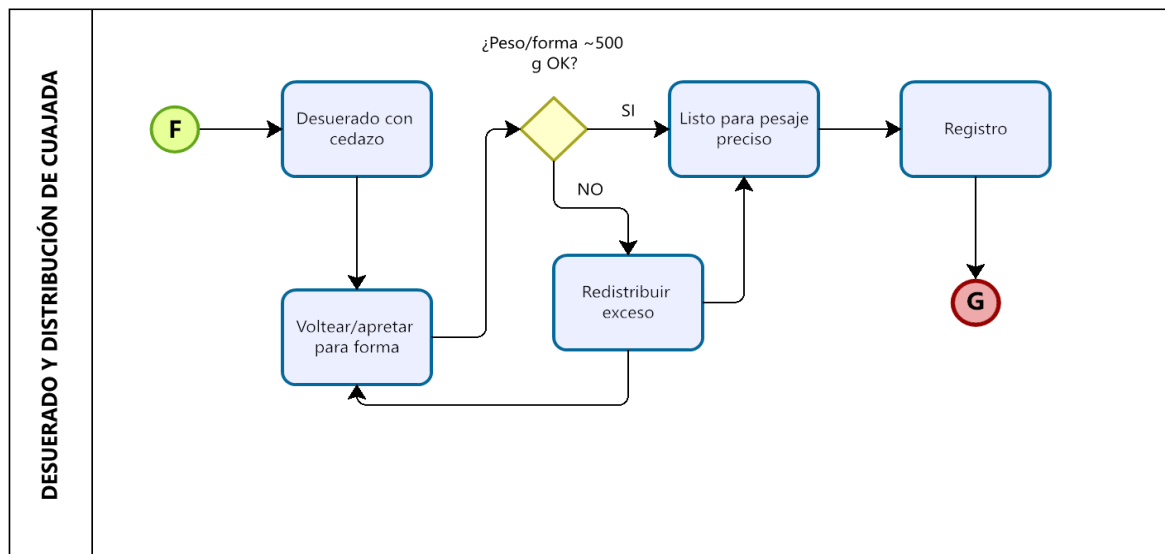





Figura 22. Diagrama de flujo desuerado y distribución de cuajada.

### 5.5.8 Porcionado, pesaje y prensado

La Tabla 27 se presenta el levantamiento del subproceso de pesaje, porcionado y prensado, en el que se especifican las acciones requeridas para asegurar que cada unidad de queso alcance un peso estándar de 500 g.

Tabla 27. Levantamiento de procesos: Porcionado, pesaje y prensado

|   |                       |  |                                     |
|---|-----------------------|--|-------------------------------------|
|    |                       | <b>Proceso</b>   | Elaboración de queso fresco (500 g) |
|   |                       | <b>Subproceso</b>  | Porcionado, pesaje y prensado       |
|   |                       | <b>Código</b>  | QF                                  |
| <b>Objetivo</b>   |                       | Asegurar peso exacto de 500 g y compactar queso eliminando suero remanente.          |                                     |
| <b>Entradas</b>   |                       | Quesos moldeados iniciales.  |                                     |
| <b>Recursos</b>   |                       | Balanza, moldes con tapa, mesa acero.  |                                     |
| <b>Salidas</b>  |                       | Quesos compactados rectangulares listos para salmuera.                               |                                     |
| <b>N°</b>   | <b>Actividad</b>      | <b>Descripción</b>   |                                     |
| 1   | Pesaje y ajuste       | Pesar cada unidad a 500 g; recalcularse si exceso.                                   |                                     |
| 2   | Moldeado final        | Colocar en moldes para forma definitiva; manejar desbordes.                          |                                     |
| 3   | Prensado/enfriamiento | Armar moldes con tapa contra mesa; 15-20 min para eliminar suero y compactar.        |                                     |
| 4   | Desmoldeo             | Extraer quesos rectangulares; trasladar a tina salmuera.                             |                                     |
| Merma identificada en el proceso de manera visual (cuajado)                         |                       | Reproceso identificado de manera visual (Desmolado)                                  |                                     |
|  |                       |  |                                     |

El flujo de operaciones que hacen posible ver el proceso de ajuste de peso, conformación y compactación del producto se muestra en la Figura 23. Esta fase es crucial para garantizar la uniformidad del producto final y simplificar su venta.

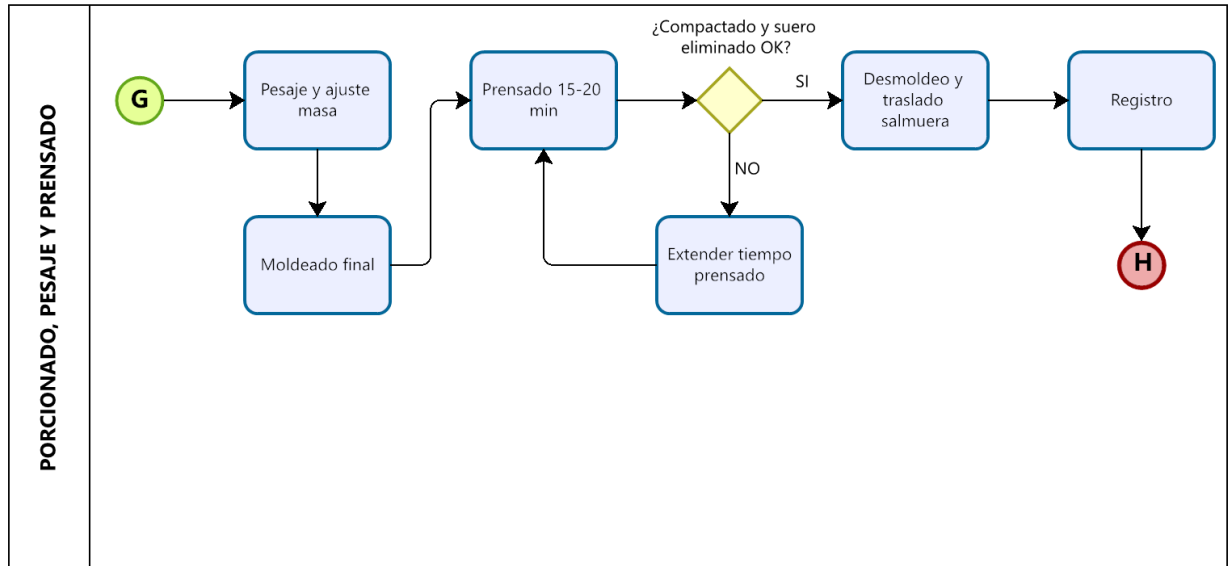



Figura 23. Diagrama de flujo del porcionado, pesaje y prensado.

### 5.5.9 Inmersión en salmuera

En la Tabla 28 se presenta el subproceso de inmersión en salmuera y las correspondientes tareas que se encuentran unidas a la salazón del queso mediante su inmersión y contacto con una mezcla adecuada de agua con sal.

Tabla 28. Levantamiento de procesos: Inmersión en salmuera

|   |                             |  |                                     |
|---|-----------------------------|--|-------------------------------------|
|  |                             | Proceso  | Elaboración de queso fresco (500 g) |
|   |                             | Subproceso   | Inmersión en salmuera y estantería  |
|   |                             | Código   | QF                                  |
| Objetivo  |                             | Salar queso uniformemente y drenar exceso para sabor y conservación. |                                     |
| Entradas  |                             | Quesos compactados.  |                                     |
| Recursos  |                             | Tina salmuera (30 kg sal/50 L agua pasteurizada), estanterías.       |                                     |
| Salidas   |                             | Quesos salados drenados.   |                                     |
| Nº  | Actividad                   | Descripción  |                                     |
| 1   | Preparar/verificar salmuera | Disolver sal en agua caliente; verificar nivel/cobertura.            |                                     |
| 2   | Inmersión                   | Sumergir quesos 1-2 h; cubrir totalmente (evitar amarilleo).         |                                     |
| 3   | Enmoldada estantería        | Apilar quesos uno sobre otro para drenar exceso salmuera/suero.      |                                     |
| 4   | Traslado refrigeración      | Mover a cámara para enfriamiento.                                    |                                     |

La secuencia de operaciones que forman parte de esta fase del proceso se presenta en la Figura 24. El uso de sal ayuda a realzar el sabor del producto, facilita su preservación y colabora en la creación de la textura típica del queso fresco.

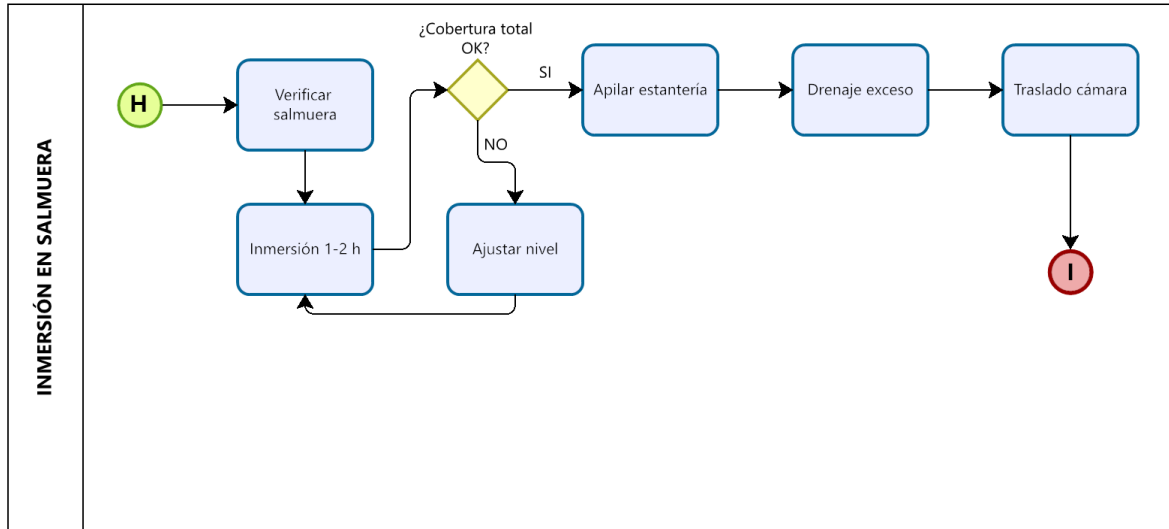



Figura 24. Diagrama de flujo de la inmersión en salmuera.

### 5.5.10 Enfriamiento

La Tabla 29 expone la ejecución del proceso secundario del enfriamiento en cámara de refrigeración, que explica las acciones dirigidas a estabilizar la estructura del queso mediante control de la temperatura.

Tabla 29. Levantamiento de procesos: Enfriamiento en cámara frigorífica

|   |                               |  |                                     |
|---|-------------------------------|--|-------------------------------------|
|  |                               | Proceso  | Elaboración de queso fresco (500 g) |
|   |                               | Subproceso   | Enfriamiento en cámara frigorífica  |
|   |                               | Código   | QF                                  |
| Objetivo  |                               | Compactar queso, formar costra y estabilizar sin gasificación. |                                     |
| Entradas  |                               | Quesos salados en estantería.                                  |                                     |
| Recursos  |                               | Cámara 4-8 °C, perchas acero inoxidable.                       |                                     |
| Salidas   |                               | Quesos refrigerados con costra blanca hueso.                   |                                     |
| N°  | Actividad                     | Descripción  |                                     |
| 1   | Colocación estantería/perchas | Colocar quesos en perchas acero inoxidable.                    |                                     |
| 2   | Enfriamiento                  | Mantener 16-24 h a 4-8 °C.                                     |                                     |
| 3   | Verificación                  | Controlar color (blanco hueso), costra y ausencia orificios.   |                                     |
| 4   | Registro                      | Anotar tiempo y temperatura.                                   |                                     |

El flujo de operaciones vinculadas a la conservación del producto en condiciones de refrigeración se representa en la Figura 25. Antes de la fase de empaquetado, este proceso ayuda a preservar la calidad y a compactar la textura del queso.

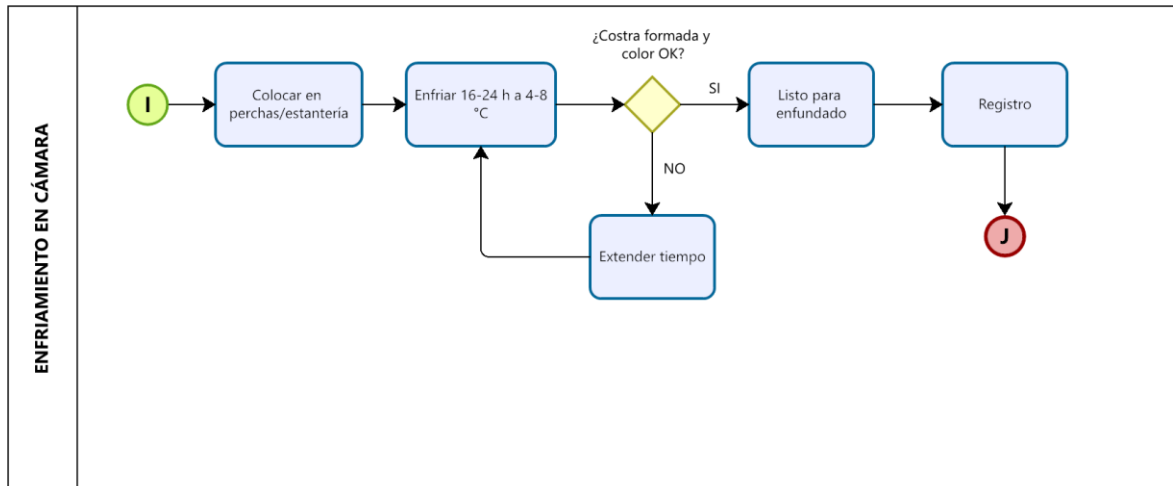



Figura 25. Diagrama de flujo del enfriamiento en cámara frigorífica.

### 5.5.11 Enfundado, empacado al vacío y codificado

En la Tabla 30 se presentan las tareas del subproceso de enfundado, empacado al vacío y codificado, que explican los métodos requeridos para cuidar el producto y asegurar su trazabilidad.

Tabla 30. Levantamiento de procesos: Enfundado, empacado al vacío y codificado

|   |                    |   |
|---|--------------------|---|
|  | Proceso            | Elaboración de queso fresco (500 g)                                       |
|   | Subproceso         | Enfundado, empacado al vacío y codificado                                 |
|   | Código             | QF  |
| Objetivo  |                    | Empaquetar queso de forma higiénica y trazable para conservación.         |
| Entradas  |                    | Quesos enfriados.   |
| Recursos  |                    | Bolsas polietileno baja densidad, máquina vacío, codificadora, gavetas.   |
| Salidas   |                    | Quesos envasados al vacío, codificados y listos para almacenamiento.      |
| Nº  | Actividad          | Descripción   |
| 1   | Enfundado          | Colocar queso en bolsa; verificar limpieza y ausencia daños/suciedad.     |
| 2   | Empacado al vacío  | Revisar máquina; sellar 3-3,5 s; verificar sellado perfecto/sin burbujas. |
| 3   | Codificado         | Marcar lote (día, mes y año), fechas, precio.                             |
| 4   | Colocación gavetas | Trasladar a gavetas plásticas.  |

Flujo de la operación relacionada con la identificación del lote y el envasado del queso. Se presenta el flujo de esta operación en la Figura 26. Este procedimiento es muy útil para asegurar la calidad del producto y para controlar dicho proceso de distribución.

