



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

**“IMPLEMENTACIÓN DE SIX SIGMA PARA
LA REDUCCIÓN DE PRODUCTOS
DEFECTUOSOS EN LA LINEA DE
PRODUCCIÓN DE QUESOS FRESCOS DE
LÁCTEOS MARÍN EN LA PROVINCIA DE LA
CONCEPCIÓN, JUNÍN, 2025”**

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Miguel Angel Marin Alipazaga

Asesor:

Mg. Victor Fernando Calla Delgado

<https://orcid.org/0000-0002-7502-5806>

Lima - Perú

2025

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	MARGEO JAVIER CHUMAN LOPEZ
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	ELUARD ALEXANDER MENDOZA ZENOZAIN
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	VICTOR FERNANDO CALLA DELGADO
	Nombre y Apellidos

Informe de Similitud






10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Dedicatoria

La presente investigación sistemática va dirigida hacia mi familia quienes fueron mi inspiración y apoyo en momentos malos, donde me enseñaron a encontrar una solución al problema y enfocarme a mis objetivos de mi formación académica.

Agradecimiento

Agradezco a mi familia que confiaron plenamente en mi esfuerzo y que me impulsaron con el apoyo constante.

A mis docentes por brindarme la enseñanza e inculcarme la perseverancia en mi formación universitaria

Tabla de contenidos

Índice de tablas	7
Índice de Figuras.....	8
Resumen	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema.....	20
1.3. Objetivos.....	20
1.4. Hipótesis	21
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	40
CAPÍTULO III: RESULTADOS	55
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	85
REFERENCIAS.....	94
ANEXOS	99

Índice de tablas

Tabla 1	Incidencias de la empresa de febrero a abril 2025	12
Tabla 2	Defectos de los yogures.....	36
Tabla 3	Defectos de algunos productos lácteos.....	37
Tabla 4	Tiempos de producción	57
Tabla 5	Incidencias.....	59
Tabla 6	Análisis de defectos.....	61
Tabla 7	Puntos Críticos de control	63
Tabla 8	Producción semanal de quesos frescos.....	64
Tabla 9	Especificaciones del producto (peso del queso).....	65
Tabla 10	Análisis de pesos unitarios observados (muestra de abril).....	65
Tabla 11	Cliente y requisitos críticos de calidad.....	66
Tabla 12	SIPOC del proceso de producción de quesos frescos.....	67
Tabla 13	Límites de Control del Proceso de Pesaje	69
Tabla 14	Intervalos de peso y frecuencia	71
Tabla 15	Causas raíz potenciales.....	71
Tabla 16	Propuesta de mejora	73
Tabla 17	Mecanismos de control propuestos	77
Tabla 18	Indicadores clave de seguimiento.....	78
Tabla 19	Costos actuales por categoría	79
Tabla 20	Costos incurridos por el fortalecimiento del control de procesos	80

Índice de Figuras

Figura 1 Gráfico de Pareto de incidencias de la empresa de febrero a abril 2025	12
Figura 2 Marco de implementación de CI basado en DMAIC.....	27
Figura 3 Etapas Definir.....	28
Figura 4 Elementos para la calidad	34
Figura 5 Diagrama de Pareto	60
Figura 6 Gráfico de desempeño del proceso	71
Figura 7 Diagrama Ishikawa	72
Figura 8 Carta de control del queso post mejora	77

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar cómo la implementación de Six Sigma contribuye a la reducción de productos defectuosos en la línea de quesos frescos de Lácteos Marín, Junín. El estudio siguió un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, nivel explicativo y diseño preexperimental. Se utilizó observación directa y análisis documental, aplicando instrumentos como fichas de recolección y listas de verificación. La muestra fue una línea de producción seleccionada por conveniencia. Los resultados evidenciaron una mejora notable: la tasa de productos fuera de especificación se redujo de 6.37% a 0.54% y el DPMO disminuyó de 63,694 a 5,435, logrando un ahorro del 93.96% en defectos por millón. El nivel Sigma mejoró de 2.33 a 2.84 y la desviación estándar se redujo de 11.95 g a 3.65 g. El análisis económico arrojó un Valor Actual Neto (VAN) positivo de S/ 3,767.28 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 78.90%, frente a una inversión inicial de S/ 2,500. Se concluye que Six Sigma no únicamente se perfeccionó la excelencia del artefacto, sino que asimismo se potenció la diligencia funcional y la rentabilidad del proceso en una empresa de escala media del sector lácteo.

Palabras Claves

Six Sigma, productos defectuosos, quesos frescos, control de calidad, eficiencia operativa

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El Six Sigma constituye un paradigma de administración de la calidad orientado a la perfección incesante, a través del escrutinio y la depuración sistemática de los procedimientos, con el objetivo de eliminar casi todos los defectos, para lograrlo, su aplicación está fundamentada en herramientas estadísticas (Vite et al., 2023). Por otro lado, los productos defectuosos son artículos manufacturados o elaborados que no satisfacen los niveles de calidad o seguridad esperados, volviéndolos inapropiados para su propósito original (Tannady et al., 2019).

La relación entre estos conceptos y la situación de la industria láctea es clara; el crecimiento significativo de la producción de leche a nivel global, los desafíos asociados a los procesos de producción y los costos operativos resaltan la necesidad de aplicar metodologías de mejora continua y gestión de calidad. Un claro ejemplo se da en la producción de leche a nivel global. De acuerdo con Palma y Cruz (2021), el 67% de los pequeños productores en Jalisco asociaban la calidad de la leche con cumplir las normas requeridas para su venta, sin embargo, en el estudio ningún productor disponía de recursos para refrigerar la leche debido principalmente a la inversión económica necesaria para adquirir y mantener los equipos correspondientes.

Guevara et al. (2019) reportaron que en Ecuador, alrededor del 50% de las muestras de leche cruda recolectadas en dos compañías procesadoras tenían niveles de microorganismos aerobios mesófilos por encima de los límites permitidos por las regulaciones, debido a prácticas inadecuadas durante el ordeño y almacenamiento, como el uso de utensilios no esterilizados y temperaturas mayores a los 20°C.

A nivel nacional, conforme con el INDECOPI (2021), aproximadamente el 15% de los suministros de leche fueron importados debido a una escasez del 30% en la producción de leche fresca cruda; esta insuficiencia fue atribuida a la calidad deficiente de la leche recolectada, siendo un 40% de la producción nacional adquirida por la industria láctea artesanal, la cual carece de la tecnología necesaria para asegurar la excelencia del resultado ulterior. En esta misma línea, Hidalgo (2023) informó que el Programa Qali Warma retiró oficialmente 740 toneladas de leche Bonlé de la empresa Gloria S.A. por observaciones de calidad reportadas durante varios meses.

A nivel regional, la industria de lácteos en Junín presenta un escenario similar. En el valle del Mantaro, esta actividad ha crecido como resultado de la tradición ganadera, aunque aún enfrenta retos en términos de estandarización de calidad y tecnificación. Empresas como Lácteos Marín, fundadas con una visión de mejora continua, reflejan estos desafíos. En el caso específico de esta empresa, según datos recogidos en sus informes internos, se evidencian debilidades en la fiscalización de la cadena fabril, donde se presentan desbalances que afectan la eficiencia. El 28.66% de los incidentes registrados corresponden a regresos de entrega vinculados a defectos de consistencia, sabor o empaque, lo que representa una repercusión inmediata en el cumplimiento del destinatario y en los costos operativos.

La falta de inventario disponible constituye el segundo problema más frecuente (21.02%), originado por el descarte o retrabajo de productos defectuosos. Asimismo, el 15.92% de las incidencias corresponde a productos dañados, entre los que destacan casos de contaminación, errores en formulación o empaques defectuosos. Estas fallas no solo afectan la reputación empresarial, sino que también comprometen la eficiencia operativa. En la tabla 1 se observan las incidencias de la empresa y en la figura 1 se presenta el gráfico de Pareto correspondiente.

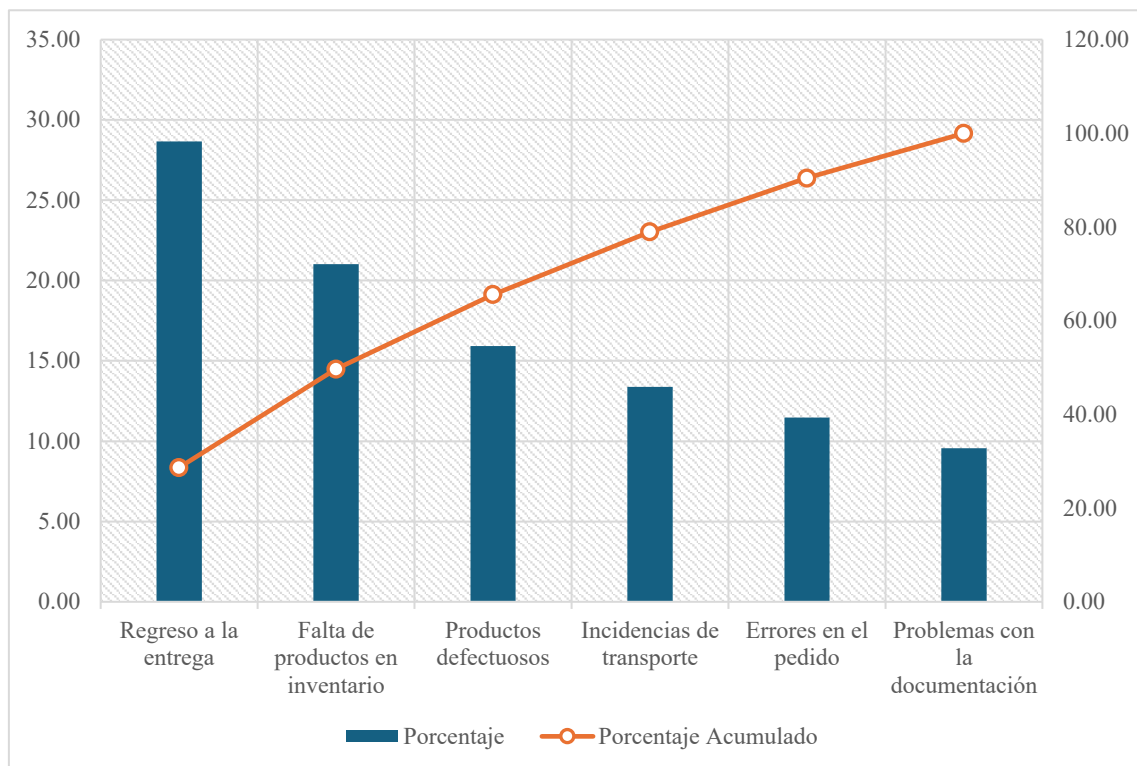
Tabla 1

Incidencias de la empresa de febrero a abril 2025

Problema	Total	Porcentaje (%)	Porcentaje Acumulado (%)
Regreso a la entrega	45	28.66	28.66
Falta de productos en inventario	33	21.02	49.68
Productos dañados	25	15.92	65.61
Incidencias de transporte	21	13.38	78.99
Errores en el pedido	18	11.46	90.45
Problemas con la documentación	15	9.55	100.00
Total	157	100	-

Figura 1

Gráfico de Pareto de incidencias de la empresa de febrero a abril 2025



Por consiguiente, este estudio pretende establecer la eficacia de la implementación de Six Sigma en la reducción de productos defectuosos en la línea de producción de quesos de Lácteos Marín, en la provincia de Concepción, Junín, durante el año 2025. El objetivo es impactar no solo en la calidad del producto, sino también en la eficiencia

general de la empresa, mejorando su reputación y capacidad de respuesta frente a las demandas del mercado. Se espera que la aplicación de esta metodología permita identificar y corregir los procesos que generan defectos, optimizando así la eficiencia operativa y reduciendo mermas. Los resultados del diagnóstico representan un excelente punto de partida para implementar medidas de gestión de mejor calidad, lo que ayuda a Lácteos Marín a mejorar su posición en el negocio de los productos lácteos.

La investigación se justifica teóricamente según lo expuesto por Yadav et al. (2019) el enfoque de Six Sigma ofrece una estructura robusta orientada a la mejora continua de la calidad, centrada en minimizar tanto la variabilidad como los errores en los procesos de producción. Al ser implementado en el ámbito de la industria láctea, este modelo metodológico tiene el potencial de perfeccionar los estándares de calidad de los productos, al tiempo que impulsa una mayor eficiencia en las operaciones.

En cuanto a la justificación práctica, la adopción de la metodología Six Sigma para disminuir la cantidad de productos defectuosos en la línea de producción de quesos de Lácteos Marín conlleva implicaciones prácticas relevantes. Elevar los niveles de calidad en los productos lácteos no solo permite a la empresa reducir los costos vinculados a errores de producción, sino que también favorece una experiencia más satisfactoria para el cliente, lo que, a su vez, contribuye a reforzar la posición competitiva de la organización dentro del mercado.

Con relación a la justificación metodológica, el enfoque cuantitativo adoptado en este estudio permite recopilar datos numéricos concretos sobre la eficacia de la Implementación de Six Sigma. El diseño no experimental longitudinal brinda una perspectiva a lo largo del tiempo, mientras que el muestreo no probabilístico por conveniencia en las etapas de producción proporciona información detallada sobre los

procesos específicos que se están evaluando.

A continuación se presentan algunas investigaciones relacionadas al tema objeto de estudio y que son tomados como antecedentes:

A nivel internacional, Chasipanta (2023) en su tesis titulada “Desarrollo de una propuesta para la mejora productiva en una Empresa de alimentos mediante la optimización de horas extras del personal y materia prima utilizando la metodología Six Sigma” tuvo como objetivo general desarrollar una propuesta de mejora productiva en una empresa de alimentos, optimizando las horas extras del personal y el uso eficiente de la materia prima a través de la metodología antes mencionada. La metodología tuvo un enfoque cuantitativo, con diseño descriptivo y alcance no experimental, además se utilizó la observación no estructurada, revisión documental y entrevistas no estructuradas como instrumentos; la muestra corresponde a la población total de los procesos productivos de la empresa, enfocándose en la cantidad de materia prima usada y las horas extras generadas por los empleados. Los resultados indican una reducción del 41% en las horas extras del personal, resultando en un ahorro significativo en costos; además, se identificaron las causas principales del bajo rendimiento de la materia prima, que incluyeron la falta de planificación y control de inventarios. En conclusión, la efectividad de la metodología Six Sigma para mejorar los procesos productivos, reducir costos y aumentar la eficiencia operativa de la empresa.

Moran (2021) en su tesis titulada “Optimización del sistema de producción de balanceado en la Avícola San Isidro S.A empleando la metodología Seis Sigma” tuvo como objetivo mejorar el proceso de producción de balanceado en una empresa avícola. La metodología presentó un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental, descriptivo y explicativo; se usó pruebas de mezclado, análisis de proteínas en laboratorio

externo y el uso del índice de Taguchi (Cpm); la muestra consistió en alimentos balanceados recolectados de la producción de dicha empresa. Los resultados mostraron que el mejor coeficiente de variación en el mezclado fue de $CV=9.39\%$; los datos de proteína presentaron una distribución normal con un sesgo estandarizado de -0.49 y una curtosis de -0.46 . El valor de Cpm de 1.38 indicó que el proceso cumplió con las especificaciones. Se concluyó que la implementación de un sistema automatizado de dosificación mejoró significativamente el proceso de producción, logrando una mayor eficiencia y consistencia en comparación con el proceso manual, y cumpliendo las especificaciones establecidas, mejorando así la calidad del producto final.

Yadav et al. (2019) en su artículo científico titulado “Application of Six Sigma to minimize the defects in glass manufacturing industry: A case study” tuvieron como objetivo general mejorar el rendimiento de un modelo particular de parabrisas de automóvil debido a las pérdidas por mal desempeño y rechazo. La metodología utilizada fue de enfoque cuantitativo, diseño no experimental y de tipo descriptivo y correlacional. Se empleó la metodología DMAIC de Six Sigma (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) y el análisis estadístico como instrumentos para la recolección de datos. La muestra consistió en la industria manufacturera de vidrio automotriz en India, enfocándose específicamente en un modelo de parabrisas de automóvil. Los resultados más importantes indican que el rendimiento general del parabrisas del automóvil alcanzó un 93.57% en comparación con el rendimiento histórico del 88.4% , resultando en un ahorro de 50 lakhs por año. Las conclusiones principales destacan que la implementación de Six Sigma mejoró la rentabilidad y redujo los defectos en el proceso de fabricación de vidrio automotriz, mostrando beneficios significativos en la práctica.

Fontalvo et al. (2022) en su artículo científico titulado “Evaluación de la calidad

de la producción de pastas comestibles mediante Seis Sigma” evaluó las diferentes dimensiones de calidad de la producción de una empresa de pastas comestibles utilizando los conceptos y teorías de Seis Sigma. La metodología presentó un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental descriptivo; se aplicaron las métricas de Seis Sigma asociadas a los defectos en partes por millón (DPMO), rendimiento y el nivel sigma Z; la muestra consistió en el proceso productivo de una empresa de pastas comestibles, analizado en 12 periodos del 2019. Los resultados mostraron un promedio global de rendimiento Y de 96.89% y un nivel sigma promedio Z de 3.67 en las etapas del proceso, lo que indica que el sistema productivo analizado posee un buen desempeño y los criterios de calidad del proceso productivo cumplen con las exigencias de control del sistema productivo de pastas comestibles. En conclusión, se aportó un método estructurado que permite evaluar un sistema productivo de alimentos de forma global y puntual mediante las métricas de Seis Sigma.

Costa et al. (2019) en su artículo científico titulado “Six Sigma application for quality improvement of the pin insertion process” tuvo como proposito reducir el número de unidades defectuosas producidas en el proceso de inserción de pines en una empresa automotriz, utilizando la metodología Six Sigma para disminuir los costos de calidad asociados y no comprometer el suministro a las líneas de ensamblaje finales. Usaron un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de tipo explicativo. Se utilizó el método DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) para llevar a cabo el proyecto de Six Sigma; la muestra incluyó datos operativos de un proceso automático de inserción de pines en placas de circuito impreso (PCBs) en una empresa automotriz; se empleó el diagrama de Pareto, diagramas de control, diagrama de causa y efecto, y algunos otros instrumentos de Six Sigma. Los resultados mostraron una disminución significativa en las fuerzas de inserción, acercándolas a valores nominales y reduciendo

las unidades defectuosas de 3231 PPM a 312 PPM, lo que incrementó el nivel sigma de 4.22 a 4.92; esto resultó en ahorros significativos para la empresa, estimados en alrededor de 122,000 euros. En conclusión, las mejoras implementadas incluyeron un mejor control de los procesos y el uso eficiente de herramientas de calidad, logrando una mayor estabilidad y menor variabilidad en el proceso de inserción de pines.

En el ámbito nacional, Lima (2021) en su tesis titulada “Implementación de Six Sigma para la mejora de calidad en el proceso de moldeado de la panadería Panif-Bod Lima, 2021” buscó maximizar la calidad, estabilidad y capacidad del proceso de moldeado. El estudio fue de enfoque cuantitativo y diseño pre-experimental, con recolección de datos mediante cartas de control y análisis de defectos por millón de oportunidades (DPMO); la muestra incluyó 60 unidades de pan blanco producidas entre junio y julio de 2021. Los resultados mostraron mejoras en la capacidad del proceso con un aumento del Cpk de 0.28 a 1.04 y una reducción de defectos por un millón de oportunidades, elevando el nivel sigma del proceso de moldeado a 3.3; los costos por baja calidad se redujeron en un 62.5%, evitando un gasto innecesario de S/. 6,300 mensuales. Se concluyó que la implementación de Six Sigma mejoró significativamente la calidad del proceso de moldeado, reduciendo defectos y costos, con un mantenimiento y ajuste de la máquina divisora que resultaron en una mejora considerable en la estabilidad y capacidad del proceso.

Mena (2019) en su tesis titulada “Metodología Six Sigma para reducir el número de productos no conformes y mejorar la productividad de la empresa Grafimaster E.I.R.L – Piura, 2019” tuvo como objetivo determinar de qué manera la metodología Six Sigma podría reducir el número de productos no conformes y aumentar la productividad de la empresa Grafimaster E.I.R.L. Utilizaron un enfoque cuantitativo, con un diseño no

experimental y de tipo descriptivo; se usaron cuestionarios y fichas de observación como instrumentos; se tomó una muestra de 215 productos mediante un muestreo no probabilístico por cuotas. Los resultados mostraron que la productividad actual de la organización era de 30.92%, lo que indicaba que no se cumplían los plazos determinados debido a reprocesos; se identificaron cuatro defectos principales en los productos: variación en el registro de colores, variación en la tonalidad de colores, corte irregular de las hojas y desperdicios por reprocesos; la etapa de medición encontró un DPMO de 116.279, ubicando a la empresa en un nivel de sigma 2 con un rendimiento del 69.9%. En conclusión, la metodología Six Sigma permite evaluar y proponer soluciones adecuadas para reducir los defectos y mejorar la productividad.

Muñoz (2019) en su tesis titulada “Metodología Seis Sigma para mejorar la calidad en los procesos de la industria de alimentos. Revisión de la literatura científica” determinaron los aportes de la metodología Seis Sigma para mejorar la calidad en los procesos de la industria alimentaria. La metodología utilizada fue una revisión sistemática de la literatura científica, con un enfoque cuantitativo y diseño no experimental. Se recopilaron datos de diversas bases de datos como Dialnet, Redalyc, Google Académico y repositorio de universidades; en total se analizaron 10 documentos relevantes. Los resultados mostraron que la metodología Seis Sigma permite reestructurar la organización de las empresas, utilizar eficientemente los recursos en los diversos procesos, identificar los puntos críticos y pérdidas con el objeto de mejorar la calidad en los procesos industriales de alimentos. En conclusión, la implementación de Seis Sigma mejora la calidad y productividad, y reduce costos y pérdidas; se destaca un aumento del 91.66% en el nivel sigma en una empresa después de la implementación de esta metodología.

Vargas (2021), en su tesis “La metodología Six Sigma y el nivel de productividad en una empresa de comida rápida, Cajamarca 2020” propuso mejorar la productividad de una empresa de comida rápida mediante la aplicación de la metodología Six Sigma. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, utilizando la técnica DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) para evaluar y mejorar el proceso de marinado de pollo, usaron una muestra de 25,563 unidades de merma. Los resultados mostraron que la aplicación de la metodología Six Sigma permitió reducir significativamente el número de defectos en el proceso de producción, mejorando la eficiencia y productividad de la empresa; se encontró que la productividad actual de la organización es de 30.92%, lo que indica que la empresa no cumple con los plazos determinados de entrega de sus productos debido a reprocesos. En conclusión, la implementación de Six Sigma en la empresa de comida rápida resultó en una mejora notable en la calidad y eficiencia del proceso, validando la viabilidad y efectividad de la metodología en este contexto.

Calderón (2020), en su tesis titulada “Implementación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la productividad en una empresa de plásticos” buscó mejorar la productividad mediante la implementación de esta metodología. Utilizaron un enfoque cuantitativo, utilizando un diseño experimental y cuasi experimental; se usó el análisis documental de registros y reportes del área de producción en formato Excel, abarcando una muestra de una línea de producción que representa la mayor parte de la producción en kg/mes. Entre los resultados principales, se destaca que la implementación de Lean Six Sigma permitió una reducción significativa en la variabilidad de los gramajes, las mermas, y los productos no conformes. En conclusión, se lograron reducciones de mermas mensuales y de productos no conformes mediante la estandarización del trabajo y la metodología six sigma.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera la implementación de Six Sigma contribuye a la reducción de productos defectuosos en la línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín, provincia de la Concepción, Junín, 2025?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo realizar el diagnóstico del área de producción en la línea de quesos frescos en la empresa de lácteos Marín, en la provincia de la Concepción, Junín, 2024?
- ¿De qué manera la implementación de Six Sigma contribuye a la reducción de defectos en la línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín, en la provincia de la Concepción, Junín, 2024?
- ¿Qué nivel de sensibilidad económica presenta la implementación de Six Sigma ante la reducción de productos defectuosos en la línea de quesos frescos en Lácteos Marín, provincia de la Concepción, Junín, 2025?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar de qué manera la implementación de Six Sigma contribuye a la reducción de productos defectuosos en la línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín, provincia de la Concepción, Junín, 2025.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico del área de producción en la línea de quesos frescos en la empresa de lácteos Marín, en la provincia de la Concepción, Junín, 2025.

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

- Evaluar cómo la implementación de Six Sigma contribuye a la reducción de defectos en la línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín, en la provincia de la Concepción, Junín, 2025.
- Analizar la sensibilidad económica de la implementación de Six Sigma frente a diferentes niveles de reducción de productos defectuosos en la línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La implementación de Six Sigma contribuye significativamente a la reducción de productos defectuosos en la línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín, provincia de la Concepción, Junín, 2025.