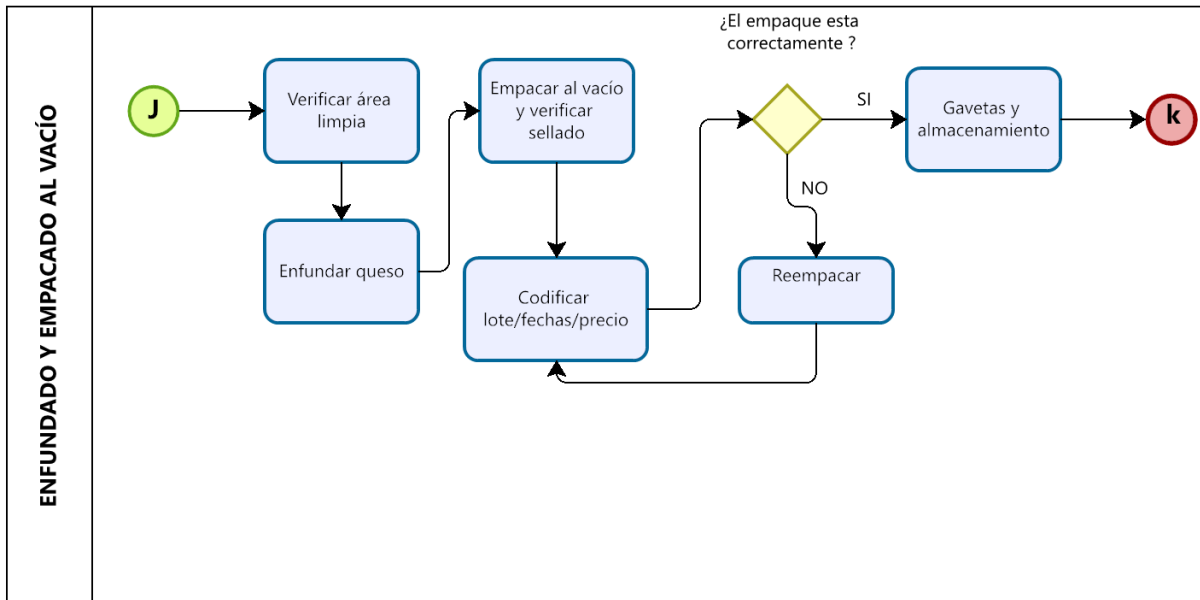



Figura 26. Diagrama de flujo del enfundado y empaquetado.

### 5.5.12 Almacenamiento y despacho

La Tabla 31 muestra cómo se lleva a cabo el subproceso de almacenamiento y envío del producto final. En esta se especifican las tareas orientadas a mantener el queso bajo condiciones apropiadas de refrigeración hasta que sea distribuido.

Tabla 31. Levantamiento de procesos: Almacenamiento y despacho

|   |   |   |
|---|---|---|
|  | Proceso   | Elaboración de queso fresco (500 g)                 |
|   | Subproceso  | Almacenamiento y transporte/despacho                |
|   | Código  | QF  |
| Objetivo  | Conservar producto en frío y despachar manteniendo cadena de frío.      |   |
| Entradas  | Quesos envasados/codificados.   |   |
| Recursos  | Cámara frigorífica 4-8 °C, gavetas plásticas, vehículos inspeccionados. |   |
| Salidas   | Producto despachado a clientes.   |   |
| N°  | Actividad   | Descripción   |
| 1   | Almacenamiento  | Colocar en cámara 4-8 °C; monitorear 16-24 h o más. |
| 2   | Inspección almacenamiento   | Separar envases rotos/mal estado para análisis.     |
| 3   | Preparación despacho  | Según pedido; en gavetas con cadena frío.           |
| 4   | Inspección vehículo y registro  | Verificar diario; documentar mensualmente.          |

La Figura 27 muestra el proceso de operaciones vinculadas con la preparación del producto para que pueda ser transportado y entregado a los consumidores, asegurando que se conserve la cadena de frío y que el producto mantenga su calidad.

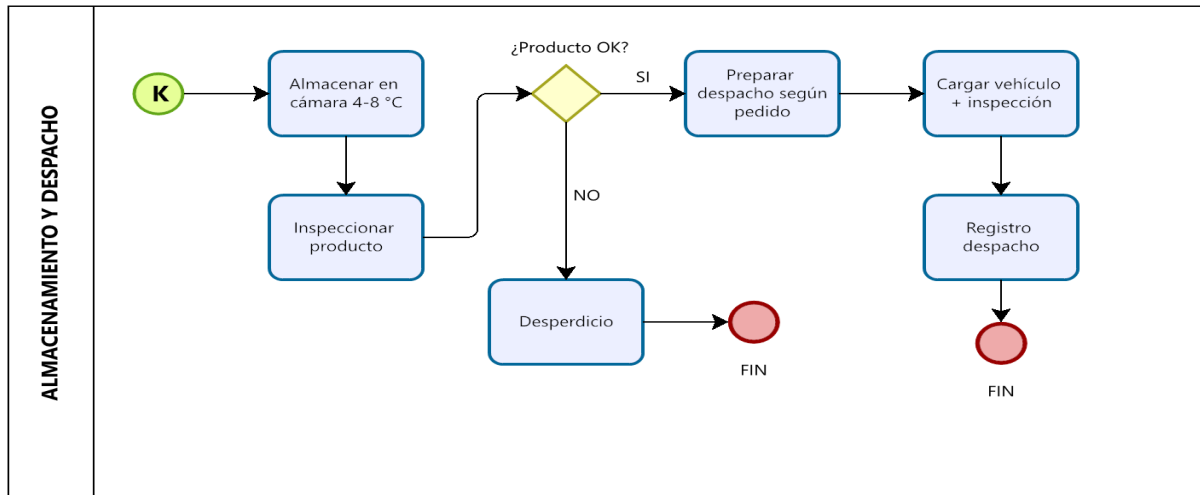


Figura 27. Diagrama de flujo de almacenamiento y despacho.

## 5.6 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

### 5.6.1 Instrumento C Diagrama SIPOC del sistema productivo (fase Define del DMAIC)

El diagrama SIPOC mostrado en la Tabla 32 permite representar el sistema productivo de PRODUCTOS LÁCTEOS “FINO”, considerando la línea de producción del queso fresco de 500 g, mediante la identificación de proveedores, entradas (insumos), procesos, salidas y clientes asociados a cada una de ellas.

Tabla 32. Diagrama SIPOC – Cuatro líneas de producción activas

| S - Proveedores                                | I - Insumos / Entradas  | P - Proceso   | O - Salidas / Productos             | C - Clientes  |
|--|---|---|-------------------------------------|---|
| <b>Línea 1: Queso Fresco 500 g</b>             |   |   |                                     |   |
| Proveedores de leche cruda (ganaderos locales) | Leche cruda (300-500 L)<br>Cuajo, sal, cultivos lácticos<br>Fundas y moldes | 1.Recepcion y pesaje de la leche cruda; 2. Llenado en la marmita (600 L); 2. Calentado de la MP (70 °C); 3. Pasteurización (70 °C); 4. Enfriamiento (50 °C); 5.Adicion de cuajo y cloruro de calcio; 6.Cuajado;7.Inspeccion visual de cuajada; 8. Corte de cuajado; 9. Desuerado; 10. Inspección de suero residual;11.Transporte de masas a moldes; 12.Moldeo; 13. Prensado; 14. Inspección de forma y peso; 15.Transporte a tina de salmuera; 16.Salmuera (Lado 1 del queso); 17. Salmuera (Lado 2 del queso); 18. Secado; 19. Inspección final antes del empaque; 20.trasnorte a área de empaque;21.Empacado ; 22. Sellado al vacío; 23. Codificado | Queso Fresco 500 g (~74-119 u/lote) | Distribuidores locales<br>Tiendas y supermercados<br>Clientes finales |

Se presenta el diagrama SIPOC de la línea de producción del queso fresco de 500 g donde señala los proveedores, insumos, el proceso, las salidas y los clientes. Los insumos primordiales son cuajo, leche cruda, cultivos y sal, proporcionados por los ganaderos de la zona. La secuencia abarca 23 fases, desde la recepción y análisis de la leche hasta el empaquetado, sellado y codificación del producto terminado.

### 5.6.2 Instrumento D Cursograma Analítico Proceso, de Queso Fresco 500 g

El cursograma analítico es un instrumento que descompone cada fase de un proceso productivo en tareas elementales, lo que ayuda a entender el flujo y a identificar ineficiencias. Las operaciones, los traslados, las inspecciones, las esperas y el almacenamiento se simbolizan a través de la simbología normalizada de la ASME. Esta se presenta en la Tabla 33.

Tabla 33. Cursograma Analítico — Línea de Queso Fresco 500 g (300 L de leche)

| N°           | Descripción de la actividad               | ○         | □        | →        | D        | ▽        | T (min) | VA/NVA |
|--------------|---|-----------|----------|----------|----------|----------|---------|--------|
| 1            | Recepción y pesaje de leche cruda         |           | □        |          |          |          | 12,12   | VA     |
| 2            | Transporte a tanque de pasteurización     |           |          | →        |          |          | 8,59    | NVA    |
| 3            | Calentado (70 °C)                         | ○         |          |          |          |          | 45,52   | VA     |
| 4            | Pasteurización (70°C)                     | ○         |          |          |          |          | 11,36   | VA     |
| 5            | Espera de enfriamiento (50 °C)            |           |          |          | D        |          | 30,51   | VA     |
| 6            | Adición de cuajo y cloruro de calcio      | ○         |          |          |          |          | 0,55    | NVA    |
| 7            | Cuajada                                   |           |          |          | D        |          | 5,1     | VA     |
| 8            | Inspección visual de la cuajada           |           | □        |          |          |          | 0,54    | VA     |
| 9            | Corte manual de la cuajada                | ○         |          |          |          |          | 4,38    | VA     |
| 10           | Desuerado (agitación + reposo)            | ○         |          |          |          |          | 17,04   | VA     |
| 11           | Inspección de suero residual              |           | □        |          |          |          | 0,52    | VA     |
| 12           | Transporte de masa a moldes               |           |          | →        |          |          | 3,2     | NVA    |
| 13           | Moldeo y compactación manual              | ○         |          |          |          |          | 5,56    | VA     |
| 14           | Prensado (manual, sin control de presión) | ○         |          |          |          |          | 6,16    | VA     |
| 15           | Inspección de forma y peso                |           | □        |          |          |          | 1,25    | VA     |
| 16           | Transporte a tina de salmuera             |           |          | →        |          |          | 0,49    | NVA    |
| 17           | Inmersión en salmuera (A las dos caras)   | ○         |          |          |          |          | 66,32   | VA     |
| 18           | Secado                                    | ○         |          |          |          |          | 5,55    | VA     |
| 19           | Inspección final antes de empaque         |           | □        |          |          |          | 0,39    | NVA    |
| 20           | Transporte a área de empaque              |           |          | →        |          |          | 4,05    | VA     |
| 21           | Empaque y sellado                         | ○         |          |          |          |          | 8,59    | VA     |
| 22           | Codificado                                | ○         |          |          |          |          | 0,35    | VA     |
| 23           | Almacenamiento en cámara fría             |           |          |          |          | ▽        | 3,12    | VA     |
| <b>Total</b> |   | <b>11</b> | <b>5</b> | <b>4</b> | <b>2</b> | <b>1</b> | 241,26  |        |

Para la interpretación de los procesos, se consideran las siguientes definiciones: VA = Valor Agregado, NVA = No Valor Agregado, ○ Operación, □ Inspección, → Transporte, D Demora, y ▽ Almacenamiento. Estas clasificaciones permiten identificar y analizar cada una de las actividades que forman parte del proceso productivo, facilitando la diferenciación entre aquellas que aportan valor al producto y aquellas que no contribuyen directamente a su transformación.

Tabla 34. Resumen del Cursograma Analítico, distribución de actividades y tiempos

| Tipo de actividad  | N° actividades | Tiempo (min) | % del tiempo total |
|--------------------|----------------|--------------|--------------------|
| Operación (VA) ○   | 11             | 171,38       | 71,04%             |
| Inspección (VA) □  | 5              | 14,82        | 6,14%              |
| Transporte (NVA) → | 4              | 16,33        | 6,77%              |
| Demora (NVA) D     | 2              | 35,61        | 14,76%             |
| Almacenamiento ▽   | 1              | 3,12         | 1,29%              |
| <b>Total</b>       | 23             | 241,26       | 100,00%            |

El tiempo de las actividades NVA (no valor agregado) se traduce en 51,94 minutos o un 21,53% del tiempo total del ciclo, o lo que es lo mismo, de las actividades NVA, que nos da la oportunidad de reducir el tiempo de proceso y la variabilidad directamente.

### 5.6.3 Instrumentos E Ficha de Control de Producción

Asimismo, se muestran las siguientes tablas que presentan la ficha de control de producción (Anexo E) utilizada en las cuatro líneas de producción en que se realizó el estudio. Dichas tablas presentan los datos de materia prima procesada, de rendimiento real, de rendimiento estimado y de merma estimada en kg. Lo podemos observar de forma clara en la Tabla 35.

Tabla 35. Ficha de Control de Producción – Queso Fresco 500 g (muestra representativa)

| Fecha      | MP (L) | Unidades | Producción (kg) | Rendimiento real (%) | Rendimiento teórico (%) | % Desperdicio vs teórico |
|------------|--------|----------|-----------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|
| 18/01/2025 | 300    | 74       | 37,0            | 12,3                 | 13,9                    | -11,5%                   |
| 24/02/2025 | 300    | 78       | 39,0            | 13,0                 | 13,9                    | -6,5%                    |
| 17/03/2025 | 300    | 91       | 45,5            | 15,2                 | 13,9                    | 9,4%                     |
| 24/03/2025 | 300    | 72       | 36,0            | 12,0                 | 13,9                    | -13,7%                   |
| 16/04/2025 | 500    | 119      | 59,5            | 11,9                 | 13,9                    | -14,4%                   |
| 22/04/2025 | 400    | 108      | 54,0            | 13,5                 | 13,9                    | -2,9%                    |
| 11/05/2025 | 400    | 112      | 56,0            | 14,0                 | 13,9                    | 0,7%                     |
| 15/05/2025 | 400    | 98       | 49,0            | 12,3                 | 13,9                    | -11,5%                   |
| 26/05/2025 | 400    | 99       | 49,5            | 12,4                 | 13,9                    | -10,8%                   |
| 12/06/2025 | 400    | 102      | 51,0            | 12,8                 | 13,9                    | -7,9%                    |
| 26/06/2025 | 400    | 98       | 49,0            | 12,3                 | 13,9                    | -11,5%                   |
| 21/07/2025 | 500    | 102      | 51,0            | 10,2                 | 13,9                    | -26,6%                   |
| 24/07/2025 | 300    | 82       | 41,0            | 13,7                 | 13,9                    | -1,4%                    |
| 08/08/2025 | 300    | 84       | 42,0            | 14,0                 | 13,9                    | 0,7%                     |
| 09/12/2025 | 400    | 96       | 48,0            | 12,0                 | 13,9                    | -13,7%                   |

Los datos presentados se basan en los registros históricos de PRODUCTOS LÁCTEOS FINO correspondientes al año 2025. De acuerdo con esta información, el rendimiento teórico considerado es de 13,9 %, tomando como referencia el estándar de la industria que establece aproximadamente 1 kg de queso por cada 7,2 L de leche procesada.

#### 5.6.4 Síntesis del diagnóstico Línea crítica identificada

La aplicación conjunta de los instrumentos A, B, C y E permite concluir que la línea de Queso Fresco 500 g es la línea de producción con mayores índices de desperdicio en PRODUCTOS LÁCTEOS FINO. Esto se muestra en la Tabla 36.

Tabla 36. Evidencias de la Línea crítica identificada

| <b>Criterio</b>              | <b>Queso Fresco</b>                                  |
|------------------------------|--|
| Nº etapas proceso            | 23   |
| Duración ciclo (min)         | 241,26   |
| Índice desperdicio prom. (%) | 12,78 ★  |
| Variabilidad rendimiento     | Alta ★   |
| Nº lotes analizados          | 56   |
| Tipo merma principal         | Cuajada contaminada / Productos de reproceso (Forma) |
| Posición Pareto              | 1º (vital) ★   |

El símbolo ★ representa que el criterio señalado es crítico o de importancia prioritaria, es decir, un punto que requiere atención inmediata para mejorar la eficiencia y reducir desperdicios en el proceso.

### 5.7 ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO OPERATIVO DE LA LÍNEA DE QUESO FRESCO

Con base en la identificación de la línea de queso fresco 500 g como línea crítica, se aplicaron los instrumentos D, F, G y M para caracterizar en detalle su desempeño operativo en términos de calidad del producto, tiempo de ciclo, actividades sin valor agregado y capacidad del proceso.