1.4.2. Hipótesis específicas

- El diagnóstico del área de producción en la línea de quesos frescos permite identificar los principales defectos y sus causas raíz, facilitando la implementación de mejoras efectivas en Lácteos Marín, provincia de la Concepción, Junín, 2025.
- La implementación de Six Sigma en la línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín, provincia de la Concepción, Junín, 2025, contribuye significativamente a la reducción de defectos en los productos finales.
- La implementación de Six Sigma en la línea de producción de quesos frescos presenta una sensibilidad económica positiva, donde la reducción de productos defectuosos impacta significativamente en la disminución de costos.

1.5. Marco teórico

1.5.1. Implementación de Six Sigma

El Six Sigma es un método para mejorar la calidad y su objetivo es producir productos y servicios próximos a la perfección, es decir con 3.4 defectos por millón de oportunidades (Tannady et al., 2019). En adición, Malpartida et al. (2021) menciona que el enfoque Six Sigma se erige como un indicador de capacidad de proceso, concebido para cuantificar estadísticamente la variabilidad mediante la desviación estándar. Su propósito fundamental radica en minimizar las fluctuaciones inherentes a los productos. Paralelamente, su adopción como filosofía gerencial faculta a las organizaciones para alcanzar niveles superiores de productividad, competitividad y calidad, mediante la optimización continua de sus procesos internos.

Widodo y Soediantono (2022) añalan que la aplicación de Six Sigma puede generar múltiples beneficios para las organizaciones, entre los que destacan la mejora en la calidad de los productos, el incremento de la productividad, una mayor precisión en las entregas, así como la reducción de costos operativos. A estos efectos positivos se suman el fortalecimiento del bienestar y la motivación del personal, junto con avances en lo concerniente a la salud y la seguridad en el ámbito ocupacional. En consecuencia, como lo afirman Antony y Sony (2020), este método es muy importante, porque puede mejorar totalmente el desempeño de las empresas en general.

También, Fontalvo et al. (2022) Six Sigma es muy importante porque es como una herramienta adaptable que cambia constantemente y es respaldada por abundantes medios que evidencian sus resultados en distintos contextos productivos. Se ha utilizado en situaciones bastante descabelladas, como cuando se utiliza material biofarmacéutico que procesa enormes cantidades de datos en tiempo real, lo que demuestra que puede

funcionar perfectamente con cualquier cosa que se le presente. Este método también se ha utilizado en áreas que no suelen recibir mucha atención, y en las que realmente ha ayudado a aumentar la eficiencia. En ámbitos como la gestión de equipos y los recursos humanos, ha supuesto un punto de inflexión al reducir esos molestos contratiempos operativos. Además, también ha sido un éxito en los proyectos ecológicos, ya que ha ayudado a las fábricas a mantener sus emisiones de carbono bajo control y a reducir el consumo de sustancias nocivas que provienen de varios trabajos de fabricación.

1.5.1.1. Historia y Evolución de Six Sigma /teoría

En 1986, a Bill Smith se le ocurrió el Six Sigma mientras trabajaba en Motorola, y lo usó como una herramienta de estadísticas para que las cosas fueran más fluidas y reducir los errores. (Tannady et al., 2019; Yadav et al. 2019). Entre 1986 y 2001, la implementación de dicha metodología facultó a la entidad mercantil alcanzar ahorros cercanos a los 16 mil millones de dólares, lo que evidencia su efectividad en la mejora del desempeño operativo. Posteriormente, otras grandes empresas como General Electric, 3M y Honeywell adoptaron esta metodología y también informaron de notables ahorros al aplicarla en sus operaciones.

Con el paso del tiempo, Six Sigma se ha consolidado como una de las metodologías más reconocidas en el ámbito de la mejora de procesos, siendo adoptada por un amplio número de compañías pertenecientes a la lista Fortune 500. Entre sus principales beneficios figuran la mengua de disconformidades, la contracción de erogaciones y lapsos operativos, así como un acrecentamiento notable en el grado de complacencia del destinatario final. Desde los primeros años del siglo XXI, Six Sigma ha evolucionado para convertirse en una filosofía y estrategia gerencial que permite a las organizaciones alcanzar una mayor calidad a la vez que reducen los costos. Esta

metodología puede ser aplicada a diversos tipos de procesos con el propósito de discernir y erradicar las etiologías de las disconformidades de manera efectiva (Yadav et al., 2019).

Además, Malpartida et al. (2021) indica que el Six Sigma inicialmente fue concebido como un parámetro destinado a cuantificar disconformidades y perfeccionar los estándares de calidad. Con el decurso del tiempo, el Six Sigma transmutó en una metodología integral orientada a armonizar los procesos corporativos conforme a las exigencias del comitente. Durante la década de 1980, se inauguró la manufactura seriada de componentes electrónicos, acompañada por la irrupción en el mercado de mercancías niponas, caracterizadas por su elevada calidad y módico costo. Tal coyuntura impelió a las entidades industriales a elevar la excelsitud de sus productos.

1.5.1.2. Principios del Six Sigma

Mittal et al. (2023) afirma que el six sigma es una iniciativa a nivel de toda la organización que involucra a todos los empleados y niveles en el enfoque de mejora continua; busca reducir la variación y mejorar el desempeño del proceso para mantener la consistencia en la calidad de la salida; esto resulta en menos defectos, mayores ganancias, mejor calidad del producto y mayor satisfacción del cliente; permite identificar problemas, recolectar datos relevantes, identificar causas posibles y desarrollar soluciones mediante el uso del método DMAIC.

Por ende, Herrera et al. (2017) subraya que los postulados cardinales del Seis Sigma comprenden la centralidad del comitente, la cuantificación y escrutinio de los procesos, la perfección incesante y la conducción directiva con eficacia.

1.5.1.3. Herramientas del Six Sigma

Conforme con Herrera et al. (2017), entre los instrumentos más recurrentes se hallan prácticamente la totalidad de aquellos gestados bajo el enfoque de calidad total,

tales como los esquemas de perfeccionamiento continuo, la arquitectura de procesos, el examen de la varianza, la voz del comitente, el raciocinio inventivo, la configuración experimental, la administración procedimental y la fiscalización estadística de los procesos. Por ejemplo: capacidad de procesos, gráfico de Pareto, gráfico de control, mapa de valor, matriz de modo y efecto falla, ANOVA e indicadores de desempeño.

Adicionalmente, Bhargava y Gaur (2021) resaltan algunos instrumentos tales como el Diagrama de Ishikawa, también denominado diagrama causa-efecto, fueron empleados durante la etapa analítica con el propósito de dilucidar las potenciales fuentes de variabilidad inherentes al proceso; también, Control estadístico de procesos (SPC), Análisis de capacidad del proceso (PCA), MINITAB 18.0, índices de capacidad del proceso (PCIs).

En este contexto, una de las herramientas clave es el análisis de capacidad del proceso (Process Capability Analysis - PCA), que permite evaluar qué tan bien un proceso cumple con los límites de especificación definidos por el cliente. Esta evaluación se basa en indicadores como Cp y Cpk.

- Cp (Índice de capacidad del proceso) mide la capacidad potencial del proceso, considerando únicamente la dispersión (variabilidad) de los datos, sin tener en cuenta su centrado. Se calcula mediante la fórmula:

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

Donde:

USL = Límite superior de especificación

LSL = Límite inferior de especificación

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

σ = Desviación estándar del proceso

Un valor de $C_p \geq 1.33$ generalmente se considera aceptable, indicando que el proceso tiene una dispersión suficientemente pequeña como para cumplir con las especificaciones, siempre y cuando esté bien centrado.

- C_{pk} (Índice de capacidad real del proceso) examina la aptitud efectiva del proceso, tomando en cuenta tanto la dispersión como el desvío del valor medio en relación con los umbrales de especificación. Se calcula como:

$$C_{pk} = \min \left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right)$$

Donde:

μ = Media del proceso

σ = Desviación estándar

Este índice permite identificar si el proceso está centrado o no. Si C_p y C_{pk} son iguales, significa que el proceso está perfectamente centrado. Si C_{pk} es menor que C_p , hay desplazamiento del promedio hacia uno de los límites.

Además, para determinar los límites de desempeño se utilizan:

- Límite Inferior del Proceso (LIC) y Límite Superior del Proceso (LSC), que forman parte del control estadístico del proceso y se calculan en los gráficos de control para monitorear su estabilidad:

$$LSC = \mu + 3\sigma, LIC = \mu - 3\sigma$$

Estos indicadores resultan imprescindibles para la valoración del desempeño de un proceso antes y después de implementar mejoras, como las que se aplican con

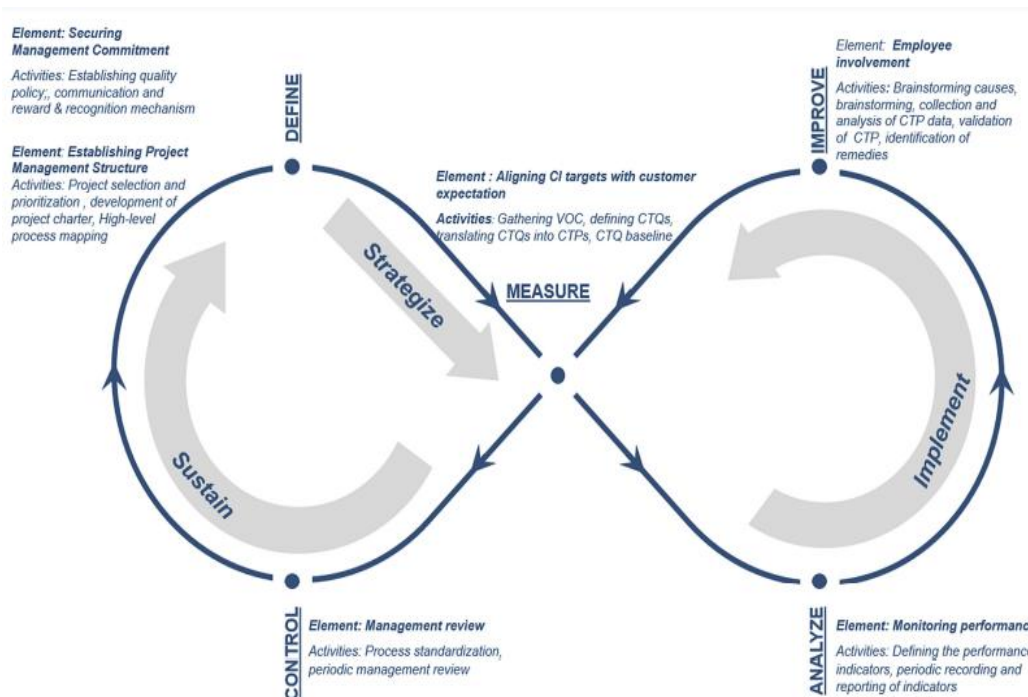
Implementación de six sigma para la reducción de productos defectuosos en la línea de producción de quesos frescos de lácteos Marín en la provincia de la Concepción, Junín, 2025

la metodología Six Sigma. Si los índices Cp y Cpk son bajos, indican alta variabilidad o un proceso descentrado, lo que puede dar lugar a un mayor porcentaje de productos defectuosos.

1.5.1.4. Metodología DMAIC de Six Sigma

La metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Six Sigma es una metodología cíclica utilizada para llevar a cabo proyectos de mejora de procesos orientados a resultados (Prashar, 2020). Así mismo, se emplea como un enfoque metódico y fundamentado en la evidencia empírica para el reconocimiento y resolución de problemáticas, corroborando las etiologías (Yadav et al., 2019). En la figura 2 se observa las fases del six sigma.

Figura 2
Marco de implementación de CI basado en DMAIC



Nota. Obtenido de Prashar (2020).

A. Definir (Define)

Consiste en definir claramente el problema, establecer objetivos cuantificables y

seleccionar el equipo de proyecto. Se identifican las variables críticas de calidad (VCC) necesarias para medir el éxito del proyecto (Prashar, 2020). En la Figura 3 se observa las etapas de definir. Esta etapa tiene los siguientes indicadores:

- KPIs de desempeño actual: Son las medidas cuantitativas que definen cómo está funcionando actualmente el proceso y que se usarán para establecer objetivos de mejora. Por ejemplo: tasa de defectos, costo de no calidad, velocidad de producción, utilización de máquinas, entre (Domínguez et al., 2019).

Además, Vargas (2021) menciona el siguiente indicador de desempeño: El porcentaje de producto no conforme (PNC).

$$\% \text{ de PNC} = \frac{\text{Total de requerimientos no conformes} \times 100}{\text{Total de requerimientos no conformes} + \text{total de requerimientos conformes}}$$

Y el indicador Rendimiento: Formula del First Throughput Yield.

$$FTY = \frac{\text{Producto conforme}}{\text{Producto conforme} + \text{PNC}} \times 100$$

- Línea base de los KPIs: Valores históricos de los KPIs que permiten establecer el desempeño actual del proceso antes de realizar cualquier mejora. Sirve como punto de comparación (Domínguez et al., 2019).

Figura 3
Etapas Definir



Nota. Obtenido de Chasipanta (2023)

B. Medir (Measure)

Prashar (2020) señala que esta fase busca establecer una línea base confiable del desempeño del proceso, utilizando datos reales medidos con precisión. Se identifican las variables críticas de calidad (VCC), se establecen las metodologías para la captación de datos y se determinan los parámetros estadísticos pertinentes que permitirán cuantificar el nivel de desempeño actual.

Entre los principales indicadores utilizados en esta etapa se encuentran:

- FTY (First Throughput Yield): Mide el rendimiento inicial, es decir, la proporción de productos conformes sin necesidad de reprocesos.
- PNC (Porcentaje de Producto No Conforme): Expresa la proporción de productos que no cumplen especificaciones.
- DPMO (Defectos por millón de oportunidades): Permite dimensionar la cantidad de fallos observados en relación a todas las oportunidades posibles de error.

Una vez obtenidos estos valores, se calcula el índice sigma (Z_{sigma} o Z_{bench}), que refleja la distancia entre la media del proceso y el límite de especificación más cercano en términos de desviaciones estándar. Este indicador se convierte en la base para estimar el nivel sigma del proceso y estimar la calidad general:

$$Z = \frac{\text{Límite más cercano} - \mu}{\sigma}$$

El calculo del DPMO se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$DPMO = \frac{D}{N \times O} \times 1000000$$

Donde:

D = Número de defectos = Cantidad de requerimientos no atendidos

N = Número total de requerimientos

O = Oportunidad de presentar defectos en el requerimiento

También se realiza el análisis de capacidad del proceso, que permite evaluar la capacidad del proceso para ajustarse a los umbrales de especificación establecidos del cliente. Esto se expresa mediante:

- Cp (Capacidad potencial): Cuantifica la proporción entre el intervalo de especificación y la variabilidad inherente al proceso.
- Cpk (Capacidad real): Considera el centrado del proceso respecto a los límites.

Ambos deben ser mayores a 1.33 para garantizar un desempeño aceptable. En algunos enfoques, se utiliza el CPI (Índice de desempeño del proceso) como sinónimo de Cpk o como promedio entre Cp y Cpk. Además, se puede relacionar Cp con el nivel sigma mediante la fórmula (Herrera et al., 2017).

$$3Cp = Zc (N^\circ \text{ de sigma})$$

Luego, se efectúa la evaluación de la aptitud del proceso, la cual posibilita determinar si dicho proceso posee la suficiencia operativa para satisfacer de manera sostenida las exigencias del comitente: Cp, Cpk, los gráficos de control obtenidos por los límites de control del proceso LIC y LSC.

Estos gráficos permiten detectar variaciones fuera de control, puntos atípicos o

tendencias que podrían anticipar defectos futuros. Para procesos por variables se recomienda el uso de gráficos \bar{X} y R, mientras que para procesos por atributos se pueden emplear gráficos p o np.

Finalmente, como complemento a los datos cuantitativos, se elabora un diagrama MICKE (Mapa de Interrelación Causa-Efecto), que permite representar gráficamente las causas principales que afectan la calidad del producto, clasificándolas según su impacto e interrelación. Esta herramienta es útil para priorizar las variables más críticas que deben ser intervenidas en las siguientes fases.

En conjunto, esta fase proporciona una comprensión detallada y estadísticamente fundamentada del comportamiento actual del proceso, permitiendo justificar la necesidad de mejoras, establecer objetivos claros y definir líneas base sobre las cuales evaluar el impacto de las soluciones propuestas.

C. Analizar (Analyze)

El propósito consiste en examinar los datos obtenidos con el fin de identificar la o las causas fundamentales que originan el problema. Se utilizan herramientas estadísticas como diagrama de causa-efecto (Prashar, 2020). Esta etapa tiene los siguientes indicadores:

- Análisis de causa-efecto (Diagrama de Ishikawa): Identifica las etiologías primarias plausibles de una problemática, clasificadas mediante categorías analíticas como método, mano de obra, materiales, equipo, entre otras (Poveda y Guardiola, 2019).

D. Mejorar (Improve)

Prashar (2020) sostiene que en esta fase se diseñan e instauran soluciones

orientadas a suprimir las etiologías fundamentales previamente determinadas. Se prueban los cambios propuestos. Esta etapa tiene los siguientes indicadores:

- Pruebas de hipótesis: Se utilizan para probar cambios realizados mediante análisis estadístico, como pruebas t de Student o F de Snedecor (Herrera et al., 2017).

E. Controlar (Control)

La idea es estandarizar y monitorear los procesos mejorados para asegurar que los beneficios se sustenten en el tiempo. Se definen planes de control y seguimiento de indicadores clave (Prashar, 2020). Esta etapa tiene los siguientes indicadores:

- Gráficos de control: Permiten monitorear el comportamiento de un proceso en el tiempo mediante límites de control, para identificar cambios no deseados (Herrera et al., 2017).

1.5.2. Reducción de Productos Defectuosos

En concordancia con Hama et al. (2022), la reducción de productos defectuosos es buscar disminuir la cantidad de productos que presentan defectos o fallas, con el objetivo de mejorar la eficiencia de la producción en general y beneficiar aspectos como la imagen de la marca y las futuras ventas.

También, Huarhua et al. (2019) enfatiza que el objetivo es atenuar la proporción de unidades que transgreden los estándares de calidad por la presencia de defectos o fallos, mediante el perfeccionamiento continuo de los procesos fabriles.

1.5.2.1. Calidad en la Producción

Conforme a Torres (2020), la calidad de producción es el grado en el que las

unidades fabricadas se ajustan a los parámetros y normativas previamente estipulados garantizando su funcionalidad, seguridad y satisfacción del cliente. Esta calidad se logra mediante la implementación de procesos eficientes, controlados y monitoreados, que atenúan disconformidades y fallos a lo largo del entramado productivo, implicando la escogencia idónea de los insumos, la precisión en la ejecución de tareas, el uso de tecnología adecuada, y la formación y supervisión efectiva del personal, todo ello orientado a producir bienes que cumplan consistentemente con los criterios de calidad esperados por el mercado y los consumidores.

Igualmente, Fontalvo et al. (2022) sostiene que es fundamental garantizar estándares elevados de excelencia en cada fase del proceso productivo y a lo largo de toda la cadena de valor corporativa, no únicamente con el propósito de procurar la satisfacción del comitente, sino también para preservar e incrementar los niveles de eficiencia, rentabilidad y capacidad competitiva de las entidades organizacionales.

A. Definición de Calidad

De acuerdo con Organización Internacional de Normalización (2015) enfatizan que la noción de calidad se configura como una manifestación inherente a la cultura organizacional que fomenta comportamientos, actitudes, actividades y procesos enfocados en proporcionar valor al cumplir las necesidades y expectativas de los clientes y otras partes interesadas. Se determina por la capacidad de satisfacer a los clientes y por el impacto tanto previsto como imprevistos concernientes a los actores involucrados, abarcando tanto su rol funcional como su rendimiento, el valor percibido y el beneficio aportado al cliente.

Sumado a ello, Fontalvo et al. (2022) asevera que la calidad son las características naturales de un artículo que facilitan su descripción y análisis en relación con otros de su

misma clase; asegura garantizar la calidad implica cumplir con los estándares necesarios para que un producto o servicio sea identificado como tal.

Por tanto, González y García (2022) la calidad de los alimentos hace referencia a aquellas propiedades y características de los alimentos que los hacen seguros, nutritivos, apetecibles e idóneos para colmar las exigencias y aspiraciones del consumidor; implica también la aplicación de sistemas de aseguramiento y control que garantizan la inocuidad.

Por añadidura, la calidad se evalúa mediante análisis bromatológicos que determinan el porcentaje de los componentes nutricionales mencionados (Guatusmal et al., 2020). En la figura 4 se observa los elementos para la calidad.

Figura 4
Elementos para la calidad



Nota. Obtenido de Jacinto (2020)

B. Importancia de la Calidad en la Producción de Lácteos

Arango (2024) sostiene que garantizar altos estándares de calidad resulta fundamental no solo para resguardar la integridad sanitaria de los consumidores, sino también para garantizar la perdurabilidad del sistema de la industria láctea. Los productores de leche deben enfocarse continuamente en brindar productos inocuos, nutritivos y con un sabor y textura óptimos. Uno de los factores cardinales que

condicionan la excelencia es el cumplimiento estricto de los protocolos de buenas prácticas ganaderas y de ordeño. El estado de salubridad y el bienestar zoonosanitario ejercen una incidencia directa sobre la calidad tanto composicional como microbiológica del fluido lácteo. Igualmente, importante es el mantenimiento adecuado de la infraestructura, equipos y utensilios utilizados en la recolección y almacenamiento inicial de la leche. Cualquier descuido en esta etapa puede introducir gérmenes y aumentar el recuento bacteriano, disminuyendo la calidad higiénica.

Junto a ello, Romo et al. (2022) la calidad de la leche es un factor fundamental en la industria láctea. La leche es un producto perecedero y su calidad puede verse afectada si no se siguen ciertos procedimientos para garantizar su inocuidad y características organolépticas. Mantener una alta calidad en la leche es crucial, puesto que ello posibilita atender la demanda de derivados lácteos inocuos y ajustados a criterios específicos de calidad. A su vez, una mejor calidad se relaciona con mayores ingresos para los productores al acceder a mercados más rentables. Por lo tanto, gestionar adecuadamente los procesos en las unidades productivas es un aspecto fundamental para la competitividad y sustentabilidad de la cadena láctea.

También, Contero et al. (2021) asevera que los Estados regulan la calidad de los alimentos, como la leche, para proteger la salud de los consumidores. Establecen parámetros de composición, inocuidad y propiedades nutricionales que se deben cumplir en toda la cadena productiva.

1.5.2.2. *Productos Defectuosos*

Hama et al. (2022) enfatiza que un producto defectuoso es aquel que tiene fallas que podrían poner en peligro a su usuario. También se considera defectuoso un componente o producto cuando no es compatible con los requisitos de calidad y la

especificación.

Además, Huarhua et al. (2019) resalta que son aquellos productos que no pasan las pruebas de calidad debido a fallos o defectos como grietas, fallas en la masa o otros problemas. Estos productos defectuosos son identificados durante las inspecciones y deben ser descartados.

A. Definición y tipos de Defectos en la Producción

De acuerdo con Huarhua et al. (2019), los defectos en la producción son aquellos productos que no cumplen estándares de calidad, presentan fallas identificadas en la inspección; se deben principalmente a demoras en los procesos y falta de control que generan productos incompletos o con errores.

Adicionalmente, Arango (2024) refiere que los tipos de defectos de la producción de productos lácteos son cambios de los caracteres organolépticos (olor, color y sabor), y puede haber contaminación microbiológica. En la tabla 2 y 3 se observa las tipologías de disconformidades presentes en la cadena fabril de yogurt, queso, mantequilla, crema entre otros.

Tabla 2

Defectos de los yogures

Defectos	Causas
Baja viscosidad	Bajo contenido de proteínas en la leche. Tratamiento térmico / homogeneización insuficiente. Agitación muy vigorosa Tratamiento mecánico muy fuerte en la línea de proceso, presión baja. Agitación a pH muy bajo (debajo de 4,2), Destrucción del coágulo durante la acidificación Cultivo.
Sinéresis (salida de suero)	Contenido de extracto seco y proteínas muy bajo. Contenido de grasa muy bajo. Tratamiento térmico/homogenización insuficiente. Temperaturas de incubación muy altas. Destrucción del coagulo durante la acidificación. Oxígeno en la leche. Valor de pH muy alto (arriba de 4,8).
Granulados	Precipitación de fosfato de calcio/desnaturalización de partículas de albumina. Temperatura de incubación muy alta. Fermento.
Sabor ácido	Tiempo de enfriamiento muy largo Temperatura de conservación muy alta. - Muy contaminado Fermento
Sabor amargo	Muy contaminado. Alto contenido de <i>L. bulgaricus</i> . Fermento.