#### 5.7.1 Instrumento F Hoja de Inspección de Calidad Línea Queso Fresco 500 g

Se inspeccionaron los 56 lotes producidos durante el periodo de enero a diciembre de 2025, definiendo 2 oportunidades de defecto por unidad: primero, conformidad en peso, con rango de 490-510 g, y segundo, calidad visual/Forma. Las Tablas 37, 38, 39, 40 y 41 presentan los valores de los 56 lotes.

Tabla 37. Hoja de Inspección de Calidad del Queso Fresco 500 g

| Fecha     | Lote   | Unidad inspeccionada | Defecto A (peso) | Defecto B (Forma) | Total defectos | Columna1 | Acción Correctiva Defecto A (Peso)      | Acción Correctiva Defecto B (Textura)                               |
|-----------|--------|----------------------|------------------|-------------------|----------------|----------|---|---|
| 18/1/2025 | QF-001 | 74                   | 6                | 4                 | 10             | 13,51%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada /<br>Desmoldado de manera correcta |
| 25/1/2025 | QF-002 | 94                   | 8                | 5                 | 13             | 13,83%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada /<br>Desmoldado de manera correcta |
| 30/1/2025 | QF-003 | 96                   | 6                | 4                 | 10             | 10,42%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada /<br>Desmoldado de manera correcta |
| 4/2/2025  | QF-004 | 95                   | 7                | 5                 | 12             | 12,63%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada /<br>Desmoldado de manera correcta |
| 10/2/2025 | QF-005 | 92                   | 5                | 5                 | 10             | 10,87%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada /<br>Desmoldado de manera correcta |
| 14/2/2025 | QF-006 | 94                   | 6                | 4                 | 10             | 10,64%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada /<br>Desmoldado de manera correcta |
| 20/2/2025 | QF-007 | 96                   | 7                | 5                 | 12             | 12,50%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada /<br>Desmoldado de manera correcta |
| 24/2/2025 | QF-008 | 78                   | 3                | 5                 | 8              | 10,26%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada /<br>Desmoldado de manera correcta |
| 3/3/2025  | QF-009 | 100                  | 8                | 7                 | 15             | 15,00%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada /<br>Desmoldado de manera correcta |
| 7/3/2025  | QF-010 | 97                   | 8                | 5                 | 13             | 13,40%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada /<br>Desmoldado de manera correcta |
| 11/3/2025 | QF-011 | 97                   | 7                | 6                 | 13             | 13,40%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada /<br>Desmoldado de manera correcta |
| 14/3/2025 | QF-012 | 94                   | 6                | 4                 | 10             | 10,64%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada /<br>Desmoldado de manera correcta |
| 17/3/2025 | QF-013 | 96                   | 7                | 6                 | 13             | 13,54%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada /<br>Desmoldado de manera correcta |

Tabla 38. (Continuación). Hoja de Inspección de Calidad del Queso Fresco 500 g

| Fecha     | Lote   | Unidad inspeccionada | Defecto A (peso) | Defecto B (Forma) | Total defectos | Columna1 | Acción Correctiva Defecto A (Peso)      | Acción Correctiva Defecto B (Textura)                            |
|-----------|--------|----------------------|------------------|-------------------|----------------|----------|---|--|
| 17/3/2025 | QF-014 | 91                   | 2                | 2                 | 4              | 4,40%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 20/3/2025 | QF-015 | 96                   | 8                | 5                 | 13             | 13,54%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 24/3/2025 | QF-016 | 72                   | 7                | 6                 | 13             | 18,06%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 1/4/2025  | QF-017 | 106                  | 7                | 6                 | 13             | 12,26%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 7/4/2025  | QF-018 | 106                  | 5                | 5                 | 10             | 9,43%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 11/4/2025 | QF-019 | 102                  | 7                | 5                 | 12             | 11,76%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 14/4/2025 | QF-020 | 100                  | 8                | 5                 | 13             | 13,00%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 16/4/2025 | QF-021 | 119                  | 11               | 8                 | 19             | 15,97%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 19/4/2025 | QF-022 | 105                  | 6                | 4                 | 10             | 9,52%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 22/4/2025 | QF-023 | 108                  | 4                | 3                 | 7              | 6,48%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 3/5/2025  | QF-024 | 100                  | 7                | 5                 | 12             | 12,00%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 6/5/2025  | QF-025 | 98                   | 6                | 4                 | 10             | 10,20%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 9/5/2025  | QF-026 | 96                   | 6                | 4                 | 10             | 10,42%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |

Tabla 39. (Continuación). Hoja de Inspección de Calidad del Queso Fresco 500 g

| Fecha     | Lote   | Unidad inspeccionada | Defecto A (peso) | Defecto B (Forma) | Total defectos | Columna I | Acción Correctiva Defecto A (Peso)      | Acción Correctiva Defecto B (Textura)                            |
|-----------|--------|----------------------|------------------|-------------------|----------------|-----------|---|--|
| 11/5/2025 | QF-027 | 112                  | 3                | 4                 | 7              | 6,25%     | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 13/5/2025 | QF-028 | 98                   | 7                | 5                 | 12             | 12,24%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 15/5/2025 | QF-029 | 98                   | 9                | 7                 | 16             | 16,33%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 20/5/2025 | QF-030 | 94                   | 8                | 5                 | 13             | 13,83%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 23/5/2025 | QF-031 | 92                   | 7                | 5                 | 12             | 13,04%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 26/5/2025 | QF-032 | 99                   | 8                | 6                 | 14             | 14,14%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 2/6/2025  | QF-033 | 96                   | 7                | 6                 | 13             | 13,54%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 6/6/2025  | QF-034 | 98                   | 7                | 5                 | 12             | 12,24%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 9/6/2025  | QF-035 | 94                   | 7                | 4                 | 11             | 11,70%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 12/6/2025 | QF-036 | 102                  | 6                | 5                 | 11             | 10,78%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 16/6/2025 | QF-037 | 96                   | 6                | 4                 | 10             | 10,42%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 20/6/2025 | QF-038 | 96                   | 8                | 5                 | 13             | 13,54%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 23/6/2025 | QF-039 | 94                   | 8                | 5                 | 13             | 13,83%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |

Tabla 40. (Continuación). Hoja de Inspección de Calidad del Queso Fresco 500 g

| Fecha      | Lote   | Unidad inspeccionada | Defecto A (peso) | Defecto B (Forma) | Total defectos | Columna1 | Acción Correctiva Defecto A (Peso)      | Acción Correctiva Defecto B (Textura)                            |
|------------|--------|----------------------|------------------|-------------------|----------------|----------|---|--|
| 26/6/2025  | QF-040 | 98                   | 8                | 7                 | 15             | 15,31%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 2/7/2025   | QF-041 | 97                   | 6                | 5                 | 11             | 11,34%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 8/7/2025   | QF-042 | 95                   | 8                | 6                 | 14             | 14,74%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 14/7/2025  | QF-043 | 96                   | 7                | 5                 | 12             | 12,50%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 21/7/2025  | QF-044 | 102                  | 14               | 10                | 24             | 23,53%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 22/7/2025  | QF-045 | 88                   | 5                | 4                 | 9              | 10,23%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 24/7/2025  | QF-046 | 82                   | 4                | 3                 | 7              | 8,54%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 29/7/2025  | QF-047 | 88                   | 6                | 4                 | 10             | 11,36%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 1/8/2025   | QF-048 | 90                   | 6                | 4                 | 10             | 11,11%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 5/8/2025   | QF-049 | 88                   | 7                | 5                 | 12             | 13,64%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 8/8/2025   | QF-050 | 84                   | 3                | 2                 | 5              | 5,95%    | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 15/9/2025  | QF-051 | 95                   | 7                | 5                 | 12             | 12,63%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 13/10/2025 | QF-052 | 96                   | 7                | 5                 | 12             | 12,50%   | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |

Tabla 41. (Continuación). Hoja de Inspección de Calidad del Queso Fresco 500 g

| Fecha        | Lote   | Unidad inspeccionada | Defecto A (peso) | Defecto B (Forma) | Total defectos | Columna1      | Acción Correctiva Defecto A (Peso)      | Acción Correctiva Defecto B (Forma)                              |
|--------------|--------|----------------------|------------------|-------------------|----------------|---------------|---|--|
| 7/11/2025    | QF-053 | 93                   | 7                | 5                 | 12             | 12,90%        | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 17/11/2025   | QF-054 | 95                   | 9                | 6                 | 15             | 15,79%        | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 28/11/2025   | QF-055 | 96                   | 8                | 5                 | 13             | 13,54%        | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| 9/12/2025    | QF-056 | 96                   | 8                | 6                 | 14             | 14,58%        | Uso y calibración de la balanza digital | Prensado con la presión adecuada / Desmoldado de manera correcta |
| <b>Total</b> |        | <b>5350</b>          | <b>379</b>       | <b>280</b>        | <b>659</b>     | <b>12,32%</b> | <b>56</b>                               |  |

Se observa el control de varios lotes entre enero y febrero de 2025. Se incluyen la fecha, el lote, las unidades que se inspeccionaron, los defectos por peso (Defecto A), y por forma (Defecto B) El ajuste de la balanza para rectificar el peso y las modificaciones en el prensado y desmoldado para perfeccionar la forma del producto son parte de las acciones correctivas.

#### 5.7.1.1 Cálculo de DPMO (Defectos por Millón de Oportunidades) y Nivel Sigma

$$DPMO = \frac{659 \times 1.000.000}{5.350 \times 2} = 61.589 \text{ DPMO} \rightarrow \text{Nivel Sigma} \approx 2,9 \sigma$$

El proceso opera con un DPMO (Defectos por Millón de Oportunidades) de 61.589, correspondiente a un nivel de Sigma de 2,9  $\sigma$  (Calculo en Anexo N), inferior al referente mínimo de 3 $\sigma$ . El defecto tipo A (peso) representa el 57,5% de los efectos totales, concentrándose en las etapas de moldeado y prensado.

#### 5.7.2 Instrumento G Gráfico de Control $\bar{X}$ -R y Análisis de Capacidad del Proceso

Se organizaron los valores de rendimiento real (%) de los 56 lotes en 14 subgrupos de n=4 lotes y se calcularon la media ( $\bar{X}$ ) y el rango (R) por subgrupo para la construcción de gráficos de control, lo que se presenta en la Tabla 42.

Tabla 42. Datos para gráficos de control  $\bar{X}$ -R — Rendimiento real (%) por subgrupo

| Subgrupo     | Lote 1 | Lote 2 | Lote 3 | Lote 4 | $\bar{X}$       | R               |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------------|
| SG-01        | 12,3   | 13     | 15,2   | 12     | 13,13           | 3,2             |
| SG-02        | 11,9   | 13,5   | 14     | 12,3   | 12,93           | 2,1             |
| SG-03        | 12,4   | 12,8   | 12,3   | 10,2   | 11,93           | 2,6             |
| SG-04        | 13,7   | 14     | 12     | 12,5   | 13,05           | 2               |
| SG-05        | 11,8   | 12,6   | 13,2   | 14,1   | 12,93           | 2,3             |
| SG-06        | 10,5   | 12     | 13,5   | 12,8   | 12,2            | 3               |
| SG-07        | 14,2   | 13,8   | 12,1   | 11,6   | 12,93           | 2,6             |
| SG-08        | 12,9   | 11,4   | 13     | 14,4   | 12,93           | 3               |
| SG-09        | 10,8   | 12,2   | 13,6   | 13,1   | 12,43           | 2,8             |
| SG-10        | 15     | 12,5   | 11,7   | 12,3   | 12,88           | 3,3             |
| SG-11        | 13,3   | 11,9   | 12,8   | 13,5   | 12,88           | 1,6             |
| SG-12        | 10,2   | 14,2   | 13     | 12,1   | 12,38           | 4               |
| SG-13        | 12,7   | 13,9   | 11,5   | 12,2   | 12,58           | 2,4             |
| SG-14        | 11,8   | 13,6   | 14,3   | 12,6   | 13,08           | 2,5             |
| Media global | -      | -      | -      | -      | $\bar{X}=12,73$ | $\bar{R}= 2,67$ |

### 5.7.2.1 Cálculo de las estadísticas muestrales globales

Para cada subgrupo  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 14$ ) se calculó la media muestral  $\bar{X}_i$  como el promedio aritmético de los  $n = 4$  valores de rendimiento que lo componen:

$$\bar{X}_i = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + x_4)}{4}$$

El rango  $R_i$  de cada subgrupo se obtuvo como la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de los cuatro lotes:

$$R_i = x(\text{máx}) - x(\text{mín})$$

La media global de las medias muestrales ( $\bar{X}$ ) y la media global de los rangos ( $\bar{R}$ ) se obtienen promediando los 14 valores correspondientes:

$$\bar{X} = (\sum \bar{X}_i) / k = (13,13 + 12,93 + \dots + 13,08) / 14 = 178,18 / 14 = \mathbf{12,73\%}$$

$$\bar{R} = (\sum R_i) / k = (3,20 + 2,10 + \dots + 2,50) / 14 = 37,40 / 14 = \mathbf{2,67\%}$$

Donde  $k = 14$  es el número total de subgrupos. Estos dos valores constituyen las líneas centrales (CL) de los gráficos  $\bar{X}$  y R, respectivamente, y se emplean en el cálculo de todos los límites de control.

### 5.7.2.2 Cálculo de Límites de Control

El cálculo de los límites de control del gráfico  $\bar{X}$ -R es realizado con subgrupos de tamaño  $n = 4$ . Según las tablas de constantes del control estadístico de procesos (Montgomery, 2009), se utilizaron para este tamaño de subgrupo los valores  $A_2 = 0,729$ ,  $D_3 = 0$  y  $D_4 = 2,282$ .

Estas constantes, que son función de la distribución del rango muestral, permiten estimar la variabilidad subsistente en el proceso y el cálculo de los límites de control de tres sigmas sin necesidad de conocer de manera directa la desviación estándar poblacional.

Tabla 43. Límites de control para gráficos  $\bar{X}$ -R

| Parámetro         | Fórmula                        | Cálculo                       | Resultado |
|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------|
| UCL ( $\bar{X}$ ) | $\bar{X} + A_2 \times \bar{R}$ | $12,73 + (0,729 \times 2,67)$ | 14,68%    |
| LCL ( $\bar{X}$ ) | $\bar{X} - A_2 \times \bar{R}$ | $12,73 - (0,729 \times 2,67)$ | 10,78%    |
| UCL (R)           | $D_4 \times \bar{R}$           | $2,282 \times 2,67$           | 6,10%     |
| LCL (R)           | $D_3 \times \bar{R}$           | $0 \times 2,67$               | 0,00%     |

De acuerdo con las fórmulas estándar para cartas de control  $\bar{X}$ -R con  $n = 4$  (Montgomery, 2009):

- $UCL(X) = \bar{X} + A_2 \times R = 12,73 + (0,729 \times 2,67) = 12,73 + 1,95 = 14,68\%$
- $LCL(X) = \bar{X} - A_2 \times R = 12,73 - (0,729 \times 2,67) = 12,73 - 1,95 = 10,78\%$
- $UCL(R) = D_4 \times R = 2,282 \times 2,67 = 6,10\%$
- $LCL(R) = D_3 \times R = 0 \times 2,67 = 0,00\%$  (límite inferior no aplica para  $n < 7$ )

La amplitud de la zona de control del gráfico  $\bar{X}$  ( $UCL - LCL = 14,68 - 10,78 = 3,90$  puntos porcentuales) es función exclusiva de  $\bar{R}$  y de la constante  $A_2$ , lo que explica que todos los porcentajes mostrados en las Figuras 28 y 29 se deriven directamente de los datos muestrales de la Tabla 42 y de las constantes tabuladas para  $n = 4$ .