Nota. Obtenido de Calderón y Guerra (2020)

Tabla 3

Defectos de algunos productos lácteos

Producto Lácteo	Defectos
Leche pasteurizada	Producción de ácido acético, proteólisis y lipólisis, sabores anómalos, floculación- coagulación almacenamiento.
Leche esterilizada	Sabor a rancio, inestabilidad de las caseínas “gelificación”, cambios organolépticos y nutricionales, pérdida de vitaminas debido a la temperatura y tiempo de calentamiento durante su esterilización.
Leche evaporada	Grado de blancura de la leche, sabor y olor fuertes, sabores de origen microbiano, sabores originados en reacciones químicas y enzimáticas, rancidez hidrolítica, olores y sabores extraños debidos a enfermedades, sabor salado, dulce, aumento de acidez
Leche condensada	Cambios organolépticos y abombamiento de las latas, textura arenosa, aumento de la viscosidad la lactosa
Leche en polvo	Sabor a rancio, color intenso, alta humedad
Helado	Mucho sabor a picante o amargo o poco sabor, sabor áspero o agrio, sabor no natural. aromas sintéticos, textura arenosa Cuerpo flojo, falta de sólidos de leche y <u>overrun</u>
Mantequilla	Sabores metálicos, debido a oxidación de las grasas, sabor a rancio, debido a la lipólisis o hidrólisis enzimática de la grasa de la leche, color intenso debido al elevado contenido de carotenoides, lipólisis; textura blanda debido a la temperatura de almacenamiento.
Crema	Sinéresis, tratamiento mecánico del gel, bajo contenido de sólidos, estabilizante inadecuado, cuerpos arenosos o granulado, viscosidad, gomosidad, contaminación microbiana, sabor oxidado, amargo, desagradable

Nota. Obtenido de Zamora (2020).

B. Impacto de los Defectos en la Satisfacción del Cliente

Aparicio et al. (2022) señala que los defectos en los productos terminados pueden impactar negativamente la satisfacción del cliente al reducir la calidad percibida. Defectos como magulladuras, textura anormal y coloración incorrecta disminuyen la experiencia del cliente, generan comentarios y reseñas negativas, provocan quejas y reclamos postventa, y dificultan el cumplimiento de estándares y especificaciones acordados con el cliente. Esta situación puede generar una sensación de frustración en el cliente al no obtener el resultado esperado, lo que podría derivar en fallos o inconvenientes operativos que impactan negativamente en la percepción de confiabilidad hacia la marca. A su vez,

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

estas deficiencias implican costos adicionales para la empresa, tales como devoluciones, servicios de reparación o la necesidad de ofrecer descuentos, lo que incide de forma directa en la calidad del valor proporcionado al comitente.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

2.1.1. Enfoque de Investigación

Esta investigación se orienta desde un enfoque cuantitativo, el cual, de acuerdo con Hernández et al. (2014), se basa en la recopilación de datos numéricos y su posterior análisis estadístico con el propósito de comprobar hipótesis y reconocer patrones en el comportamiento observado. Este tipo de enfoque se ajusta totalmente al estudio, ya que ofrece una forma sencilla y precisa de comprobar qué tan bien funciona el método Six Sigma para tratar las unidades que no cumplen con las normas al elaborar quesos frescos. Al contar cuántos errores ocurren antes y después de implementar la estrategia, obtenemos datos sólidos que nos ayudan a ver los efectos reales de lo que hicimos. Por lo tanto, el uso de estas herramientas estadísticas nos brinda pruebas sólidas de los resultados que obtuvimos, lo que hace que el estudio sea aún más legítimo.

2.1.2. Nivel de Investigación

La presente investigación se sitúa en un nivel explicativo, el cual, según lo indica Hernández et al. (2014) se trata de averiguar qué está causando las cosas que estamos viendo. En este caso, estamos intentando entender cómo el uso del método Six Sigma ayuda a reducir la cantidad de productos estropeados en el proceso de elaboración del queso fresco. Este tipo de estudio no solo trata de exponer lo que está sucediendo, sino que profundiza en las razones detrás de las conexiones entre los diferentes factores, lo que nos ayuda a comprender mejor las cosas que explican lo que vemos que sucede. Por lo tanto, nuestro objetivo es tener una visión más completa de cómo y por qué este enfoque realmente puede marcar una gran diferencia a la hora de mejorar la calidad de los procesos de producción.

2.1.3. Alcance de la Investigación

Esta investigación se enmarca en el enfoque aplicado, porque trata de dar una solución real a un problema determinado en un entorno de trabajo específico. Tal como señalan Hernández et al. (2014), este tipo de investigación consiste en tomar lo que sabemos en teoría y usarlo para hacer que las situaciones de la vida real sean mejores o totalmente diferentes. En esa misma línea, Carrasco (2006) sostiene que se trata de hacer que sucedan cosas del mundo real, utilizando lo que hemos aprendido de la investigación básica. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es implementar un modelo de mejora continua utilizando el modelo Six Sigma, para tratar de reducir la cantidad de quesos fallidos en la producción de queso fresco. Toda esta idea es como lanzarse directamente al mundo de la producción, intentando mejorar la eficiencia de las cosas y hacer que el producto final sea mucho mejor.

2.1.4. Diseño Metodológico

La forma en que se organiza este estudio tiene que ver con la experimentación y entra en la categoría de diseño preexperimental. Este tipo de configuración altera una variable independiente a propósito para ver cómo afecta a una variable dependiente, pero no tiene un grupo de control ni ninguna asignación aleatoria. Según Hernández et al. (2014), el diseño preexperimental faculta la administración de un estímulo o intervención a una sola cohorte experimental y posteriormente medir los resultados. En este caso, se interviene la línea de producción mediante la implementación del sistema Six Sigma, aplicando una medición antes (pretest) y después (postest) de la intervención para evaluar su impacto en la reducción de defectos. Este enfoque es adecuado cuando se busca obtener evidencia preliminar del efecto de una intervención sin las condiciones estrictas de los experimentos puros.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población está constituida por las líneas de producción de quesos frescos en Lácteos Marín. Según Hernández et al. (2014), la población constituye el total de unidades que satisfacen un conjunto de criterios previamente definidos. En este caso, se refiere a todas las líneas de producción de la empresa que están sujetas a la implementación de Six Sigma.

2.2.2. Muestra

La muestra está constituida por una línea de producción de quesos frescos, seleccionada mediante un muestreo por conveniencia. Este tipo de muestreo se adopta por su accesibilidad y viabilidad operativa dentro del contexto de la empresa.

La línea seleccionada se considera representativa de la población total de líneas de producción debido a que comparte características clave con las demás, tales como:

- El mismo tipo de producto elaborado (queso fresco),
- Procesos productivos equivalentes,
- Tecnología y maquinaria similares,
- Personal con niveles de capacitación equiparables,
- Métricas de desempeño que se alinean con los promedios globales de la planta.

Según Hernández et al. (2014), para que una muestra sea representativa no es necesario que sea aleatoria, sino que refleje las características esenciales de la población. En este sentido, la línea escogida permite generalizar los hallazgos de la implementación de Six Sigma a otras líneas de producción similares dentro de Lácteos Marín, aportando validez a la investigación.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

2.3.1. Técnicas e instrumentos

Técnicas

En esta investigación se emplean distintas técnicas destinadas a la recolección de datos, fundamentales para orientar el trabajo del investigador en cada fase del proceso, tal como lo indica Carrasco (2006). Una de las técnicas utilizadas es la observación directa, que se llevará a cabo durante visitas previamente programadas a la planta de producción, con el objetivo de identificar defectos y fallos en la elaboración de quesos frescos. Este método ayuda a obtener información precisa sobre cómo funcionan los dispositivos y qué tan bueno es el producto tal como está fabricado. Además, revisamos los documentos antiguos, como los registros de producción, los informes de incidentes y las devoluciones. Esta revisión documental es muy importante para establecer una base de referencia que permita ver cómo cambian las cosas tras la implementación del modelo Six Sigma.

Instrumentos

Según lo plantea Carrasco (2006) las herramientas de investigación son como los artilugios que utilizamos para anotar información sobre las cosas que queremos ver. Para este estudio sobre Lácteos Marín, utilizaremos algunas herramientas específicas que ayudan a recopilar y analizar información, trabajando junto con los métodos de observación directa y el análisis de documentos. Para la parte de observación directa, se cuenta con unas hojas especialmente diseñadas para anotar, de forma organizada y sistemática, cualquier fallo o problema con el equipo y el funcionamiento de las cosas durante los viajes a la planta. Estas hojas ayudan a ver bien el funcionamiento de las máquinas y la calidad del producto final justo en el momento de su fabricación. Están

diseñadas para garantizar que la información que obtenemos sea precisa, relevante y muy útil para determinar los resultados.

En el marco del procedimiento de acopio de información empírica, se utiliza listas de verificación que ayudan a tener la certeza de cada una de las partes importantes del proceso de producción. Estas listas abarcan los aspectos como la calidad del producto, el funcionamiento del equipo y si cumplimos las normas. El uso de estas listas mantiene la coherencia en nuestras evaluaciones y permite a detectar cualquier elemento que se ha podido pasar por alto durante las visitas. Además, para hacer copias de seguridad de lo visto, se toman fotografías y se hace uso de cámaras de vídeo para captar cualquier problema que encontremos en la cinta. Este material visual no solo enriquece el análisis posterior al ofrecer mayor detalle, sino que también resulta útil para comunicar con claridad los hallazgos a los responsables de cada etapa del proceso.

Por otro lado, el análisis documental se realiza mediante el uso de fichas de recolección de datos, que sirve para organizar y sistematizar la información extraída de los registros históricos de producción, incidencias y devoluciones en la empresa. Estas fichas permiten comparar la situación antes y después de la implementación de Six Sigma, ayudando a establecer una línea base para medir los efectos de esta metodología.

2.3.2. Métodos

2.3.3.1 Método para realizar diagnóstico del área de producción en la línea de quesos frescos en la empresa de lácteos Marín, en la provincia de la Concepción, Junín, 2025.

Para realizar el diagnóstico del área de producción, se emplean las siguientes teorías y herramientas:

a. Diagrama de Pareto:

Se emplea para reconocer y jerarquizar las problemáticas de mayor relevancia en el ámbito productivo. Según Juran (1992) el diagrama de Pareto ayuda a orientar las iniciativas de perfeccionamiento hacia las problemáticas de incidencia más significativa. Esta herramienta permite visualizar cuáles son los problemas que representan el 80% de los efectos negativos en el proceso.

b. Diagrama de Ishikawa:

Se emplea para discernir las etiologías fundamentales de las problemáticas identificados. Ishikawa y John (1985) describen a esta herramienta como muy importante para averiguar qué podría estar causando un problema, clasificada en categorías fáciles de manejar.

c. Mapa de Flujo de Valor:

Es muy útil ver cómo funciona todo el proceso de producción, detectar dónde se desperdician las cosas y dónde podemos mejorar. Rother y Shook (1999) explican que esta herramienta es muy importante para entender lo que está sucediendo con el proceso en este momento y para descubrir cómo mejorarlo en el futuro.

2.3.3.2 Método para evaluar cómo la implementación de Six Sigma contribuye a la reducción de defectos en la línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín, en la provincia de la Concepción, Junín, 2025.

Para diseñar la implementación de Six Sigma y determinar su influencia, se emplearán los siguientes pasos y herramientas:

a. Diagrama de Flujo: Muestra los diferentes pasos del proceso que estamos

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 analizando. En este estudio, lo usaremos para desglosar y comprender cada parte del lanzamiento de Six Sigma, destacando lo que está sucediendo, las decisiones que se están tomando y cómo se conecta todo

- b. Formato de Recolección de Datos de Producción: Este dispositivo te permite anotar cosas importantes sobre el funcionamiento del proceso, lo que hace que sea muy fácil controlar los defectos, los cambios realizados y el buen funcionamiento de las cosas (Desai et al., 2015).
- c. Control Estadístico de Procesos (SPC): Se usa para controlar cómo funcionan las cosas con algunas herramientas de estadísticas, para que puedas detectar cualquier problema y mantener el sistema funcionando sin problemas (Hakimi et al., 2018).

2.3.3.3 Metodología orientada a la cuantificación y análisis del retorno financiero generado a partir de la aplicación de una determinada intervención o estrategia de Six Sigma en la reducción de productos defectuosos en la línea de quesos frescos en la empresa de lácteos Marín, en la provincia de la Concepción, Junín, 2025.

Para descubrir las vibraciones financieras que puede generar el lanzamiento de Six Sigma al reducir el número de productos defectuosos, debes usar algunos dispositivos financieros específicos. Los grandes aciertos de este juego son el valor actual neto (VAN), la tasa interna de rentabilidad (TIR) y el análisis de sensibilidad, que te ayudan a calcular el dinero que podrías ganar si mejoraras la calidad de la fabricación de las cosas. Estos artilugios no solo te ayudan a ver cuánto dinero vas a recuperar con los cambios, sino que también te dan una idea sólida de si todo vale la pena desde el punto de vista del dinero. Por lo tanto, son muy importantes para tomar decisiones inteligentes sobre el uso del

modelo y demostrar que vale la pena en función de lo que esperas obtener de él (Virreira, 2020)

- a. Flujo de Caja: La previsión del flujo de caja permite adivinar todo el dinero que entra y sale a lo largo del cronograma del proyecto. Cubre el dinero inicial y lo que se espera que llegue más adelante, y hace un seguimiento de todos los movimientos de efectivo al final de cada período de tiempo, y reserva el primer período para ese efectivo inicial (Virreira, 2020).
- b. Costo de Oportunidad del Capital (COK): El COK es como el dinero que te estás perdiendo si no inviertes tu dinero en la mejor alternativa que existe. Es como un punto de referencia para ver si vale la pena hacer un proyecto en comparación con otras opciones sobre la mesa. La formula es:

$$COK = \frac{\text{Flujos de Efectivo}}{\text{Valor Presente}}$$

Donde los flujos de efectivo representan los ingresos netos generados por la inversión, y el valor presente es la cantidad inicialmente invertida (Virreira, 2020).

- c. Valor Actual Neto (VAN): El VAN refleja el valor presente de los beneficios futuros descontados menos la inversión inicial. Si el resultado es positivo, indica que el proyecto podría generar valor y resultar financieramente rentable (Virreira, 2020).

$$VAN = \sum \frac{\text{Flujos de Caja Netos}}{(1+r)^t} - \text{Inversión Inicial}$$

Donde r es la tasa de descuento y t es el tiempo.

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

- d. Tasa Interna de Retorno (TIR): La TIR es la tasa que iguala el valor presente de los flujos netos con la inversión inicial. Un proyecto se considera rentable si esta tasa supera el costo de oportunidad del capital asumido (Virreira, 2020).

La TIR se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$0 = \sum \frac{\text{Flujos de Caja Netos}}{(1+TIR)^t} - \text{Inversión Inicial}$$

Un proyecto es considerado viable si la TIR es superior al COK.

2.4. Procedimientos de recolección de datos

2.4.1. Procedimiento para realizar el diagnóstico del área de producción en la empresa de lácteos Marín, Junín, Concepción, 2024

Para la identificación y priorización de problemas: (REDACTAR EN PASADO)

- Diagrama de Pareto: Se recopilan datos sobre los defectos y problemas en la producción de quesos frescos. Estos datos se clasifican y se representan en un diagrama de Pareto para detectar las problemáticas de mayor relevancia que inciden negativamente en la conformidad cualitativa del producto. Ello posibilita orientar las iniciativas de optimación hacia las problemáticas cuya incidencia resulta más determinante.

Para el análisis de causas raíz:

- Diagrama de Ishikawa: Para cada defecto identificado, se utilizó el diagrama de Ishikawa para visualizar las posibles causas raíz. Se solicitó a un grupo de personas de diferentes campos que se unan a algunas reuniones de intercambio de ideas y terminen el gráfico, clasificando las causas en categorías como equipo, procesos, cosas, personas, el espacio físico y formas de medir las

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 cosas.

Para la visualización del proceso y la identificación de oportunidades de mejora:

- Mapa de Flujo de Valor: Se elaboraron cartografías minuciosas del flujo de valor correspondiente al proceso productivo de quesos frescos. Estos mapas mostraron cada paso del proceso, realizando un seguimiento de lo que entra y sale y detectó cualquier desperdicio. Es aquí donde se comprueba en qué aspectos se puede mejorar para crear una versión futura del proceso más fluida.

2.4.2. Procedimiento para evaluar cómo la implementación de Six Sigma contribuye a la reducción de defectos en la línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín, en la provincia de la Concepción, Junín, 2024.

Para la documentación y visualización del proceso

- Los diagramas de flujo se hicieron para mostrar cada paso de cómo se realizó el Six Sigma para hacer quesos frescos. Para prepararlos, se visualizó la planta y se conversó con los miembros del equipo de producción. Estos gráficos mostraban el orden de las tareas, las grandes decisiones, el flujo de trabajo y la forma en que las diferentes partes del proceso funcionan en conjunto. Esta herramienta permitió identificar posibles áreas de mejora y asegurar que cada paso se ejecutara correctamente. Además, se llevaron a cabo talleres con los operarios para validar los diagramas y realizar los ajustes necesarios según sus observaciones y experiencias.

Para realizar la recolección y análisis de datos

- Se elabora un formato específico para registrar información clave sobre el proceso de producción, como la frecuencia y el tipo de defectos, el desempeño

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

general del sistema y las mejoras que se vayan aplicando. Este formato lo administran los operadores, quienes lo usarán todos los días para anotar cualquier cosa extraña que noten y cómo van las cosas mientras comprueban las cosas. Reunirán datos durante cuatro semanas seguidas y toda la información se conectará a una gran base de datos. Después de eso, harán un desglose semanal para detectar cualquier patrón, tendencia o elemento que deba modificarse. El material que encuentran lo comentan y revisan en las reuniones semanales del equipo que trabaja para mejorar la calidad.

Para el monitoreo y control del proceso:

Control Estadístico de Procesos (SPC): Se usan algunas técnicas de estadísticas de enfriamiento para vigilar cómo preparamos los quesos frescos. Gracias a unos gráficos de control interesantes, podemos ver en tiempo real cómo cambian las cosas, lo que ayuda a detectar cualquier cosa extraña que ocurra y a tomar decisiones rápidas para mantener la producción estable y sabrosa. Se impartió a los operadores un curso intensivo sobre cómo leer estos gráficos y cómo reaccionar ante cualquier novedad. Estableceremos algunos límites de control y los controlaremos en todo momento. Cualquier variabilidad inusual será investigada inmediatamente, y se tomarán medidas correctivas para abordar las causas raíz de las desviaciones. Los gráficos de control se revisarán semanalmente en las reuniones de calidad para asegurar la continuidad del control del proceso.

2.4.3. Procedimiento para estimar y analizar el beneficio económico que se obtiene de la implementación de Six Sigma en la reducción de productos defectuosos en la línea de quesos frescos en la empresa de lácteos Marín, en la provincia de la Concepción, Junín, 2024.

- **Estimación del Ahorro en Costos:** Se cuantifica la economía generada a partir de la disminución en la incidencia de disconformidades. Esto incluye

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

menores costos por desperdicio, ahorro en materias primas, y disminución de los gastos operativos vinculados al retrabajo de unidades no conformes defectuosos.

- **Proyección de Incremento en Ingresos:** Se proyecta un aumento en los ingresos debido a una mayor cantidad de productos vendibles y una posible mejora en la percepción de calidad del producto, lo que podría permitir un incremento en los precios de venta.
- **Flujo de Caja Inicial:** Se desarrolla un flujo de caja inicial que incluye las inversiones necesarias para implementar las mejoras de Six Sigma, como la compra de nueva maquinaria, la instrucción del recurso humano y la instauración de novedosos mecanismos de aseguramiento de la calidad.
- **Proyección de Flujos de Caja Futuros:** Se anticipan los flujos financieros venideros teniendo en cuenta la reducción de defectos y los ahorros en costos. Estos flujos incluyen los ingresos incrementales proyectados y los ahorros operativos, distribuidos durante el transcurso del ciclo de vida del proyecto.
- **Determinación del COK:** Se calcula el coste de oportunidad del capital, tomando en cuenta la tasa de rentabilidad potencial que la entidad obtendría al destinar dichos recursos a una opción de inversión alternativa a la mejora de la producción. Este COK será la tarifa que usaremos para comprobar el proyecto.
- **Cálculo del Valor Actual Neto (VAN):** Se calcula el VAN utilizando el flujo de caja proyectado y el COK determinado. Un VAN positivo básicamente significa que el proyecto va a generar algo de dinero para la empresa.
- **Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR):** La TIR del proyecto se

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

calcula para ver qué tipo de rentabilidad estamos buscando. Si la TIR es más alta que la COK, entonces el proyecto es un éxito seguro.

2.5. Procedimiento de tratamiento y análisis de datos

El tratamiento y análisis de datos en la presente investigación se desarrolló en tres etapas estructuradas que permitieron transformar los datos brutos recolectados en información significativa para la evaluación de la efectividad del modelo Six Sigma.

2.5.1. Codificación y organización de datos

Inicialmente, se procedió con la sistematización de los datos obtenidos mediante los instrumentos aplicados, tales como las fichas de recolección de pesos unitarios, listas de verificación y registros operativos. Estos datos fueron organizados cronológicamente en una base de datos estructurada en hojas de cálculo, lo que permitió identificar la distribución de los pesos por lote y la frecuencia de defectos detectados antes y después de la intervención. Cada unidad fue codificada con base en su condición de conformidad (dentro o fuera del rango de especificación: 970 g – 990 g).

2.5.2. Tratamiento estadístico

Posteriormente, se aplicaron herramientas estadísticas descriptivas e inferenciales para cuantificar la variabilidad del proceso y medir el impacto de las mejoras implementadas. Las técnicas incluyeron:

- **Análisis de tendencia central y dispersión**, empleando medidas como media, mediana, moda y desviación estándar.
- **Cálculo del DPMO (Defectos por Millón de Oportunidades)** para evaluar la proporción de defectos en relación con las unidades producidas.

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

- **Índice Z y Nivel Sigma**, con el fin de medir la capacidad del proceso antes y después de la intervención.
- **Gráficos de control estadístico (\bar{X} y R)** para monitorear la estabilidad del proceso.
- **Análisis de Pareto**, utilizado para priorizar defectos críticos.
- **Análisis de capacidad del proceso (Cp y Cpk)** para determinar el grado en que el proceso satisface los límites de especificación establecidos.

El software utilizado para el procesamiento estadístico fue Microsoft Excel con funciones integradas.

2.5.3. Interpretación y validación

Finalmente, se llevó a cabo una interpretación analítica de los resultados obtenidos, comparando los indicadores clave de desempeño antes y después de la aplicación del ciclo DMAIC. Se validaron las hipótesis mediante la observación de mejoras cuantificables en los niveles Sigma y en la tasa de productos conformes. Asimismo, se triangularon los resultados con el análisis económico del proyecto, reforzando la evidencia empírica sobre la eficacia de la metodología Six Sigma en la línea de producción intervenida.

Este procedimiento permitió asegurar la trazabilidad de los datos, la confiabilidad del análisis y la congruencia entre los objetivos planteados y los resultados alcanzados, consolidando el rigor metodológico del estudio.

2.6. Aspectos éticos

En el desarrollo de esta investigación se mantuvieron pautas éticas importantes que guiaron cada parte del proceso. Se procuró respaldar todas las fuentes consultadas, lo que refleja respeto por el trabajo de otros autores y legitimidad en el uso del material, como libros, artículos y tesis. El investigador asumió una actitud responsable y honesta, mostrando profesionalismo tanto en la redacción como en el cumplimiento de las normas del estilo APA.

La información proporcionada por la empresa fue autorizada previamente por el director general, permitiendo su uso exclusivamente con fines de investigación. Esta información se mantuvo privada y precisa, asegurando que el análisis y los resultados se basaran en datos reales, sin alterar su significado ni contexto. El estudio fue elaborado con cuidado, claridad y originalidad, evitando el uso indebido de contenido de terceros.

Todos los datos utilizados, ya fueran obtenidos mediante encuestas, observaciones o registros estadísticos, fueron legítimamente recopilados durante el proceso de investigación. Finalmente, los resultados obtenidos se utilizaron de manera responsable, con el propósito de contribuir a la mejora de la línea de producción de queso fresco en Lácteos Marín, sin generar perjuicios para la empresa ni afectar sus operaciones.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Resultados

3.1.1. Diagnóstico del área de producción

El diagnóstico analizó lo que sucede con la línea de producción de queso fresco de Lácticos Marín en La Concepción, Junín, para poder averiguar qué es lo que está estropeando los productos. Principalmente, queríamos detectar los principales problemas que afectaban a la calidad del producto, para poder sugerir algunas soluciones que mejoraran el funcionamiento del producto y mejoraran el producto final. Para ello, reunimos información clave que ayudó a ver cómo funciona el proceso de producción en sus diferentes etapas.