### 5.7.2.3 Interpretación del Gráfico de Control $\bar{X}$

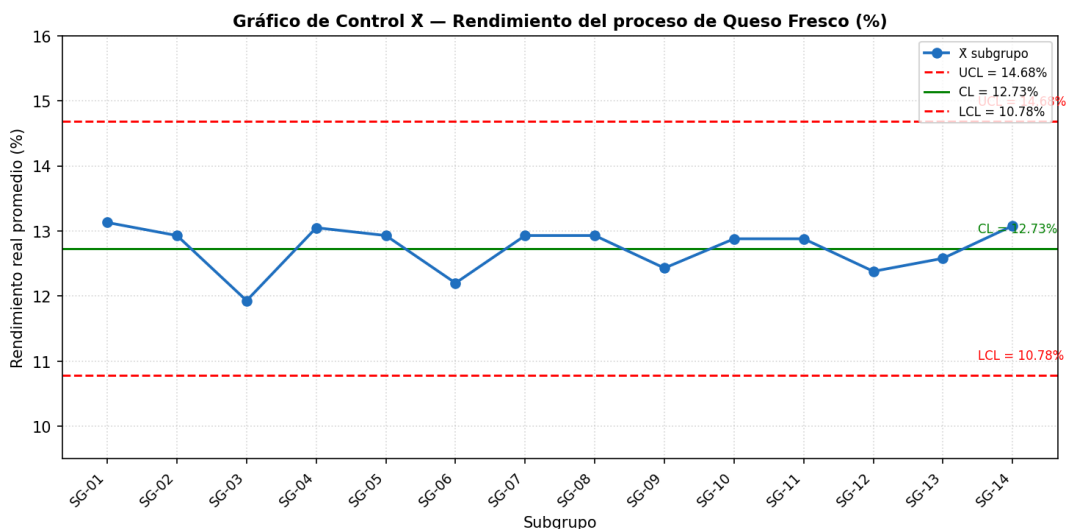


Figura 28. Gráfico de Control  $\bar{X}$  - Rendimiento del proceso de Queso Fresco (%)

El gráfico de control  $\bar{X}$  del rendimiento del proceso de queso fresco muestra que todos los subgrupos analizados se encuentran dentro de los límites de control establecidos ( $UCL = 14,68$

% y LCL = 10,78 %), con una media del proceso de 12,73 %. Esto indica que el proceso se mantiene estadísticamente estable y que la variabilidad observada corresponde principalmente a causas comunes inherentes al sistema productivo. No obstante, se evidencia cierta fluctuación en los valores de rendimiento entre subgrupos, lo que sugiere oportunidades de mejora mediante la estandarización de variables críticas del proceso. El gráfico de control  $\bar{X}$  del rendimiento del proceso de queso fresco muestra que todos los subgrupos analizados se encuentran dentro de los límites de control establecidos (UCL = 14,68 % y LCL = 10,78 %), con una media del proceso de 12,73 %. Esto indica que el proceso se mantiene estadísticamente estable y que la variabilidad observada corresponde a causas comunes inherentes al sistema productivo. No obstante, se evidencia cierta fluctuación en los valores de rendimiento entre subgrupos, lo que sugiere oportunidades de mejora mediante la estandarización de variables críticas del proceso.

#### 5.7.2.4 Interpretación del Gráfico de Control R

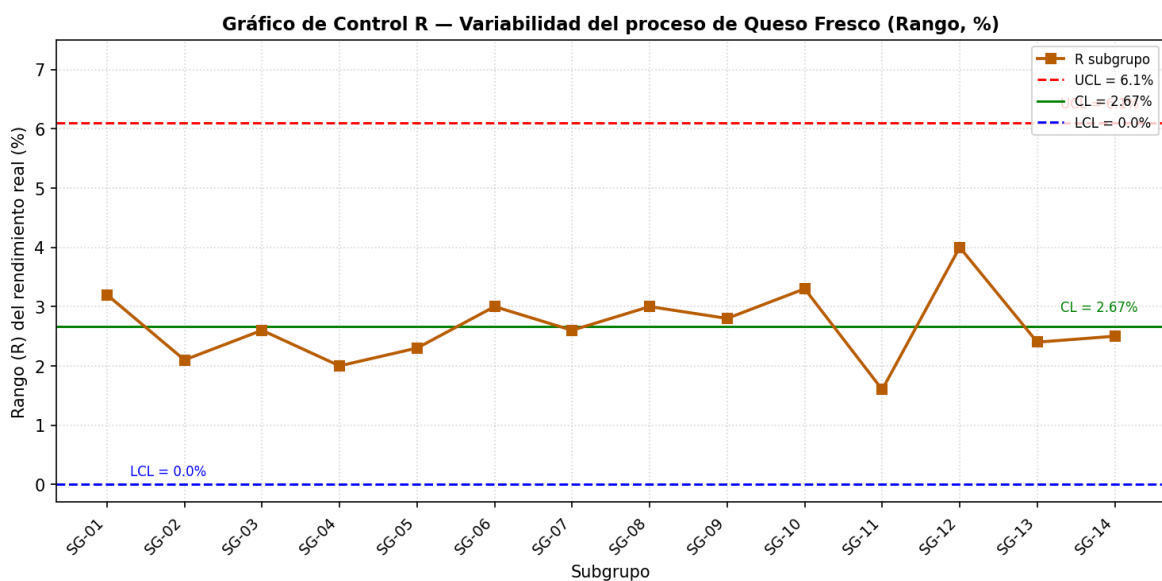


Figura 29. Gráfico de Control R - Variabilidad del proceso de Queso Fresco (Rango, %)

El gráfico muestra un Gráfico de Control R que analiza la variabilidad del rendimiento en la producción de queso fresco a través de 14 subgrupos (SG-01 a SG-14). La línea central (CL) se encuentra en 2,67 %, que representa el rango promedio del proceso, mientras que el límite superior de control (UCL) es 6,1 % y el límite inferior (LCL) es 0 %. Todos los puntos de los subgrupos se mantienen dentro de los límites de control, lo que indica que la variabilidad del proceso está estadísticamente controlada y no presenta causas especiales. Aunque existen fluctuaciones entre los subgrupos, por ejemplo, un rango más alto en SG-12 y uno más bajo en SG-11 estas variaciones son normales dentro del proceso. En general, el gráfico sugiere que la

variabilidad del proceso de producción es estable y predecible, por lo que cualquier mejora debería enfocarse en reducir la variación común del sistema.

### 5.7.2.5 Análisis de Capacidad del proceso Cp y Cpk

Se determinaron los límites de especificación; en base al rendimiento teórico referencial de 13,9% y un margen de tolerancia de  $\pm 15\%$ , que es el estándar de la industria láctea artesanal. Puede verse en la Tabla 44.

Tabla 44. Índices de Capacidad del Proceso, Rendimiento Queso Fresco

| Parámetro de referencia  |   | Símbolo                         | Valor |                                 |
|--|---|---------------------------------|-------|---------------------------------|
| Límite de especificación inferior  |   | LSL                             | 11,82 |                                 |
| Límite de especificación superior  |   | USL                             | 15,99 |                                 |
| Media del proceso  |   | $\mu$                           | 12,73 |                                 |
| Rango Promedio   |   | R                               | 2,67  |                                 |
| Desviación estándar estimada ( $\hat{\sigma}=\bar{R}/d_2 = 2,67/2,059$ ) |   | $\hat{\sigma}$                  | 1,30  |                                 |
| Índice   | Fórmula   | Cálculo                         | Valor | Interpretación                  |
| Cp   | $(USL-LSL) / 6\sigma$                             | $(16,0-11,8) / (6 \times 1,30)$ | 0,54  | Proceso INCAPAZ ( $Cp < 1,00$ ) |
| Cpk  | $\min [(USL-\mu) / 3\sigma, (\mu-LSL) / 3\sigma]$ | $\min [2,57; 0,22]$             | 0,23  | Proceso INCAPAZ y DESCENTRADO   |

Para el análisis de la capacidad del proceso se utilizó la constante estadística  $d_2 = 2,059$ , correspondiente a subgrupos de tamaño  $n=4$ , empleada para estimar la desviación estándar del proceso a partir del rango promedio. Los resultados obtenidos evidencian un índice de capacidad del proceso  $Cp=0,54$ , lo cual indica que la variabilidad natural del proceso supera los límites de especificación establecidos, reflejando una baja capacidad para cumplir consistentemente con los requisitos de rendimiento. De igual manera, el índice de capacidad ajustado  $Cpk=0,23$  demuestra que el proceso se halla descentrado hacia el límite inferior de especificación, generando rendimientos sistemáticamente inferiores al valor teórico de referencia de 13,9 %. En conjunto, estos indicadores confirman que el proceso de producción de queso fresco presenta una capacidad insuficiente y un comportamiento inestable. Además, el nivel Sigma estimado de  $2,9\sigma$  refuerza la evidencia de un desempeño limitado del proceso, lo cual sustenta la necesidad de implementar mejoras estructurales en las etapas críticas de producción, particularmente en las operaciones de desuerado, moldeo y cuajado, con el fin de reducir la variabilidad y mejorar la eficiencia del proceso.

### 5.7.3 Síntesis del Desempeño Operativo en Línea Queso Fresco 500 g

Tabla 45. Resumen de indicadores del desempeño operativo — Línea Queso Fresco 500 g

| Dimensión  | Indicador             | Valor obtenido | Estado  |
|------------|-----------------------|----------------|---------|
| Calidad    | Tasa de defectos      | 12,32%         | Crítico |
| Calidad    | DPMO                  | 61.589         | Alerta  |
| Calidad    | Nivel sigma           | 2,9 $\sigma$   | Alerta  |
| Eficiencia | Tiempo ciclo promedio | 241,26 min     | Alerta  |
| Eficiencia | % actividades NVA     | 21,53%         | Crítico |
| Capacidad  | Cp                    | 0,54           | Crítico |
| Capacidad  | Cpk                   | 0,23           | Crítico |

La aplicación conjunta de los instrumentos D, F, G, y M confirma que la línea de Queso Fresco 500 g ópera con niveles de calidad, eficiencia y capacidad del proceso bastante por debajo de los estándares referenciales. Los indicadores de mayor criticidad son el Cpk igual a 0,23; el porcentaje de actividades NVA igual a 21,53% y la tasa de defectos igual a 12,32%.

## 5.8 ESTUDIO DE CAUSAS RAÍZ MEDIANTE INSTRUMENTOS SIX SIGMA

Se llevaron a cabo el Diagrama de Ishikawa (Instrumento H) y la Ficha de Observación de Puntos Críticos (Instrumento A) para identificar, priorizar y validar las causas raíz de las ineficiencias de la línea de queso fresco 500 g, en línea con el segundo objetivo específico de la investigación.

### 5.8.1 Instrumento H Diagrama de Ishikawa (Análisis 6M)

El diagrama de causa-efecto, según el enfoque de las 6M, materia prima, mano de obra, método, maquinaria, medición y medio ambiente, se obtuvo considerando como efecto principal el gran desperdicio y la disminuida capacidad del proceso de la línea de queso fresco 500 g, determinándose las causas por medio de la observación directa, revisión de los registros históricos y por sesiones de análisis con el personal operativo, tal como se detalla en la Tabla 46.

Tabla 46. Identificación de causas potenciales por categoría 6M — Línea Queso Fresco

| Categoría (M)  | Causa potencial identificada                                   | Subcausa / descripción   |
|----------------|--|--|
| Materia prima  | MP01- Temperatura de recepción fuera de rango                  | La leche se recibe por encima de 8 °C debido a fallas en el transporte o falta de control en la cadena de frío |
| Materia prima  | MP02- Variabilidad en la calidad de la leche cruda             | Diferencias en acidez, grasa y proteína entre proveedores y lotes recibidos                                    |
| Mano de obra   | MO01- Manipulación inadecuada del operario al retirar el queso | Falta de capacitación en técnicas adecuadas de corte y extracción de la cuajada                                |
| Mano de obra   | MO02- Alta rotación del personal operativo                     | Ingreso frecuente de personal nuevo con poca experiencia en el proceso   |
| Método         | ME01- Presión de prensado incorrecta                           | No existe un procedimiento estandarizado que establezca tiempos y niveles de presión                           |
| Método         | ME02- Mala distribución de la cuajada                          | Falta de control del pH y temperatura durante la coagulación y el moldeado                                     |
| Maquinaria     | MA01- Termómetros sin calibración                              | Equipos de medición con más de 12 meses sin calibración documentada  |
| Maquinaria     | MA02- Prensa manual sin control de presión                     | La presión aplicada depende de la fuerza del operario y no de un sistema regulado                              |
| Medición       | MD01- Balanza sin calibración                                  | No se realiza verificación ni ajuste de la balanza al inicio de cada jornada                                   |
| Medición       | MD02- Ausencia de KPIs   | No se monitorean indicadores de desperdicio, rendimiento o calidad durante la producción                       |
| Medio ambiente | M01- Temperatura ambiental variable                            | Área de producción sin sistema de control térmico que mantenga condiciones estables                            |
| Medio ambiente | M02- Corrientes de aire afectan el enfriamiento                | Apertura frecuente de puertas genera enfriamiento irregular del producto                                       |

Las causas fueron identificadas mediante observación directa del proceso, revisando registros históricos y equilibrio participativo en el análisis entre operarios y supervisores de la línea productiva.

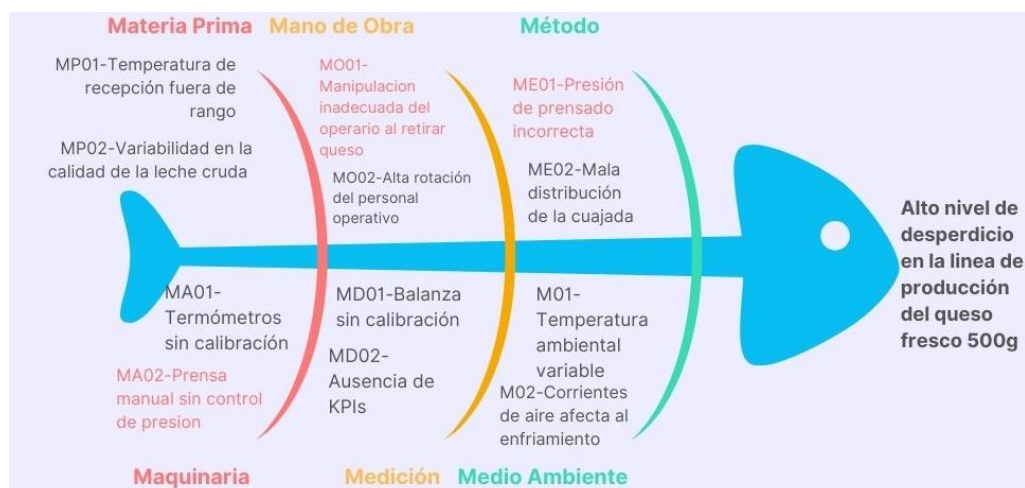


Figura 30. Diagrama de Ishikawa - Causas raíz del desperdicio en la línea de Queso Fresco

Las causas pintadas en rojo (MO01, ME01, MA01) corresponden a las identificadas como vitales según el análisis de las 6M (Instrumento O)

### 5.8.2 Instrumento I Diagrama de Barras (fase Analyse del DMAIC)

Cada causa identificada en el Instrumento H fue valorada por frecuencia de ocurrencia observada durante el período de estudio y por impacto estimado en el desperdicio, obteniendo un puntaje ponderado. Las causas se ordenaron de mayor a menor para construir el Diagrama de Pareto y determinar las “pocas vitales”. Esto se observa en la Tabla 47.

Tabla 47. Escala del grado de impacto

| Nivel | Impacto  | Descripción                              | Criterio en desperdicio                |
|-------|----------|--|--|
| 1     | Muy bajo | Impacto casi imperceptible en el proceso | No genera merma significativa (< 1%)   |
| 2     | Bajo     | Impacto leve, afecta ocasionalmente      | Genera pequeñas pérdidas (1% – 3%)     |
| 3     | Medio    | Impacto moderado en el proceso           | Genera desperdicio visible (3% – 7%)   |
| 4     | Alto     | Impacto considerable y frecuente         | Genera pérdidas importantes (7% – 12%) |
| 5     | Muy alto | Impacto crítico en la producción         | Genera alto desperdicio (> 12%)        |

En la Tabla 48 se observa la escala del grado de impacto, esta escala está establecida entre 1 que significa un impacto muy bajo y el 5, un impacto muy alto. Se llevó a cabo la valoración teniendo en cuenta el impacto que cada causa tiene en la reducción del proceso, lo que permitió definir criterios uniformes para su análisis durante la etapa Analyse de la metodología DMAIC.