Durante el proceso de análisis, revisamos los registros de producción del último período y anotamos las etapas del viaje del artefacto, desde el momento en que obtuvimos el material original hasta el modo en que lo almacenamos y lo compartimos más tarde. Analizamos detenidamente los tiempos de operación, las prácticas de control que utilizábamos y la forma en que se hacían las cosas sobre el terreno, lo que contribuyó a tener una idea sólida del funcionamiento de la planta. Esta revisión fue muy importante para detectar tanto los puntos difíciles como las rutinas que necesitaban algunas soluciones rápidas.

Entre las principales conclusiones, había muchos problemas relacionados con las prácticas descuidadas al remover y cortar el queso, además de temperaturas demasiado altas durante la pasteurización y problemas para mantener limpio el espacio de trabajo. También encontraron un lote que tenía un nivel sérico altísimo, debido a unos tiempos de amasado y prensado tan lentos que no bastaban. Estos pequeños contratiempos mostraron algunos defectos graves que alteraron totalmente la calidad del producto final y la

aparición que tenían los clientes.

Por otro lado, analizamos los principales factores que afectan a la calidad del servicio y la eficiencia logística, como las devoluciones de entregas incorrectas, la falta de existencias, los productos rotos y los errores de papeleo. Reunimos esta información en un diagrama de Pareto, que dejó muy claro que más del 65% de los problemas provenían de solo tres problemas comunes, permitiendo determinar los principales puntos problemáticos. Esta forma visual de ver las cosas facilitó la elaboración de un plan de acción más inteligente e informado.

El análisis mostró que el proceso actual tenía buenas posibilidades de mejora. Sugirieron que necesitábamos implementar algunos procedimientos estándar, vigilar aspectos importantes como la temperatura y la acidez, y asegurarnos de que el equipo reciba la formación adecuada para reducir los defectos y mejorar el rendimiento general. Estas medidas no solo tenían por objeto corregir errores específicos, sino también crear una cultura de excelencia en el lugar, centrándose en ser proactivos y sostenibles a largo plazo.

Aunque no teníamos toda la información económica básica, aún podíamos detectar algunas categorías de costos relacionadas con los defectos que encontramos, como la reelaboración de productos, el desperdicio de materias primas y las devoluciones de clientes insatisfechos. Estos puntos proporcionaron un punto de partida sólido para comprobar la sensibilidad monetaria más adelante, lo que ayudó a determinar el verdadero impacto financiero de los problemas que encontramos. Toda esta evaluación permite sin duda a tomar mejores decisiones a la hora de invertir en mejoras en nuestra forma de operar.

En general, el diagnóstico básicamente sentó las bases para descubrir cómo el

método Six Sigma podría ayudar a reducir los errores en el proceso de producción. Su contenido se alineó totalmente con el objetivo de la investigación, y dio una prueba sólida del punto de partida y de los obstáculos a los que tuvo que enfrentarse la planta en relación con la calidad, la eficiencia y el buen funcionamiento de las cosas.

3.1.1.1. Tiempos de producción

La tabla muestra los horarios habituales para elaborar esos productos lácteos en la lechería de Marín, basados en la producción de 75 litros de leche al día. Abarca todo, desde llenar la tina hasta que el producto esté listo para salir a la venta. Además de las estimaciones de tiempo, añadimos algunas notas extraídas de nuestro trabajo de campo, en las que detectamos prácticas que son muy importantes para mantener el proceso correcto, además de algunos contratiempos que siguen apareciendo y que podrían afectar a la calidad del producto. Estas notas ayudan a descubrir la causa de los errores y dan algunas ideas sólidas para mejorar las cosas. La información que recibimos de la planta no solo contribuye a los procedimientos habituales, sino que también ayuda a alinear la teoría con lo que realmente ocurre en el día a día, lo cual es clave para tener una idea completa de cómo se está ejecutando realmente el proceso.

Tabla 4

Tiempos de producción

Etapa del Proceso	Tiempo	Observaciones Relevantes
Llenado de la tina	10 min	Sin incidencias reportadas
Pasteurización	20 min	Exceso de temperatura registrado (71 °C), genera queso débil y gelatinoso
Reposo	30 min	Tiempo adecuado para estabilización
Disminución de temperatura	10 min	Crucial para evitar fermentación prematura
Coagulación	50 min	Tiempo estándar, depende del tipo de leche

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

Corte y reposo	5 min	Corte deficiente identificado como causa de masa inadecuada
1ra agitación	10 min	Agitación insuficiente ha afectado la homogeneidad
Desuerado (1ra vez)	8 min	Tiempo subestimado, genera exceso de suero
2da agitación	10 min	Debe ser homogénea para evitar retención de suero
Desuerado (2da vez)	8 min	Tiempo crítico para evitar defectos por humedad
Saldo	10 min	Sin incidencias
Moldeado	10 min	Puede verse afectado por baja acidez y temperatura
Volteado	8 min	Etapla cumplida sin mayores observaciones
Prensado	8–10 horas	Largo tiempo de operación; ineficiencia si no se controla adecuadamente
Desmoldeado y empackado	30 min	Defectos observados por mala higiene y falta de desinfección
Almacenamiento y distribución	-	Incluye condiciones ambientales que pueden provocar hongos

Interpretación: Al observar los tiempos registrados y las notas tomadas en el campo, podemos detectar partes del proceso que son un poco débiles y propensas a equivocarse. Por ejemplo, durante la fase de pasteurización, la temperatura se desborda, alterando la textura del queso y dando lugar a unos resultados bastante inconsistentes. El tiempo empleado en secar y mezclar tampoco es constante, lo que termina por retener demasiada humedad y suero en el producto final, lo que perjudica su calidad. También observamos algunos hábitos de higiene que no son tan buenos durante las etapas de desmoldeo y envasado, lo que pone en peligro la seguridad del producto y aumenta la posibilidad de que se contamine. Estos problemas muestran que realmente necesitamos mejorar nuestro juego con mejores controles y rutinas más coherentes para garantizar que obtenemos un producto final fiable. Esta información permite identificar los puntos débiles del proceso en los que podríamos utilizar controles más estrictos o introducir métodos como Six Sigma para aumentar considerablemente la eficiencia y la calidad de

lo que publicamos.

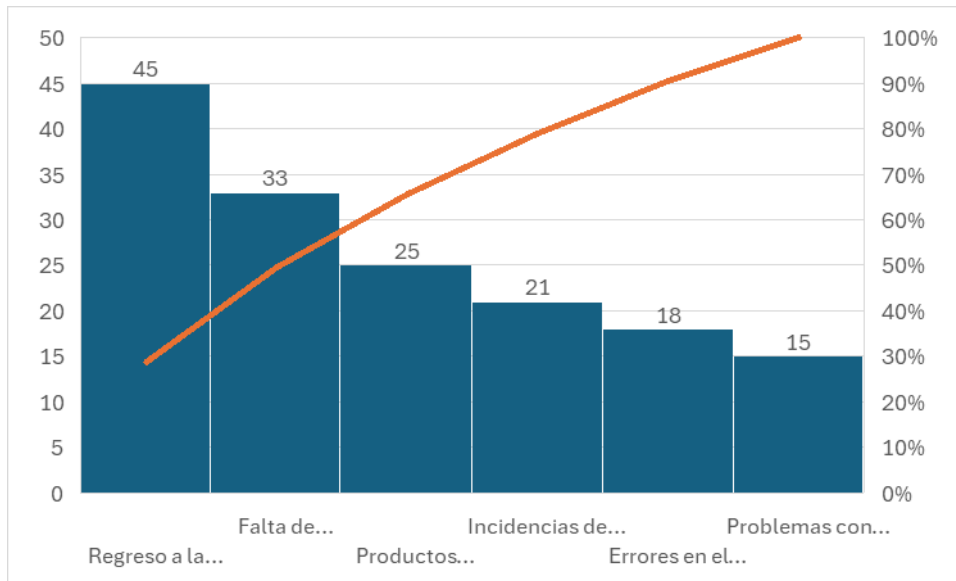
3.1.1.2. Diagrama de Pareto de defectos

A fin de discernir y jerarquizar las causales cardinales de contingencias que menoscaban la operatividad y la excelencia en el circuito manufacturero de quesos frescos, se elaboró un diagrama de Pareto utilizando los registros de la empresa de febrero a abril de 2025. Esta herramienta permite visualizar de forma clara cuáles son los problemas más frecuentes, facilitando la asunción resolutiva encaminada al perfeccionamiento incesante y al enfoque en las causas más significativas bajo el principio del 80/20.

Tabla 5
Incidencias

Tipo de Incidencia	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)	Porcentaje Acumulado (%)
Regreso a la entrega	45	28.66	28.66
Falta de productos en inventario	33	21.02	49.68
Productos dañados	25	15.92	65.61
Incidencias de transporte	21	13.38	78.99
Errores en el pedido	18	11.46	90.45
Problemas con la documentación	15	9.55	100
Total	157	100	-

Figura 5
Diagrama de Pareto



Interpretación: El análisis de las incidencias reportadas entre febrero y abril de 2025 revela que tres categorías concentran más del 65% del total de los problemas registrados: los regresos a la entrega (28.66%), la falta de productos en inventario (21.02%) y los productos dañados (15.92%). El gráfico de Pareto permitió visualizar con claridad cómo un conjunto reducido de causas concentra la mayor parte de los efectos negativos dentro de la cadena operativa, lo que coincide con el principio 80/20. Este patrón sugiere que al enfocar los esfuerzos de mejora en tres áreas específicas, la empresa tendría la posibilidad de disminuir de manera considerable el número de incidencias, lo que se traduciría en procesos más eficientes y en una mejor percepción del cliente respecto a la calidad del producto y del servicio recibido. La interpretación de estos datos refuerza la importancia de adoptar herramientas enfocadas en la mejora continua, como Six Sigma, puesto que proveen una perspectiva sistematizada para acometer medularmente las disfunciones más relevantes detectados en la operación. Esta estrategia no solo facilitaría soluciones sostenibles, sino que también generaría beneficios concretos tanto a nivel interno como en la experiencia del consumidor.

3.1.1.3. *Análisis de defectos de producción*

La fiscalización de la excelencia en la confección de lácteos tiernos demanda una veeduría incesante de aspectos técnicos, sanitarios y operativos que influyen directamente en el resultado final. A partir de la información que encontramos en la planta, detectamos un montón de problemas que afectaban totalmente a la calidad del producto. Estos problemas se debían, por ejemplo, a fallos en los equipos y a problemas de higiene, manipulación y control de aspectos importantes del proceso. Cuando comprobamos las cosas en diferentes puntos de la producción, pudimos analizar realmente cómo algunas situaciones específicas conducen a productos que no cumplen con los estándares. Determinar cómo se relaciona el proceso con los resultados es muy importante para lograr mejoras sólidas que, con el estilo de Six Sigma, puedan ayudar a reducir los errores y a mantener la calidad bajo control a lo largo del tiempo.

Tabla 6
Análisis de defectos

Etapa del Proceso	Defecto Identificado	Causa Probable
Pasteurización	Producto gelatinoso y débil	Exceso de temperatura (71 °C)
Corte y agitación de cuajada	Masa inadecuada para prensado	Corte deficiente y agitación insuficiente
Desuerado y prensado	Exceso de suero en el producto final	Tiempos mal controlados, prensado incompleto, agitación desbalanceada
Calidad de la leche	Acidez inadecuada, posible presencia de mastitis o leche adulterada	Falta de análisis inicial de acidez y sanidad de la leche
Moldeado y prensado	Textura deficiente, exceso de acidez y humedad	Baja concentración de sal, cuajada muy ácida o mal enfriada
Higiene del entorno de producción	Grietas internas y hongos en la superficie del queso	Mala higiene en utensilios, contaminación ambiental (presencia de polvos blancos)
Empacado	Riesgo de contaminación cruzada y conservación deficiente	Inadecuada desinfección y manipulación incorrecta

Interpretación: El desglose de los problemas ayudó a detectar algunos errores importantes en la forma en que controlamos el material tecnológico y mantenemos las cosas limpias en el área de producción. Resulta que cuando la temperatura de pasteurización es demasiado alta, se altera la textura del queso y, si el corte no se hace correctamente o la masa coagulada se vuelve demasiado salvaje, se arruina totalmente el producto final. También descubrimos que no hacíamos las cosas en el momento adecuado durante el secado y el prensado, lo que provocaba problemas de humedad que afectaban tanto a la duración del queso como a su aspecto. Otro problema importante era que no comprobábamos la calidad de la leche cruda con regularidad, lo que corría el riesgo de perder acidez o la presencia de gérmenes no deseados, lo que alteraba la calidad desde el principio. Por último, observamos algunas lagunas reales en la rutina de limpieza y desinfección, que provocaban defectos visibles y aumentaban el riesgo de aparición de bacterias. Esta información refuerza la necesidad de establecer controles más estrictos en puntos críticos del proceso y valida la pertinencia de aplicar un enfoque metodológico estructurado como Six Sigma.