Tabla 48. Frecuencias ponderadas de causas operativas - Análisis de Pareto (6M)

| Código | Causa   | Categoría      | Frecuencia observada | Impacto (1-5) | Puntaje ponderado | % Relat. | Clasificación |
|--------|---|----------------|----------------------|---------------|-------------------|----------|---------------|
| MO-1   | Manipulación inadecuada del operario al retirar el queso. | Mano de obra   | 18                   | 5             | 90                | 25%      | Vital ★       |
| ME-1   | Presión de prensado incorrecta                            | Método         | 15                   | 5             | 75                | 21%      | Vital ★       |
| MA-2   | Prensa manual sin control de presión                      | Maquinaria     | 7                    | 5             | 35                | 10%      | Trivial       |
| MA-1   | Termómetros sin calibración                               | Maquinaria     | 7                    | 4             | 28                | 8%       | Trivial       |
| MD-1   | Balanza sin calibración                                   | Medición       | 7                    | 4             | 28                | 8%       | Trivial       |
| M-2    | Corrientes de aire afectan el enfriamiento                | Medio ambiente | 6                    | 3             | 18                | 5%       | Trivial       |
| M-1    | Temperatura ambiental variable                            | Medio ambiente | 5                    | 3             | 15                | 4%       | Trivial       |
| MP-2   | Variabilidad en la calidad de la leche cruda              | Materia Prima  | 5                    | 3             | 15                | 4%       | Trivial       |
| ME-2   | Mala distribución de la cuajada                           | Método         | 5                    | 3             | 15                | 4%       | Trivial       |
| MP-1   | Temperatura de recepción fuera de rango                   | Materia Prima  | 4                    | 4             | 16                | 4%       | Trivial       |
| MD-2   | Ausencia de KPIs  | Medición       | 4                    | 4             | 16                | 4%       | Trivial       |
| MO-2   | Alta rotación del personal operativo                      | Mano de obra   | 2                    | 3             | 6                 | 2%       | Trivial       |

El puntaje ponderado se determinó mediante la expresión  $P_p = F \times I$ , donde F corresponde a la frecuencia observada e I al impacto estimado (escala de 1 a 5). Se identifican las causas vitales que concentran el 56 % del puntaje total ponderado.

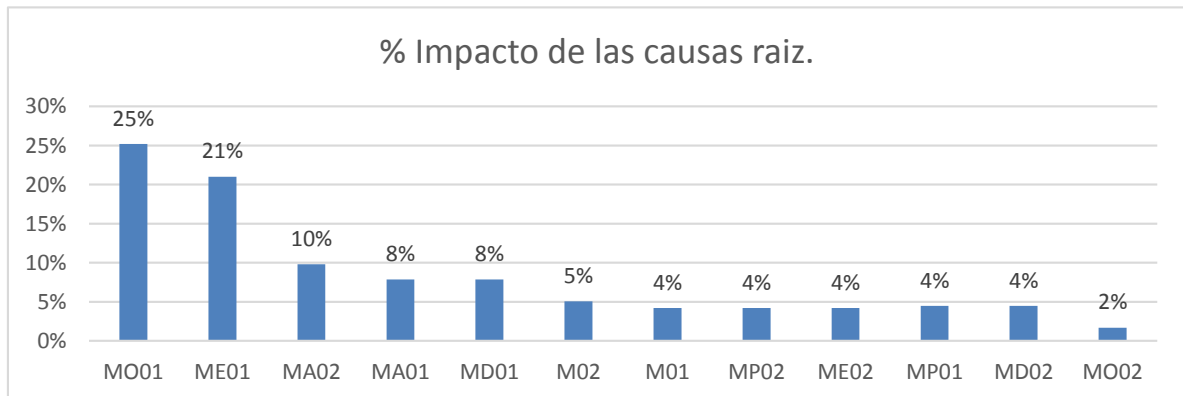


Figura 31. Diagrama de Barras, Causas de desperdicio en la línea de Queso Fresco

El 56% del puntaje ponderado de causas se concentra en tres factores vitales: MO01-Manipulación inadecuada del operario al retirar el queso (25%), ME01-Presión de prensado incorrecta (21%), MA01-Prensa manual sin control de presión, estas causas son el foco prioritario de las mejoras propuestas en la sección 6.

## 6 PROPUESTA

### 6.1 PROPÓSITO DE LA RESPUESTA

La presente propuesta tiene como fin diseñar un plan de mejoras basado en la metodología Six Sigma, en el ciclo DMAIC, orientado a disminuir la merma y el reproceso identificados en la línea de producción de la elaboración del queso fresco de 500g en la empresa PRODUCTOS LÁCTEOS “FINO”. Con fundamento en los hallazgos del análisis de resultados del capítulo 5, que se identificó dos causas raíz que concentran el 56% del desperdicio observado, la propuesta establece mejoras concretas para la reducción de merma y reproceso. La propuesta se estructura en cuatro secciones, primera, desarrollo detallado de las 2 mejoras prioritarias, segundo, cronograma de implementación, tercero, plan de control y seguimiento, y cuarto, proyección de resultados esperados.

Las 2 mejoras prioritarias seleccionadas M-01 (Implementación de una prensa neumática para el proceso de prensado (causa raíz ME-1 y MA-2)) y M-02 (programa de capacitación para el

proceso de desmolde (causa raíz MO-1)), representan el 56% del impacto esperado en la reducción de desperdicios con una inversión estimada de \$1595 USD (la suma del costo de las dos mejoras) y un periodo de recuperación proyectado de once a doce meses.

## **6.2 DESARROLLO DETALLADO DE MEJORAS PRIORITARIAS**

A continuación, se desarrollan en detalle las 2 mejoras de alta prioridad, especificando objetivos, actividades, recursos requeridos, responsables y resultados esperados.

### **6.2.1 Mejora 1. M-01. Adquisición de una prensa neumática para el control del proceso de prensado en la línea de queso fresco**

La causa raíz atendida es ME01- Presión de prensado incorrecto, MA02-Prensa manual sin control. El objetivo es proponer una prensa neumática con control de presión que permita estandarizar el proceso de prensado y reducir las pérdidas de producto en la línea de queso fresco.

La propuesta consiste en comprar y poner en marcha una prensa neumática de acero inoxidable para ser utilizada en la empresa Productos Lácteos “FINO”, que posibilitará ejercer una presión constante y regulada durante el proceso de prensado del queso.

Este equipo posibilitará:

- Controlar la presión ejercida
- Regular el tiempo de prensado
- Minimizar la pérdida de cuajada
- Mejorar la estabilidad del producto

La prensa neumática asegurará una compactación del queso que será uniforme, lo que hará posible la disminución de la merma producida a lo largo de este proceso.



Figura 32. Prensa neumática

Tabla 49. Especificaciones de la Prensa neumática

| <b>Parámetro</b>                         | <b>Especificación</b>   |
|--|---|
| <b>Nombre del equipo</b>                 | Prensa neumática vertical   |
| <b>Tipo de equipo</b>                    | Máquina de prensado para alimentos  |
| <b>Sistema de accionamiento</b>          | Neumático (aire comprimido)   |
| <b>Orientación del prensado</b>          | Vertical  |
| <b>Material de construcción</b>          | Acero inoxidable AISI 304 grado alimentario   |
| <b>Aplicación principal</b>              | Prensado de queso y otros productos alimenticios  |
| <b>Fuente de energía</b>                 | Compresor de aire   |
| <b>Presión de trabajo</b>                | 0 – 16 bar (20 – 220 psi)   |
| <b>Tipo de cilindro</b>                  | Cilindro neumático con vástago de acero inoxidable  |
| <b>Sistema de control</b>                | Regulador de presión de aire y válvula neumática  |
| <b>Control de presión</b>                | Manómetro y regulador de aire   |
| <b>Sistema de drenaje</b>                | Bandeja recolectora de suero  |
| <b>Dimensiones del equipo</b>            | 125 cm alto × 68 cm ancho   |
| <b>Dimensiones de bandeja</b>            | 76 cm × 60 cm   |
| <b>Dimensiones de placas de prensado</b> | 50 cm × 45.5 cm   |
| <b>Capacidad de producción</b>           | Hasta 150 quesos de 500 – 1000 g  |
| <b>Estructura</b>                        | Bastidor rígido de acero inoxidable   |
| <b>Sistema de soporte</b>                | Plataformas o estantes para moldes  |
| <b>Tipo de operación</b>                 | Manual asistido por aire comprimido   |
| <b>Sistema de seguridad</b>              | Control de presión y válvulas de regulación   |
| <b>Mantenimiento</b>                     | Limpieza sencilla por superficie inoxidable   |
| <b>Industria de aplicación</b>           | Industria láctea y quesera  |
| <b>Enlaces de comunicación</b>           | <a href="https://neyflo.com.pe/producto/prensa-neumatica-vertical-acero-inoxidable/">https://neyflo.com.pe/producto/prensa-neumatica-vertical-acero-inoxidable/</a> |
| <b>Número de la distribuidora</b>        | +51 970 900 183   |

Tabla 50. Parámetros para el prensado

| <b>Parámetro</b>         | <b>Especificación recomendada</b> |
|--------------------------|-----------------------------------|
| Presión inicial          | 0.5 – 1 bar                       |
| Presión final            | 1– 2 bar                          |
| Tiempo total de prensado | 30 min                            |
| Temperatura ambiente     | 20 – 25 °C                        |

Tabla 51. Recursos requeridos

| Nº | Concepto                  | Especificación                            | Cantidad | Precio unitario aprox. (\$) | Subtotal (\$) |
|----|---------------------------|---|----------|-----------------------------|---------------|
| 1  | Prensa neumática vertical | Marca Neyflo                              | 1        | 800\$                       | 800\$         |
| 3  | Compresor de aire         | 2 HP – tanque 50 L (Propio de la empresa) | 1        | No genera valor             | 0\$           |
| 2  | Instalación               | Técnico Mantenimiento de la empresa       | 1        | No genera valor             | 0\$           |
| 4  | Transporte                | Vía terrestre                             | 1        | 500\$                       | 500\$         |
|    | Total                     |   |          |                             | 1.200\$       |

En la cotización proyectada de los elementos requeridos para la instalación y el funcionamiento de una prensa neumática en la compañía está expuesta. Esta describe los elementos más importantes que se necesitan para asegurar el suministro de aire comprimido y la adecuada regulación de la presión a lo largo del procedimiento de prensado. La inversión sería un total, 1.200 USD.

El responsable de la implementación sería el jefe de producción con apoyo de supervisor de turno, y el plazo de implementación sería de dos semanas, donde una semana sería para la adquisición del equipo y una semana para la instalación del nuevo equipo y ajustes.

Y el resultado esperado sería la reducción del 44% en el desperdicio atribuible a la etapa del prensado, ya que será un proceso estandarizado y no generara el mismo error al prensar de manera manual.

### **6.2.2 Mejora 2. M-02. Programa de capacitación para la estandarización del proceso de desmolde del queso fresco**

La causa de raíz que se atiende es la capacitación insuficiente de los empleados que genera el 10% de contribución al desperdicio, lo que se busca es reducir la tasa de defectos asociados a técnicas inadecuadas de desmoldado. Mediante un programa de capacitación técnica estructurado con evaluación de competencias. Esto se muestra en la Tabla 52.

Tabla 52. Programa de capacitación Desmolde

| Módulo          | Tema de capacitación                                 | Contenido específico   | Horas | Recursos necesarios   |
|-----------------|--|--|-------|---|
| <b>Módulo 1</b> | Introducción al proceso productivo del queso         | Explicación del proceso de elaboración del queso fresco, importancia del prensado y desmolde dentro de la línea de producción, impacto de los desperdicios en la empresa.      | 2 h   | Presentación en diapositivas, proyector, material didáctico.                    |
| <b>Módulo 2</b> | Características físicas del queso antes del desmolde | Identificación de la consistencia adecuada del queso, tiempo correcto de prensado, reconocimiento de textura y firmeza del producto antes de retirarlo del molde.              | 2h    | Muestras de queso, moldes de producción, fichas técnicas del producto.          |
| <b>Módulo 3</b> | Técnica correcta de desmolde                         | Demostración paso a paso del procedimiento correcto para retirar el queso del molde sin provocar roturas, aplicación de presión uniforme y manipulación adecuada del producto. | 2h    | Moldes de queso, mesa de trabajo, guantes sanitarios, demostración práctica.    |
| <b>Módulo 4</b> | Buenas prácticas de manipulación de alimentos        | Normas básicas de higiene, uso adecuado de guantes, manipulación correcta del producto y prevención de contaminación durante el proceso.                                       | 2h    | Manual de buenas prácticas, guantes sanitarios, material audiovisual.           |
| <b>Módulo 5</b> | Control de desperdicios en la producción             | Importancia de reducir la merma y el reproceso, impacto económico de las pérdidas en la empresa, estrategias para mejorar la eficiencia operativa.                             | 2h    | Presentación didáctica, gráficos de desperdicio, hojas de evaluación.           |
| <b>Módulo 6</b> | Evaluación práctica del proceso                      | Aplicación práctica del procedimiento de desmolde por parte de los operarios, supervisión del instructor y retroalimentación para mejorar la técnica.                          | 2h    | Moldes, queso prensado, área de producción, lista de verificación de desempeño. |

Tabla 53. Recursos requeridos

| Concepto                  | Descripción   | Cantidad    | Costo unitario (USD) | Costo total (USD) |
|---------------------------|---|-------------|----------------------|-------------------|
| Capacitador especializado | Ingeniero en alimentos o especialista en procesos lácteos encargado de impartir la capacitación sobre manipulación y desmolde del queso | 1           | 200                  | 200               |
| Manual de capacitación    | Documento con el procedimiento estandarizado de desmolde y buenas prácticas de manipulación   | 6           | 3                    | 18                |
| Material didáctico        | Hojas impresas con contenido de apoyo para los participantes  | 6           | 2                    | 12                |
| Presentación digital      | Elaboración de diapositivas para explicar el proceso de desmolde  | 1           | 10                   | 10                |
| Alquiler de proyector     | Equipo utilizado para proyectar la presentación durante la capacitación   | 1           | 25                   | 25                |
| Guantes sanitarios        | Guantes utilizados durante la práctica de desmolde para garantizar higiene y manipulación adecuada                                      | 1 caja      | 17                   | 17                |
| Extensión eléctrica       | Accesorio para conexión del equipo audiovisual durante la capacitación  | 1           | 3,50                 | 3,50              |
| Horas extras              | Horas extendidas por capacitación por una semana  | 6 operarios | 3,66                 | 109               |

|       |  |  |  |       |
|-------|--|--|--|-------|
| Total |  |  |  | \$395 |
|-------|--|--|--|-------|

Los gastos del capacitador, el material de enseñanza y la remuneración de horas extras al personal que participa son parte de la inversión necesaria para el programa educativo. Esta táctica posibilita llevar a cabo la capacitación sin interrumpir la cadena de producción, garantizando así que las operaciones de la compañía continúen y ayudando a reducir el reproceso producido durante el desmolde del queso, con una inversión total de 395 USD.

El responsable de la implementación sería la gerencia general con apoyo del jefe de producción, y el plazo de implementación sería de una a 3 semanas, donde dos semanas se aplican para el diseño del programa y una semana serían para la ejecución. El resultado esperado sería la reducción del 50 a 60% en defectos Tipo A y Tipo B atribuibles a desmoldeo, incrementando el porcentaje de producción conformes.

### 6.3 INSTRUMENTO J CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DIAGRAMA DE GANT

El cronograma de implementación establece la frecuencia temporal de actividades, responsables y dependencias entre tareas para asegurar la ejecución ordenada del plan de mejoras. Esto se muestra en la Tabla 54.

Tabla 54. Programa de capacitación técnica en corte y moldeo, estructura modular

| ID   | Actividad                           | Responsable        | Duración (días) | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5 |
|------|-------------------------------------|--------------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A-01 | Adquisición de la prensa            | Jefe mantenimiento | 7               |          |          |          |          |          |
| A-02 | Instalación de la prensa            | Técnico interno    | 7               |          |          |          |          |          |
| A-03 | Planificación de las capacitaciones | Gerencia general   | 14              |          |          |          |          |          |
| A-04 | Ejecución de la capacitación        | Capacitador        | 7               |          |          |          |          |          |

La planificación de las tareas requeridas para llevar a cabo las sugerencias de mejora se representa en un diagrama de Gantt. La adquisición de la prensa es el primer paso, después se procede a instalarla en la planta de producción. Luego se lleva a cabo la planificación del programa de formación y, al final, se lleva a cabo la capacitación del personal operativo.

Tabla 55. Matriz RACI, Asignación de roles y responsabilidades

| Actividad / Tarea  | Gerencia | Jefe de Producción | Jefe de Mantenimiento | Supervisor de Turno | Capacitador Externo |
|--|----------|--------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| <b>M-01: Adquisición de la prensa neumática</b>              | A        | R                  | C                     | I                   | -                   |
| <b>M-01: Instalación de la prensa</b>                        | I        | C                  | A                     | R                   | -                   |
| <b>M-01: Pruebas de funcionamiento y ajuste de presión</b>   | I        | A                  | R                     | C                   | -                   |
| <b>M-02: Diseño del programa de capacitación en desmolde</b> | C        | R                  | I                     | A                   | C                   |
| <b>M-02: Planificación de la capacitación</b>                | I        | A                  | I                     | R                   | C                   |
| <b>M-02: Ejecución de la capacitación</b>                    | I        | R                  | -                     | C                   | A                   |
| <b>M-02: Evaluación de resultados de la capacitación</b>     | C        | A                  | I                     | R                   | C                   |

En la matriz de responsabilidades se empleó la asignación RACI, donde R corresponde al responsable de ejecutar la actividad, A al encargado de aprobar y rendir cuentas, C a los actores consultados que participan en el proceso, e I a quienes son informados sobre el desarrollo de las actividades.

#### **6.4 INSTRUMENTO K PLAN DE CONTROL Y SEGUIMIENTO (FASE CONTROL DEL DMAIC)**

El plan de control determina las actividades a controlar, la frecuencia de monitoreo, los responsables y las acciones correctivas para asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas, además corresponde a la fase de control del ciclo DMAIC y se presenta en la Tabla 56.

Tabla 56. Plan de control, Indicadores de monitoreo continuo (KPIs)

| Mejora  | Actividad de control                         | Frecuencia | Responsable            | Indicador de control                | Acción correctiva                |
|---|--|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Prensa neumática para el proceso de prensado</b> | Verificación del funcionamiento del equipo   | Diario     | Operario de producción | Presión estable durante el prensado | Ajustar presión o reportar falla |
|   | Limpieza del equipo después de la producción | Diario     | Operario de producción | Equipo limpio y libre de residuos   | Realizar limpieza inmediata      |
|   | Revisión de sistema hidráulico               | Mensual    | Jefe de mantenimiento  | Correcto funcionamiento del sistema | Reparación o ajuste del sistema  |
|   | Mantenimiento preventivo del equipo          | Semestral  | Jefe de mantenimiento  | Equipo operativo sin fallas         | Realizar mantenimiento técnico   |
| <b>Capacitación para el proceso de desmolde</b>     | Supervisión del procedimiento de desmolde    | Diario     | Supervisor de turno    | Cumplimiento del procedimiento      | Retroalimentación al operario    |
|   | Evaluación del desempeño del personal        | Mensual    | Jefe de producción     | Reducción del reproceso             | Reentrenamiento del personal     |
|   | Actualización del programa de capacitación   | Anual      | Jefe de producción     | Mejora continua del proceso         | Programar nueva capacitación     |

El plan de control posibilita garantizar que las mejoras aplicadas en la línea de producción del queso fresco sean sostenibles. Se asegura el adecuado funcionamiento de la prensa neumática y la correcta implementación del procedimiento de desmolde mediante actividades de supervisión, mantenimiento preventivo y evaluación del rendimiento del personal. Esto ayuda a disminuir los desperdicios y a mejorar continuamente el proceso productivo.

## 6.5 PROYECCIÓN DE LOS RESULTADOS ESPERADOS

Tabla 57. Proyección comparativa de indicadores, Escenario actual vs. Escenario post-mejora

| Indicador        | Valor (kg) | Valor actual (baseline) | Meta post-mejora | Enlaces   | Reducción /Mejora (%) |
|------------------|------------|-------------------------|------------------|---|-----------------------|
| <b>Merma</b>     | 240,10     | 8,97%                   | 5%               | <a href="https://www.chubut.edu.ar/docs/desarrolloempredor/781_PRENSA_DE_QUEESO_NEUMATICA_PROYECTO.pdf">https://www.chubut.edu.ar/docs/desarrolloempredor/781_PRENSA_DE_QUEESO_NEUMATICA_PROYECTO.pdf</a>   | -44%                  |
|                  |            |                         |                  | <a href="https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9152115.pdf">https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9152115.pdf</a>   |                       |
| <b>Reproceso</b> | 102,88     | 3,84%                   | 3,45%            | <a href="https://www.larepublica.com/alta-gerencia/empleados-que-reciben-capacitaciones-aumentan-en-10-el-cumplimiento-de-metas-4350873">https://www.larepublica.com/alta-gerencia/empleados-que-reciben-capacitaciones-aumentan-en-10-el-cumplimiento-de-metas-4350873</a> | -10%                  |
| <b>Total</b>     | 342,98     | 12,78%                  | 8,45%            |   | -54%                  |

La Tabla 57 muestra un contraste entre la condición presente del proceso de producción y el panorama futuro que se prevé tras aplicar las mejoras sugeridas. La reducción de la merma, que es la principal fuente de desperdicio, del 8,97% al 5%, lo que equivale a una disminución del 44%, demuestra el efecto de las mejoras enfocadas en optimizar las condiciones operativas y controlar el proceso. En cuanto al reproceso, este se reduce del 3,84% al 3,45%, lo que representa una disminución del 10%. Esta reducción se debe sobre todo a la estandarización de las actividades y a la formación del personal.

### 6.5.1 Análisis costo-beneficio proyectado

Tabla 58. Análisis costo-beneficio. Retorno de la inversión (ROI)

| Concepto   | Valor (USD)        | Observación                         |
|--|--------------------|-------------------------------------|
| Inversión total en mejoras (M-01+M-02)                 | \$1.595            | Inversión única                     |
| Desperdicio actual de materia prima por mes (promedio) | \$403              | 12,78% × costo MP mensual (\$3.150) |
| Desperdicio proyectado post-mejora por mes             | \$266              | 8,45% × costo MP mensual (\$3.150)  |
| Ahorro mensual proyectado                              | \$137              | Reducción del desperdicio           |
| <b>Período de recuperación de la inversión (PRI)</b>   | <b>11,64 meses</b> | <b>Inversión / Ahorro mensual</b>   |
| Ahorro anual proyectado (año 1)                        | \$1.644            | \$106 × 12 meses                    |

|  |               |   |
|--|---------------|---|
| <b>Retorno sobre la inversión (ROI) al año 1</b> | <b>+3,07%</b> | <b>(Ahorro anual - Inversión) / Inversión<br/>× 100</b> |
|--|---------------|---|

El costo de materia prima mensual se calculó considerando un procesamiento promedio de 9.000 L de leche/mes a \$0,35/L. El ahorro bruto proyectado corresponde a la reducción del desperdicio de materia prima. Este análisis no considera beneficios adicionales como reducción de reprocesos, mejora de la calidad percibida por el cliente, o incremento de la capacidad productiva.

El análisis costo-beneficio proyecta un periodo de recuperación de la inversión de 11,64 meses, aproximadamente 12 meses, con un ROI de +3 % al finalizar el primer año de operación bajo el nuevo esquema. Los resultados posicionan la propuesta como viable y rentable para la empresa PRODUCTOS LÁCTEOS "FINO", con una proyección de ROI de +3% al cierre del año.

La implementación de esta propuesta no solo permitirá reducir el desperdicio, sino que sentará las bases para una cultura de mejora continua, basada en la metodología Six Sigma aplicable a otras líneas de producción de la empresa. Este análisis no considera beneficios adicionales como reducción de reprocesos, mejora de la calidad percibida por el cliente, o incremento de la capacidad productiva.

### 6.5.2 Proyección histórica de pérdidas por desperdicio 2022–2028

Se presenta la evolución proyectada de las pérdidas económicas anuales atribuibles a merma y reproceso en la línea de queso fresco 500 g, considerando los registros históricos de la empresa (2024–2025) y el escenario proyectado post-implementación de mejoras (2026–2027). Los datos se derivan del costo – beneficios calculados anteriormente; los valores proyectados se calculan aplicando los porcentajes de reducción validados en la Tabla 59.

Tabla 59. Proyección de pérdidas económicas por desperdicio — Línea Queso Fresco 500 g (2022–2028)

| <b>Año</b> | <b>Nivel de desperdicio</b> | <b>Perdida por año</b> |
|------------|-----------------------------|------------------------|
| 2024       | 12;78                       | \$ 4.836;00            |
| 2025       | 12;78                       | \$ 4.836;00            |
| 2026*      | 8;45                        | \$ 3.192;00            |
| 2027*      | 8;45                        | \$ 3.192;00            |

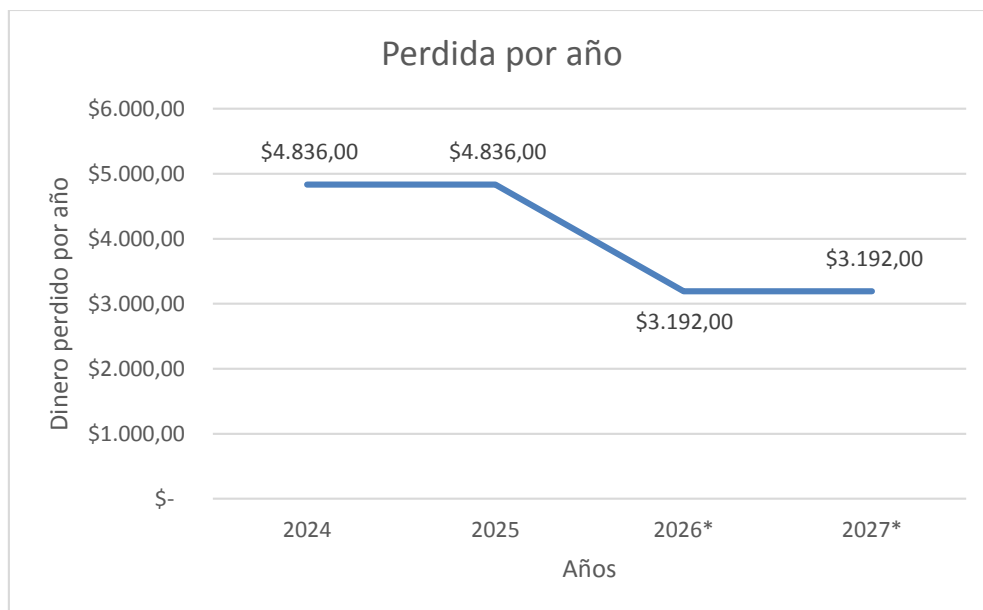


Figura 33. Valor perdido por año

La pérdida económica por desperdicio (merma y reproceso) en la línea de queso fresco 500 g se presenta en la Tabla 59 y la Figura 33. En el año 2024, se observa un 12,78% de desperdicio, lo que representa una pérdida de \$4.836 al año; en el año siguiente, el porcentaje no cambia, pero la pérdida disminuye a \$3.192 (probablemente debido a un aumento del volumen o ajustes en los costos). Después de implementar mejoras durante los años 2026-2027, el desperdicio baja al 8,45% (una reducción relativa de aproximadamente el 26%), manteniendo la pérdida anual en \$3.192 y generando un ahorro sostenido de alrededor de \$1.644 cada año respecto a 2024. Esta tendencia de "escalón descendente" demuestra el efecto positivo y permanente que tienen las medidas correctivas (por ejemplo, la estandarización y la capacitación) sobre la rentabilidad y eficacia de la línea.

## 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

El diagnóstico del proceso general de producción permitió identificar de manera objetiva la línea de queso fresco de 500 g como la más crítica dentro de la empresa, al concentrar el 56% del desperdicio total. A través del uso de herramientas como el SIPOC y el diagrama de Pareto, se evidenció que esta línea presenta un índice de desperdicio del 12,78%, superior al de las demás líneas productivas. Asimismo, se estableció una línea base clara del proceso, considerando pérdidas de 8,97% por merma y 3,84% por reprocesos. Esto valida la importancia del diagnóstico en la mejora continua.

El análisis del desempeño operativo de la línea de queso fresco permitió identificar las principales causas raíz del desperdicio mediante herramientas de Six Sigma. Se determinó que las etapas de prensado y desmolde concentran la mayor incidencia de pérdidas, afectando directamente el rendimiento del proceso. Los indicadores estadísticos evidenciaron un bajo nivel de capacidad con un Cpk de 0,23, lo que indica un proceso altamente inestable y fuera de especificaciones, en consecuencia, se priorizaron las causas más influyentes para su intervención.

La propuesta de mejora desarrollada permitió plantear soluciones concretas orientadas a la reducción de desperdicios en la línea crítica. La implementación de una prensa neumática y un programa de capacitación en desmolde buscan reducir el índice de desperdicio del 12,78% al 8,45%, lo que representa una mejora significativa en la eficiencia del proceso, además, se proyecta un retorno de inversión (ROI) del 3,07% en el primer año, evidenciando la viabilidad económica de la propuesta, en conjunto, la propuesta demuestra ser técnica y económicamente factible.

## **7.2 RECOMENDACIONES**

Se recomienda mantener un monitoreo continuo del desempeño de todas las líneas de producción, con énfasis en la línea de queso fresco de 500 g. Es fundamental actualizar periódicamente el análisis del índice de desperdicio, tomando como referencia el valor inicial de 12,78%, con el fin de verificar mejoras o desviaciones. Además, facilitará la toma de decisiones basada en los datos, de esta manera, se asegura la mejora continua del sistema productivo.

Se sugiere implementar un sistema permanente de control estadístico del proceso en la línea de queso fresco, utilizando gráficos de control X-R para reducir la variabilidad evidenciada en un Cpk de 0,23, con el objetivo de alcanzar al menos un valor mínimo de  $Cpk \geq 1,00$  en el mediano plazo. Asimismo, se sugiere estandarizar los parámetros críticos de operación en las etapas de prensado y desmolde, donde se concentran las principales causas de desperdicio. Es importante capacitar al 100% del personal operativo en procedimientos estandarizados (POE) para reducir errores humanos.

Se recomienda implementar de manera progresiva las mejoras propuestas, iniciando con la adquisición de la prensa neumática y el programa de capacitación en desmolde, con el objetivo de reducir el desperdicio. Es importante realizar un seguimiento mensual de los indicadores para verificar el cumplimiento de esta meta, asimismo, se sugiere evaluar periódicamente el impacto económico de la mejora, considerando el ROI proyectado del 3,07%, con el fin de validar su rentabilidad, de esta manera, se fortalece la competitividad de la empresa.

## 8 REFERENCIAS

- [1] Torres, «Estudio técnico del procesamiento de suero lácteo,» 2018.
- [2] X. E. Torres Gutiérrez, «Estudio de la producción de la industria láctea del cantón Cayambe en el período 2009-2015,» Quito, 2018.
- [3] M. I. Moya Pazmiño, K. E. Morales Zambrano y J. T. Obando Moreira, «Proyecto DAIRY ECUADOR,» Quito, 2022.
- [4] M. A. V. Toapanta, «Aplicación de la metodología Six Sigma para mejorar la eficiencia del proceso productivo en la empresa Lácteos San Antonio,» Latacunga, Ecuador, 2023.
- [5] W. F. T. L. Fernando Josué Álvarez Chicaiza, «Identificación de pérdidas y desperdicios en el sector lácteo de la provincia de Cotopaxi,» *Revista Multidisciplinaria de Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial y Humanista*, 2024.
- [6] L. T. Chiscueth, «Propuesta de optimización de la línea de producción de cuajada ácida en una industria láctea mediante la metodología Six Sigma». 2024.
- [7] J. N. Reinoso, «Generación de estrategias de producción más limpia para la pequeña industria láctea del Ecuador, Universidad Internacional SEK». 2021.
- [8] F. Á. Chicaiza, «Identificación de pérdidas y desperdicios en el sector lácteo de la provincia de Cotopaxi, Universidad Técnica de Ambato». 2024.
- [9] R. Kenge y Z. Khan, «A case study on the DMAIC Six Sigma application to prevent injuries in the manufacturing industry,» *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, vol. 13, n° 4, 2021.
- [10] F. Zhao, J. Xiao, J. Hao y Y. Ren, «Six Sigma for improving the quality of the production process: a case study in the inverter manufacturing company,» *International Journal of Lean Six Sigma*, 2025.
- [11] A. Mittal, P. Gupta, V. Kumar, A. Al Qwad, S. Mahlawat y S. Singh, «The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company,» *Heliyon*, vol. 9, n° 3, 2023.
- [12] INEC, «Encuesta Nacional de Actividad Económica 2021,» 2020.
- [13] A. H. Gomaa, «Improving supply chain management using Lean Six Sigma: A case study,» *International Journal of Applied and Physical Sciences*, vol. 9, pp. 9-25, 2023.
- [14] J. Huang, M. Irfan, S. S. Fatima y R. M. Shahid, «The role of Lean Six Sigma in driving

- sustainable manufacturing practices: An analysis of the relationship between Lean Six Sigma principles, data-driven decision making, and environmental perform,» *Frontiers in Environmental Science*, vol. 11, n° 1184488, 2023.
- [15] R. Kenge y Z. Khan, «A case study on the DMAIC Six Sigma application to prevent injuries in the manufacturing industry,» *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, vol. 13, n° 4, 2021.
- [16] H. Deeth y P. Kelly, «Processing and technology of dairy products,» *MDPI*, 2022.
- [17] H. y Kelly, «Processing and technology of dairy products Deeth,» *P MDPI*, 2022.
- [18] N. Burke y M. Southern, «Optimising the quality management system in dairy processing,» *Quality control and quality assurance*, 2024.
- [19] Netsuite, «Production vs. Manufacturing: What's the difference?,» 2024.
- [20] M. H. Islam, Z. Zemke Chavez, S. Eshetu Birkie y M. Bellgran, « Enablers in the production system design process impacting operational performance,» *Production & Manufacturing Research*, vol. 10, n° 1, p. 257–280, 2022.
- [21] M. Hetmanczyk, «A method for evaluating the maturity level of production process automation in the context of digital transformation—Polish case study,» *Applied Sciences*, vol. 14, n° 11, 2024.
- [22] W. Lewicki, A. Koniuszy, M. Niekurzak y K. Stefanowicz, «Assessment of parameters affecting the efficiency of production processes including barriers and perspectives of automation in a real manufacturing environment,» *Applied Sciences*, vol. 15, n° 6, 2025.
- [23] J. A. Rodríguez Hidalgo, «Aprovechamiento del suero lácteo para la elaboración de una bebida energética,» Ambato, 2021.
- [24] D. F. T. Rubio, «Mejoramiento de las líneas de producción del área de empaque de una planta de embutidos aplicando Lean Manufacturing,» Quito, Ecuador, 2021.
- [25] L. Klein, K. Vieira y L. Dibi, «The Influence of Lean Management Practices on Process Effectiveness: A Quantitative Study in a Public Institution,» *Sage Journals*, 2022.
- [26] A. Francis y A. Thomas, «Exploring the relationship between lean construction and environmental sustainability: A review of existing literature to decipher broader dimensions,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 252, 2020.
- [27] F. Maestri y M. Gamio, Propuesta de mejora en el proceso de atención al cliente aplicando la metodología Lean Service en una empresa que brinda servicios financieros,

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.  
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625021/Maestri%20%20FC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, 2018.

- [28] O. Olutade, M. A. Adeyinka y O. Durodola, «Exploring Lean Six Sigma: A comprehensive review of methodology and its role in business improvement,» *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, vol. 4, n° 6, 2023.
- [29] O. Olutade, M. A. Adeyinka y O. Durodola, «Exploring Lean Six Sigma: A comprehensive review of methodology and its role in business improvement,» *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*,.
- [30] S. Kumar, R. K. Phanden, S. B. Kumar y R. & Kumar, «A state-of-the-art literature review on Lean Six Sigma from manufacturing sustainability and Industry 4.0 viewpoints,» *International Journal of Internet Manufacturing and Services*, vol. 9, n° 2/3, 2023.
- [31] E. Psomas, E. Keramida y N. Bouranta, «Practical implications of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma in the public administration sector: A systematic literature review,» *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 13, n° 6, p. 1277–1307, 2022.
- [32] Syamil, A., Ichsan, M., Syahrazly, M., Putri, M. F., Revidia y I. R., «Enhancing quality across industries: A systematic review on the impact of Six Sigma.,» *Global Business & Finance Review*, vol. 28, n° 7, 2023.
- [33] D. M. Utama y M. Abirfatin, «Sustainable Lean Six-Sigma: A new framework for improve sustainable manufacturing performance,» *Cleaner Engineering and Technology*, vol. 17, n° 4, 2023.
- [34] D. M. Utama y M. Abirfatin, «Sustainable Lean Six-Sigma: A new framework for improve sustainable manufacturing performance,» *Cleaner Engineering and Technology*, vol. 17, n° 4, 2023.
- [35] R. P. N. y R. R. C. P. S. Pande, *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies Are Honing Their Performance*, New York: McGraw-Hill, 2000.
- [36] F. Soler, V. Gisber, A. Pérez y E. Perez, «CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN APLICADA 2020,» *Ingeniería y Tecnología*, 2020.
- [37] A. Pedrero, A. Garnica y A. Garnica, «Decisiones gerenciales bajo el Principio de

- Pareto,» *Ciencia Administrativa*, vol. 1, pp. 14-22, 2022.
- [38] A. Pedrero, A. Garnica y A. Garnica, «Decisiones gerenciales bajo el Principio de Pareto,» *Ciencia Administrativa*, pp. 14-221, 2022.
- [39] L. Liliana, «A new model of Ishikawa diagram for quality assessment,» *20th Innovative Manufacturing Engineering and Energy Conference*, vol. 14, n° 84, pp. 1212-1230, 2016.
- [40] D. A. Montero Paredes, «Repositorio Institucional de la Universidad de Lima,» 22 Febrero 2023. [En línea]. Available: [https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/17210/T018\\_72420378\\_T.pdf](https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/17210/T018_72420378_T.pdf).
- [41] J. P. H. R. G. Pineda Tabora, «Repositorio Institucional UNITEC,» 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.unitec.edu/server/api/core/bitstreams/60d97afa-14c1-460a-a22d-50f772c5c244/content>.
- [42] J. Pineda Tabora y R. G. Puerto Hernández, «Repositorio Institucional UNITEC,» 2019. [En línea].
- [43] E. J. Terán Rubio, «Propuesta de mejora de la productividad en el proceso de producción de embutidos mediante la aplicación de herramientas Lean Manufacturing en la empresa Italimentos Cía. Ltda.,» Quito, 2021.
- [44] E. García Martínez, «Repositorio Institucional UPV (RIUNET),» 2018. [En línea].
- [45] E. V. D. K. P. G. B. Sujová, «Research on the evaluation of the efficiency of production processes through the implementation of key performance indicators,» *Management Systems in Production Engineering*, vol. 31, n° 4, pp. 404-410, 2023.
- [46] M. Llin y J. Bohlen, «Método Seis Sigma. StatPearls,» StatPearls Publishing, 2023.
- [47] M. Carrillo, L. Vargas, C. Severiche, J. Peralta y V. Ortega, «Metodología DMAIC de Lean Seis Sigma: Una revisión en el contexto del ruido industrial - sector metalmecánico,» *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 6, n° 2, 2022.
- [48] P. Gutiérrez, «Los retos actuales de la mejora de la calidad y la productividad en las organizaciones,» *Ingeniería industrial. Actualidad y nuevas en línea*, vol. 1, n° 1, 2019.
- [49] T. Fontalvo, E. De la Hoz y J. Morelos, «Productivity and its factors: impact on organizational improvement,» *Dimensión Empresarial*, vol. 15, n° 2, 2017.
- [50] R. Carro y D. Gonzáles, Productividad y Competitividad, Universidad Nacional del Mar

de Plata, 2017.

- [51] M. Galindo y V. Ríos, Productividad, México: Serie de Estudios Económicos. V.01-2015, 2015.
- [52] C. Travieso, La productividad y las teorías de crecimiento económico, Cofin vol.16 no.1 La Habana ene.-jun. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2073-60612022000100004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612022000100004), 2022.
- [53] M. Fuentes y K. Yohannessen, «CÓMO LEER Y GENERAR PUBLICACIONES CIENTÍFICAS Exploración gráfica de datos cuantitativos: La importancia de mirar la información,» *Neumología Pediátrica*, vol. 14, n° 4, pp. 194-199, 2020.
- [54] S. Jamadar, «Statistical Process Control,» *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, vol. 8, n° 15, pp. 96-102, 2020.
- [55] E. Bottania, R. Montanaria, A. Volpia, L. Tebaldia y G. D. Maria, «Statistical Process Control of assembly lines in a manufacturing,» *International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing*, vol. 180, p. 1024–1033, 2021.
- [56] I. Madanhire y C. Mbohwa, «Application of Statistical Process Control (SPC) in Manufacturing Industry in a Developing Country,» *Procedia CIRP*, vol. 40, p. 580 – 583, 2017.
- [57] M. Gormen, «Statistical Process Control (SPC) under the Quality Approach of Just In Time (JIT),» *JOURNAL OF BUSINESS RESEARCH-TURK*, vol. 14, n° 1, pp. 646-670, 2022.
- [58] L. Miché, «An Implementation Framework for Statistical Process Control in Small to Medium-sized Enterprises: A South African Context,» Stellenbosch University, 2019.
- [59] S. Jamadar, «Statistical Process Control,» *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2020.
- [60] M. Aslam, A. Saghir y L. Ahmad, Introduction to Statistical Process Control, Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc, 2021.
- [61] W. Lewicki, A. Koniuszy, M. Niekurzak y K. Stefanowicz, «Assessment of parameters affecting the efficiency of production processes including barriers and perspectives of automation in a real manufacturing environment,» *Applied Sciences*, vol. 15, n° 6, 2025.
- [62] B. Escudero, «Mejora de la eficiencia en el proceso: revisión de estado de envases

- aplicando herramientas de Lean Manufacturing,» *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, vol. 26, n° 1, 2025.
- [63] E. Sujová, D. Vysloužilová y I. Babić, «Proposal for evaluating the efficiency of production processes using external and internal key performance indicators.,» *Manufacturing Technology*, vol. 24, n° 3, 2024.
- [64] A. E. Arredondo Pizarro y J. A. García Ramírez, «Repositorio Institucional Universidad Tecnológica de Pereira,» 2019. [En línea].
- [65] A. Ruiz-Falcó Rojas, «State University of New York at Cortland,» 2006. [En línea].
- [66] Secretaría de Salud, «Gobierno de México – Calidad en Salud,» 2024. [En línea].
- [67] C. Barcia Portillo, «TESIUNAM – Repositorio de la Universidad Nacional Autónoma de México,» 2001. [En línea]. [Último acceso: 22 Febrero 2026].
- [68] C. A. León Benavides, «Repositorio Institucional Universidad Politécnica Salesiana,» 2011. [En línea].
- [69] D. Plaza Valencia y Y. Gracia Andrade, «Repositorio Institucional Universidad Politécnica Salesiana,» 2025. [En línea].
- [70] L. E. L. T. Cristian Fernando Acosta Tipán, «Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en una empresa láctea de la provincia de Cotopaxi,» Latacunga, 2023.
- [71] D. F. V. C. Andrea Estefanía Chicaiza Chicaiza, «Propuesta de mejora del proceso productivo mediante la aplicación de herramientas Lean Manufacturing en una empresa láctea,» Latacunga, 2022.
- [72] F. Á. Chicaiza, «Identificación de pérdidas y desperdicios en el sector lácteo de la provincia de Cotopaxi, Universidad Técnica de Ambato». 2024.

## 9 ANEXOS

### Anexo A. Ficha de Control de Desperdicios

| Línea de Producción | N° lotes | MP Total (L) | Producción Total (u) | Desperdicio promedio (%) | Variabilidad | N° de etapas | Tipo de merma principal |
|---------------------|----------|--------------|----------------------|--------------------------|--------------|--------------|-------------------------|
|                     |          |              |                      |                          |              |              |                         |

### Anexo B. Diagrama de Pareto

Componentes del diagrama:

- Gráfico de barras + línea acumulada
- Eje X: Líneas productivas ordenadas por % desperdicio descendente
- Eje Y izquierdo: % desperdicio
- Eje Y derecho: % acumulado (para identificar el 80% de desperdicios)

### Anexo C. Diagrama SIPOC

| Suppliers (Proveedores) | Inputs (Insumos) | Process (Líneas Productivas) | Outputs (Productos) | Customers (Clientes) |
|-------------------------|------------------|------------------------------|---------------------|----------------------|
|                         |                  |                              |                     |                      |
|                         |                  |                              |                     |                      |

### Anexo D. Cursograma Analítico

| Símbolo          | Actividad | Descripción | Tiempo (min) | Observaciones |
|------------------|-----------|-------------|--------------|---------------|
| ○ Operación      |           |             |              |               |
| □ Inspección     |           |             |              |               |
| → Transporte     |           |             |              |               |
| D Demora         |           |             |              |               |
| ▽ Almacenamiento |           |             |              |               |

### Anexo E. Ficha de Control de Producción

| Fecha | Línea | Lote | Materia prima procesada | Producto obtenido (kg) | Rendimiento | Tiempo ciclo | Observación |
|-------|-------|------|-------------------------|------------------------|-------------|--------------|-------------|
|       |       |      |                         |                        |             |              |             |

### Anexo F. Hoja de Inspección de Calidad

| Fecha | Lote | Unidad inspeccionada | Defecto A (peso) | Defecto B (Forma) | Total defectos | Columna1 | Acción Correctiva Defecto A (Peso) | Acción Correctiva Defecto B (Textura) |
|-------|------|----------------------|------------------|-------------------|----------------|----------|------------------------------------|---------------------------------------|
|       |      |                      |                  |                   |                |          |                                    |                                       |

### Anexo G. Gráficos de Control $\bar{X}$ -R

Componentes:

- Gráfico  $\bar{X}$  para promedio del rendimiento
- Gráfico R para rango/variabilidad
- Cálculo de límites de control (UCL, LCL, línea central)
- Reglas de detección de causas especiales (Western Electric o Nelson)

### Anexo H. Diagrama de Ishikawa

Estructura de análisis de causas por categorías 6M:

1. Materia prima (leche): calidad, temperatura de recepción, tiempo de almacenamiento, acidez.
2. Mano de obra: nivel de capacitación, experiencia, rotación de personal, cumplimiento de procedimientos.
3. Método: procedimientos documentados, estandarización, controles de proceso, verificaciones.
4. Maquinaria: estado de calibración, mantenimiento preventivo, capacidad instalada, antigüedad.
5. Medición: precisión de instrumentos, frecuencia de calibración, métodos de medición.
6. Medio ambiente: temperatura, humedad, limpieza de instalaciones, control de plagas.

## Anexo I. Diagrama de Barras

Igual estructura que Anexo C, pero aplicado a las causas raíz identificadas en el Diagrama de Ishikawa, permitiendo priorizar las causas vitales.

## Anexo J. Cronograma de implementacion

Componentes del plan:

- Diagrama de Gantt con cronograma de actividades.
- Matriz RACI (Responsible, Accountable, Consulted, Informed) de responsables.
- Presupuesto detallado por mejora.
- Programa de capacitación del personal.
- Indicadores de seguimiento de implementación.

## Anexo K. Plan de Control

| Mejora | Actividad de control | Frecuencia | Responsable | Indicador de control | Acción correctiva |
|--------|----------------------|------------|-------------|----------------------|-------------------|
|        |                      |            |             |                      |                   |

## Anexo L. Cálculo del Índice de Desperdicio. Línea Queso Fresco 500 g. 56 Lotes (Enero–diciembre 2025)

| N° | Lote ID | Fecha      | MP (L) | Producción Total Real (kg) - TP | Merma (kg) - M | Reproceso (kg) - R | M + R (kg) | % Desperdicio= $\frac{(M+R)}{T} \times 100$ | Nivel       |
|----|---------|------------|--------|---------------------------------|----------------|--------------------|------------|---|-------------|
| 1  | QF-001  | 18/01/2025 | 300    | 37,00                           | 3,32           | 1,42               | 4,74       | 12,81%                                      | Medio 8–15% |
| 2  | QF-002  | 25/01/2025 | 300    | 45,50                           | 4,49           | 1,92               | 6,41       | 14,09%                                      | Medio 8–15% |
| 3  | QF-003  | 30/01/2025 | 300    | 44,00                           | 4,31           | 1,85               | 6,16       | 14,00%                                      | Medio 8–15% |
| 4  | QF-004  | 04/02/2025 | 300    | 48,50                           | 4,79           | 2,05               | 6,84       | 14,10%                                      | Medio 8–15% |
| 5  | QF-005  | 10/02/2025 | 300    | 48,50                           | 4,79           | 2,05               | 6,84       | 14,10%                                      | Medio 8–15% |
| 6  | QF-006  | 14/02/2025 | 400    | 52,00                           | 5,13           | 2,20               | 7,33       | 14,10%                                      | Medio 8–15% |
| 7  | QF-007  | 20/02/2025 | 400    | 52,00                           | 5,10           | 2,18               | 7,28       | 14,00%                                      | Medio 8–15% |
| 8  | QF-008  | 24/02/2025 | 300    | 39,00                           | 1,75           | 0,75               | 2,50       | 6,41%                                       | Bajo <8%    |
| 9  | QF-009  | 03/03/2025 | 400    | 54,00                           | 5,33           | 2,28               | 7,61       | 14,09%                                      | Medio 8–15% |

| N° | Lote ID | Fecha      | MP (L) | Producción Total Real (kg) - TP | Merma (kg) - M | Reproceso (kg) - R | M + R (kg) | % Desperdicio = (M+R)/T P × 100 | Nivel       |
|----|---------|------------|--------|---------------------------------|----------------|--------------------|------------|---------------------------------|-------------|
| 10 | QF-010  | 07/03/2025 | 400    | 54,00                           | 5,29           | 2,27               | 7,56       | 14,00%                          | Medio 8–15% |
| 11 | QF-011  | 11/03/2025 | 400    | 52,00                           | 5,17           | 2,22               | 7,39       | 14,21%                          | Medio 8–15% |
| 12 | QF-012  | 14/03/2025 | 400    | 52,00                           | 5,13           | 2,20               | 7,33       | 14,10%                          | Medio 8–15% |
| 13 | QF-013  | 17/03/2025 | 300    | 48,50                           | 4,75           | 2,04               | 6,79       | 14,00%                          | Medio 8–15% |
| 14 | QF-014  | 17/03/2025 | 300    | 45,50                           | 0,32           | 0,14               | 0,46       | 1,01%                           | Bajo <8%    |
| 15 | QF-015  | 20/03/2025 | 300    | 48,50                           | 4,79           | 2,05               | 6,84       | 14,10%                          | Medio 8–15% |
| 16 | QF-016  | 24/03/2025 | 300    | 36,00                           | 3,45           | 1,48               | 4,93       | 13,69%                          | Medio 8–15% |
| 17 | QF-017  | 01/04/2025 | 400    | 54,00                           | 5,33           | 2,28               | 7,61       | 14,09%                          | Medio 8–15% |
| 18 | QF-018  | 07/04/2025 | 400    | 52,00                           | 5,10           | 2,18               | 7,28       | 14,00%                          | Medio 8–15% |
| 19 | QF-019  | 11/04/2025 | 400    | 52,50                           | 5,22           | 2,24               | 7,46       | 14,21%                          | Medio 8–15% |
| 20 | QF-020  | 14/04/2025 | 400    | 52,00                           | 5,13           | 2,20               | 7,33       | 14,10%                          | Medio 8–15% |
| 21 | QF-021  | 16/04/2025 | 500    | 59,50                           | 5,83           | 2,50               | 8,33       | 14,00%                          | Medio 8–15% |
| 22 | QF-022  | 19/04/2025 | 300    | 44,00                           | 4,31           | 1,85               | 6,16       | 14,00%                          | Medio 8–15% |
| 23 | QF-023  | 22/04/2025 | 400    | 54,00                           | 1,06           | 0,45               | 1,51       | 2,80%                           | Bajo <8%    |
| 24 | QF-024  | 03/05/2025 | 300    | 44,00                           | 4,34           | 1,86               | 6,20       | 14,09%                          | Medio 8–15% |
| 25 | QF-025  | 06/05/2025 | 300    | 44,00                           | 4,34           | 1,86               | 6,20       | 14,09%                          | Medio 8–15% |
| 26 | QF-026  | 09/05/2025 | 300    | 44,50                           | 4,36           | 1,87               | 6,23       | 14,00%                          | Medio 8–15% |
| 27 | QF-027  | 11/05/2025 | 400    | 56,00                           | 0,20           | 0,08               | 0,28       | 0,50%                           | Bajo <8%    |
| 28 | QF-028  | 13/05/2025 | 300    | 44,00                           | 4,34           | 1,86               | 6,20       | 14,09%                          | Medio 8–15% |
| 29 | QF-029  | 15/05/2025 | 400    | 49,00                           | 4,05           | 1,73               | 5,78       | 11,80%                          | Medio 8–15% |
| 30 | QF-030  | 20/05/2025 | 400    | 52,00                           | 5,13           | 2,20               | 7,33       | 14,10%                          | Medio 8–15% |
| 31 | QF-031  | 23/05/2025 | 300    | 44,00                           | 4,31           | 1,85               | 6,16       | 14,00%                          | Medio 8–15% |
| 32 | QF-032  | 26/05/2025 | 400    | 49,50                           | 3,81           | 1,63               | 5,44       | 10,99%                          | Medio 8–15% |
| 33 | QF-033  | 02/06/2025 | 400    | 52,00                           | 5,17           | 2,22               | 7,39       | 14,21%                          | Medio 8–15% |
| 34 | QF-034  | 06/06/2025 | 300    | 44,00                           | 4,34           | 1,86               | 6,20       | 14,09%                          | Medio 8–15% |
| 35 | QF-035  | 09/06/2025 | 300    | 44,50                           | 4,36           | 1,87               | 6,23       | 14,00%                          | Medio 8–15% |
| 36 | QF-036  | 12/06/2025 | 400    | 51,00                           | 3,00           | 1,29               | 4,29       | 8,41%                           | Medio 8–15% |
| 37 | QF-037  | 16/06/2025 | 300    | 44,00                           | 4,34           | 1,86               | 6,20       | 14,09%                          | Medio 8–15% |
| 38 | QF-038  | 20/06/2025 | 400    | 52,00                           | 5,10           | 2,18               | 7,28       | 14,00%                          | Medio 8–15% |
| 39 | QF-039  | 23/06/2025 | 300    | 44,00                           | 4,34           | 1,86               | 6,20       | 14,09%                          | Medio 8–15% |
| 40 | QF-040  | 26/06/2025 | 400    | 49,00                           | 4,05           | 1,73               | 5,78       | 11,80%                          | Medio 8–15% |
| 41 | QF-041  | 02/07/2025 | 300    | 49,00                           | 4,80           | 2,06               | 6,86       | 14,00%                          | Medio 8–15% |
| 42 | QF-042  | 08/07/2025 | 400    | 55,00                           | 5,43           | 2,33               | 7,76       | 14,11%                          | Medio 8–15% |
| 43 | QF-043  | 14/07/2025 | 300    | 44,00                           | 4,34           | 1,86               | 6,20       | 14,09%                          | Medio 8–15% |
| 44 | QF-044  | 21/07/2025 | 500    | 51,00                           | 9,50           | 4,07               | 13,57      | 26,61%                          | Alto ≥15%   |
| 45 | QF-045  | 22/07/2025 | 400    | 52,00                           | 5,17           | 2,22               | 7,39       | 14,21%                          | Medio 8–15% |
| 46 | QF-046  | 24/07/2025 | 300    | 41,00                           | 1,18           | 0,50               | 1,68       | 4,10%                           | Bajo <8%    |
| 47 | QF-047  | 29/07/2025 | 300    | 44,00                           | 4,34           | 1,86               | 6,20       | 14,09%                          | Medio 8–15% |

| N°                               | Lote ID | Fecha      | MP (L)        | Producción Total Real (kg) - TP | Merma (kg) - M | Reproceso (kg) - R | M + R (kg)    | % Desperdicio = (M+R)/T P × 100 | Nivel       |
|----------------------------------|---------|------------|---------------|---------------------------------|----------------|--------------------|---------------|---------------------------------|-------------|
| 48                               | QF-048  | 01/08/2025 | 300           | 44,00                           | 4,31           | 1,85               | 6,16          | 14,00%                          | Medio 8–15% |
| 49                               | QF-049  | 05/08/2025 | 300           | 44,00                           | 4,34           | 1,86               | 6,20          | 14,09%                          | Medio 8–15% |
| 50                               | QF-050  | 08/08/2025 | 300           | 42,00                           | 0,15           | 0,06               | 0,21          | 0,50%                           | Bajo <8%    |
| 51                               | QF-051  | 15/09/2025 | 300           | 44,50                           | 4,36           | 1,87               | 6,23          | 14,00%                          | Medio 8–15% |
| 52                               | QF-052  | 13/10/2025 | 400           | 52,00                           | 5,13           | 2,20               | 7,33          | 14,10%                          | Medio 8–15% |
| 53                               | QF-053  | 07/11/2025 | 300           | 44,00                           | 4,34           | 1,86               | 6,20          | 14,09%                          | Medio 8–15% |
| 54                               | QF-054  | 17/11/2025 | 300           | 44,50                           | 4,30           | 1,84               | 6,14          | 13,80%                          | Medio 8–15% |
| 55                               | QF-055  | 28/11/2025 | 300           | 44,00                           | 4,34           | 1,86               | 6,20          | 14,09%                          | Medio 8–15% |
| 56                               | QF-056  | 09/12/2025 | 400           | 48,00                           | 4,60           | 1,97               | 6,57          | 13,69%                          | Medio 8–15% |
| <b>Total / Promedio 56 Lotes</b> |         |            | <b>19.500</b> | <b>2.675,50</b>                 | <b>240,10</b>  | <b>102,88</b>      | <b>342,98</b> | <b>12,78%</b>                   |             |

*Ecuación de la Matriz de Operacionalización (Tabla 4-1): % Desperdicio = [(Merma + Reproceso) / Total Producido] × 100 donde Total Producido = producción real en kg (col. E)*

## Anexo M. Registro para el Estudio de Tiempos

| Actividades | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6       | T7                  | T8               | T9  | T10        | T11 | T12               | T13 | T14 | T15 | T16 | T17 | T18 | T19 | T20 |
|-------------|----|----|----|----|----|----------|---------------------|------------------|-----|------------|-----|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Actividades | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | Promedio | Desviación Estandar | LCS              | LCI |            |     |                   |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Actividad   | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | TO       | Desviación Estándar | Ritmo De Trabajo | TN  | Suplemento | TE  | Tiempo en minutos |     |     |     |     |     |     |     |     |

## Anexo N. Procedimiento de cálculo del Nivel Sigma y DPMO-Línea Queso Fresco 500 g

### N.1 Conceptos base

El Nivel Sigma ( $\sigma$ ) es una métrica de Six Sigma que expresa la capacidad de un proceso en términos de defectos por millón de oportunidades (DPMO). Se convierte a unidades sigma mediante la tabla de conversión DPMO-sigma estándar (con desplazamiento de  $1,5\sigma$  de Motorola).

### N.2 Datos de entrada (Tabla 5.14 de la tesis)

| Parámetro   | Valor        | Descripción  |
|---|--------------|--|
| Total de unidades inspeccionadas (n)              | 5.350 u      | Total de unidades producidas en 56 lotes                               |
| Total de defectos (d)                             | 659 defectos | Suma de Defecto A (379) + Defecto B (280)                              |
| Número de oportunidades de defecto por unidad (k) | 2            | Defecto A: peso fuera de rango (490-510 g); Defecto B: textura/humedad |
| Unidades con defecto (no conformes)               | 659          | Una unidad puede tener ambos tipos de defecto                          |

### N.3 Fórmulas y cálculo paso a paso

Paso 1. Cálculo de DPMO:

$$DPMO = \frac{(d \times 1.000.000)}{(n \times k)} = \frac{(659 \times 1.000.000)}{(5.350 \times 2)} = \frac{(659.000.000)}{(10.700)} = 61.589$$

Paso 2. Conversión DPMO → Nivel Sigma:

| DPMO equivalente (con desplazamiento 1,5σ) | Nivel Sigma% | Productos buenos |
|--|--------------|------------------|
| 691.462                                    | 1,0σ         | 30,85%           |
| 308.538                                    | 2,0σ         | 69,15%           |
| <b>61.589</b>                              | <b>≈2,9σ</b> | <b>93,84%</b>    |
| 66.807                                     | 3,0σ         | 93,32%           |
| 22.750                                     | 3,5σ         | 97,73%           |
| 6.210                                      | 4,0σ         | 99,38%           |
| 233  | 5,0σ         | 99,977%          |
| 3,4  | 6,0σ         | 99,99966%        |

Paso 3. Interpolación para precisión:

Con DPMO = 61.589, que se ubica entre 2,0σ (308.538 DPMO) y 3,0σ (66.807 DPMO), el proceso opera en 2,9σ. Se verifica que DPMO = 61.589 < 66.807 (límite 3σ), confirmando que el proceso está por debajo del nivel de referencia mínimo de 3σ.

### N.4 Interpretación

| Indicador                   | Valor actual | Referencia mínima | Brecha            | Estado |
|-----------------------------|--------------|-------------------|-------------------|--------|
| DPMO                        | 61.589       | < 66.807 (3σ)     | Próximo al límite | Alerta |
| Nivel sigma                 | 2,9 σ        | ≥ 3,0 σ           | -0,1 σ            | Alerta |
| Rendimiento del proceso (%) | 93,84%       | ≤ 93,32% (3σ)     | -0,52 pp          | Alerta |

## Anexo O. Ficha Técnica de la Prensa neumática



ventas@neyflo.com.pe  
(+51) 970 900 183 | 076 -262927  
www.neyflo.com.pe

Av. Hoyos Rubio N° 418  
Cajamarca  
Jr. Arequipa N° 253 -Magdalena del Mar  
Lima



# FICHA TÉCNICA

## Prensa Neumática 120 Kg

Prensa neumática horizontal para quesos, diseñada para el prensado uniforme de moldes rectangulares o circulares mediante sistema de pistones neumáticos. Fabricada íntegramente en acero inoxidable de grado sanitario, este equipo se construye a pedido, adaptándose a las dimensiones, número de pistones y tipo de molde requerido por el cliente, garantizando eficiencia y seguridad en procesos lácteos.

Marca: NEYFLO  
Modelo: PN-120 Kg

### CARACTERÍSTICAS

- Construcción total en acero inoxidable AISI 304 con acabado sanitario.
- Funcionamiento horizontal para prensado continuo y uniforme.
- Sistema neumático con pistones regulables de accionamiento independiente.
- Tablero de mando con válvulas y pulsadores individuales.
- Fabricación personalizada según medidas y moldes del cliente.
- Soldadura TIG en toda la estructura.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

|                              |                                      |
|------------------------------|--------------------------------------|
| Tipo:                        | Prensa mecánica vertical             |
| Capacidad prensado:          | Hasta 120 kg (configurable)          |
| Material:                    | Acero inoxidable AISI 304            |
| Espesor de plancha:          | 1/8"                                 |
| Estructura:                  | Tubo Inox de 1 1/4"                  |
| Numero de pistones:          | 8 unidades regulables, marca Forward |
| Altura total del equipo:     |                                      |
| Altura piso - primer pistón: | 40 cm                                |
| Largo del equipo             |                                      |
| Sistema de control:          | Tablero con válvulas y pulsadores    |
| Compresora incluida:         | Potencia 2HP, marca Pitbull          |

### NORMATIVIDAD APLICADA

- HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points)

### JUNTAS FLEXIBLES

- Juntas flexibles neumáticas para conexión de aire comprimido.

### CONDICIONES DE INSTALACIÓN

- Piso firme, nivelado y antideslizante.
- Ubicar en un área limpia y ventilada.
- Requiere alimentación eléctrica.
- Mantener presión de aire estable.
- Dejar espacio libre lateral para cada operación.

### CONTROL DE CALIDAD

- Cumple HACCP, BPM, DIGESA, INACAL.