3.1.1.4. Puntos Críticos de Control (PCC)

En el marco de la manufactura alimentaria, los Puntos Críticos de Control (PCC) son aquellas etapas del proceso donde el monitoreo y control son indispensables para prevenir, eliminar o reducir a niveles aceptables los riesgos de defectos o contaminación. A partir del análisis técnico realizado sobre el proceso de producción de quesos frescos en Lácteos Marín, se identificaron los PCC con base en la frecuencia de fallos, su impacto acerca de la excelencia del manufacto y la eventualidad de intervención.

Tabla 7
Puntos Críticos de control

Etapa del Proceso	Punto Crítico de Control	Riesgo Asociado	Acción Correctiva Recomendada
Pasteurización	Control preciso de temperatura	Producto débil, textura gelatinosa	Verificación y calibración regular del equipo de pasteurización
Corte y agitación de cuajada	Calidad del corte y uniformidad de agitación	Masa inconsistente, prensado deficiente	Estándares de procedimiento y capacitación del operario
Desuerado y prensado	Tiempos y secuencia correcta	Exceso de suero, defectos por humedad	Cronometrado estricto y estandarización del tiempo por lote
Recepción de leche cruda	Análisis de acidez, mastitis y adulteración	Producto inestable, contaminado	Implementación sistemática de pruebas de calidad de leche
Moldeado y prensado	Temperatura y acidez en la cuajada	Defectos de textura y cuerpo	Monitoreo fisicoquímico continuo
Higiene y ambiente de trabajo	Limpieza de utensilios, control ambiental	Grietas internas, hongos, contaminación superficial	Protocolos de desinfección y control de polvos en ambiente
Empacado	Manipulación y condiciones del envase	Contaminación cruzada, pérdida de vida útil	Buenas prácticas de manufactura (BPM)

Interpretación: La identificación de estos puntos críticos de control permite establecer un enfoque sistemático de mejora, donde cada etapa prioritaria debe contar con controles estandarizados, indicadores de desempeño y protocolos de verificación. El discernimiento de tales nodos críticos de fiscalización devino componente axial para la implementación de la metodología Six Sigma, esto fue muy útil para intervenir justo donde surgen los problemas a la hora de hacer quesos frescos. Al abordar los problemas fundamentales que dificultan la consistencia y la calidad del queso, realmente abrieron la puerta a reforzar todo el proceso. Este plan de juego ayudó a Lácticos Marín a avanzar realmente hacia una mejor producción, con operaciones más fluidas y con el sólido objetivo de mantener una alta calidad en todo momento.

3.1.1.5. *Diagnóstico inicial del proceso de producción de quesos frescos*

Para tener un buen conocimiento de la tecnología antes de sumergirnos en Six Sigma, comprobamos cómo iba el trabajo de elaboración de queso fresco en Lácticos Marín. Nos centramos en una cosa importante: el peso del queso, que es muy importante, ya que afecta totalmente a la calidad y al cumplimiento de las normas. Consideramos la cantidad de queso que producen cada semana, los límites de peso establecidos por la empresa y un montón de muestras reales, lo que permitió a ver si el proceso cumplía con las normas. Este primer vistazo hizo que fuera mucho más fácil detectar cualquier problema y proporcionó información sólida que ayudó a planificar los ajustes futuros. Los hallazgos obtenidos a partir de este análisis se detallan a continuación.

Tabla 8
Producción semanal de quesos frescos

Día	Litros procesados	Unidades producidas
Lunes	75	10
Martes	75	10
Miércoles	0	0
Jueves	0	0
Viernes	150	20
Sábado	75	10
Domingo	75	10
Total	450 L	60 unidades

Interpretación: La producción semanal se mantiene constante en cinco días operativos, con un volumen diario de 10 unidades en promedio y hasta 20 los viernes. Esta distribución permite cubrir una producción de 60 unidades semanales. La ausencia de producción en miércoles y jueves podría influir en la acumulación de procesos o presión operativa hacia los fines de semana, afectando potencialmente la calidad y el desempeño del personal.

Tabla 9
Especificaciones del producto (peso del queso)

Parámetro	Valor
Peso nominal (objetivo)	990 g
Límite inferior de especificación	970 g
Límite superior de especificación	990 g
Rango de tolerancia	20 g

Interpretación: El producto debe cumplir con un peso que no exceda los 990 g y no sea inferior a 970 g. Llama la atención que el peso nominal coincida con el límite superior, lo que genera una condición restrictiva de cumplimiento. Esto podría derivar en un mayor porcentaje de rechazos si no se cuenta con un proceso altamente centrado y con baja variabilidad.

Tabla 10
Análisis de pesos unitarios observados (muestra de abril)

Métrica	Valor
Muestra total	157 unidades
Rango de pesos observado	920 g – 990 g
Peso promedio observado	979.9 g
Desviación estándar (estimada)	11.95 g
Unidades fuera de especificación	10 unidades
Tasa de defectos observada	6.37%

Interpretación: Los pesos observados se concentran alrededor de un promedio de 979.9 g, lo cual representa una tendencia hacia el límite inferior. Esta situación, combinada con una desviación estándar cercana a 12 g, indica un proceso con alto grado de variabilidad. La tasa de defectos obtenida (6.37%) es elevada en comparación con los estándares de Six Sigma, lo que evidencia una necesidad clara de intervención metodológica.

3.1.2. Implementación del Six Sigma

La etapa de Definir busca establecer con claridad el problema central del proceso, las expectativas del cliente (interno o externo), y los objetivos de mejora. Es el punto de partida que justifica técnicamente el uso de Six Sigma.

3.1.2.1. Fase 1: Definir

3.1.2.1.1. Descripción del problema

Actualmente, el proceso de producción de quesos frescos en Lácteos Marín presenta una variabilidad significativa en el peso unitario del producto terminado, con un porcentaje de productos fuera de especificación del 6.37%, lo que supera ampliamente el estándar aceptado bajo criterios de calidad Six Sigma.

Este comportamiento compromete:

- La satisfacción del cliente por falta de uniformidad.
- La eficiencia operativa, debido al incremento de retrabajos y desperdicios.
- La rentabilidad, al generar pérdidas por producto defectuoso.

3.1.2.1.2. Cliente y requisitos críticos de calidad (CTQs)

Tabla 11

Cliente y requisitos críticos de calidad

Cliente	Necesidad (Voz del Cliente)	CTQ asociado
Cliente externo	Recibir quesos uniformes y dentro del peso esperado	Peso entre 970 g y 990 g
Área de calidad	Disminuir defectos y evitar devoluciones o mermas	% de defectos < 1%
Gerencia	Optimizar la eficiencia y costos del proceso	Variabilidad mínima (σ reducida)

3.1.2.1.3. Objetivo del proyecto Six Sigma

Reducir la tasa de productos defectuosos (por peso fuera de especificación) de 6.37% a menos del 1%, manteniendo el peso del queso dentro del rango de 970 g a 990 g, en un plazo de implementación de tres meses, aplicando el ciclo DMAIC de Six Sigma.

Tabla 12

SIPOC del proceso de producción de quesos frescos

Proveedor (S)	Entradas (I)	Proceso (P)	Salidas (O)	Cliente (C)
Ganadero local	Leche cruda	Recepción, pasteurización, corte, prensado, moldeado, empaque	Quesos frescos terminados	Consumidores, distribuidores
Almacén	Sal, cultivos lácticos, envases			

3.1.2.1.4. Enunciado del problema

En el mes de abril de 2025, se observó una variación considerable en el peso unitario de los quesos frescos producidos en Lácteos Marín. De una muestra de 157 unidades, 10 se encontraron fuera de los límites de especificación establecidos (970 g – 990 g), representando un 6.37% de defectos. Esta variabilidad menoscaba la excelencia del manufacto y la complacencia del destinatario y genera pérdidas económicas, por lo que se requiere una intervención metodológica basada en Six Sigma.

3.1.2.2. Fase 2: Medir

La etapa Medir persigue como fin la apreciación cuantitativa del rendimiento vigente del decurso procedimental y determinar la capacidad real que tiene para cumplir con los requerimientos de calidad definidos. Esta medición se basa en datos confiables obtenidos durante la fase de diagnóstico.

Variable crítica del proceso (Y)

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

- Variable medida: Peso unitario del queso fresco
- Tipo de dato: Cuantitativo continuo
- Unidad de medida: gramos (g)

Con el fin de determinar si el proceso actual de pesaje en la línea de producción de quesos frescos se encuentra bajo control estadístico, fueron estimados los umbrales de fiscalización mediante la aplicación del paradigma gráfico de control estadístico para variables continuas, específicamente para el promedio de los pesos unitarios. Este análisis no depende de las especificaciones del cliente, sino del comportamiento natural del proceso (su variabilidad interna).

1. Límites de control

Los límites se estiman con base en la media muestral (\bar{X}) y la desviación estándar (σ) de la muestra, utilizando la fórmula clásica para límites de 3 sigmas:

$$LIC = \bar{X} - 3\sigma$$

$$LUC = \bar{X} + 3\sigma$$

Donde:

- Media:

$$\bar{X} = \frac{\sum xi}{n} = \frac{154859}{157}$$

$$\bar{X} = 979.87 \text{ g}$$

- Desviación estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{X})^2}{n - 1}} = 11.95 \text{ g}$$

Tabla 13

Límites de Control del Proceso de Pesaje

Límite	Fórmula aplicada	Valor obtenido
Límite Inferior de Control (LIC)	$X^- - 3\sigma = 979.87 - 35.85$	944.00 g
Límite Superior de Control (LSC)	$X^- + 3\sigma = 979.87 + 35.85$	1015.73 g

El proceso presenta un amplio rango de control estadístico, entre 944.00 g y 1015.73 g, dentro del cual se espera que fluctúen los valores del peso siempre que no haya causas especiales. Aunque esto indica que el proceso no presenta señales de inestabilidad (no hay valores que se salgan de estos límites), sí confirma que existe alta variabilidad, ya que el rango natural del proceso excede por completo las especificaciones del cliente (970 g – 990 g). Por tanto, el decurso procedimental se halla sometido a fiscalización estadística, más adolece de suficiencia para observar de manera sostenida los preceptos de excelencia.

2. DPMO – Defectos por millón de oportunidades

$$DPMO = \left(\frac{n^\circ \text{ defectos}}{n^\circ \text{ unidades} * n^\circ \text{ oportunidades}} \right) * 1,000,000$$

$$DPMO = \left(\frac{10}{157 * 1} \right) * 1000000 = 63,694$$

Si se sigue produciendo con las mismas condiciones actuales, por cada millón de quesos elaborados, 63,694 no cumplirían con el requisito de peso (es decir, estarían por debajo de 970 g o por encima de 990 g).

3. Índice Z

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

$$Z(USL) = \left(\frac{USL - X}{s} \right) = \left(\frac{990 - 979.87}{11.95} \right) = 0.85$$

$$Z(LSL) = \left(\frac{X - LSL}{s} \right) = \left(\frac{979.87 - 970}{11.95} \right) = 0.83$$

Tomando el mínimo: $Z = 0.83$

Esto significa que la media del peso de los quesos está a solo 0.83 desviaciones estándar del límite inferior permitido (970 g). Por lo tanto es muy probable que con pequeñas variaciones se generen defectos.

3.1.2.2.1. Nivel Sigma equivalente

$$\text{Nivel sigma} \approx Z_{\min} + 1.5 = 0.83 + 1.5 = 2.33 \approx 2.9$$

Un proceso con nivel sigma de 2.9 presenta una tasa de defectos del orden de 6.37%, muy por encima del estándar esperado en entornos industriales eficientes. Esto refuerza la urgencia de aplicar las mejoras propuestas.

3.1.2.3. Fase 3: Analizar

La fase Analizar procura discernir las etiologías primigenias de la fluctuación constatada en el decurso procedimental y de los productos fuera de especificación. Esta etapa permite comprender por qué el proceso, aunque estadísticamente estable, no cumple con los requisitos de calidad definidos.

3.1.2.3.1. Desviación vs. especificación

Ya se estableció que el proceso presenta una desviación estándar de 11.95 g, lo que genera un rango natural de variación de ± 35.85 g, muy superior al rango tolerado por las especificaciones del cliente (± 10 g). Esto indica un desajuste estructural entre el proceso y la calidad esperada.

3.1.2.3.2. Análisis gráfico del desempeño del proceso

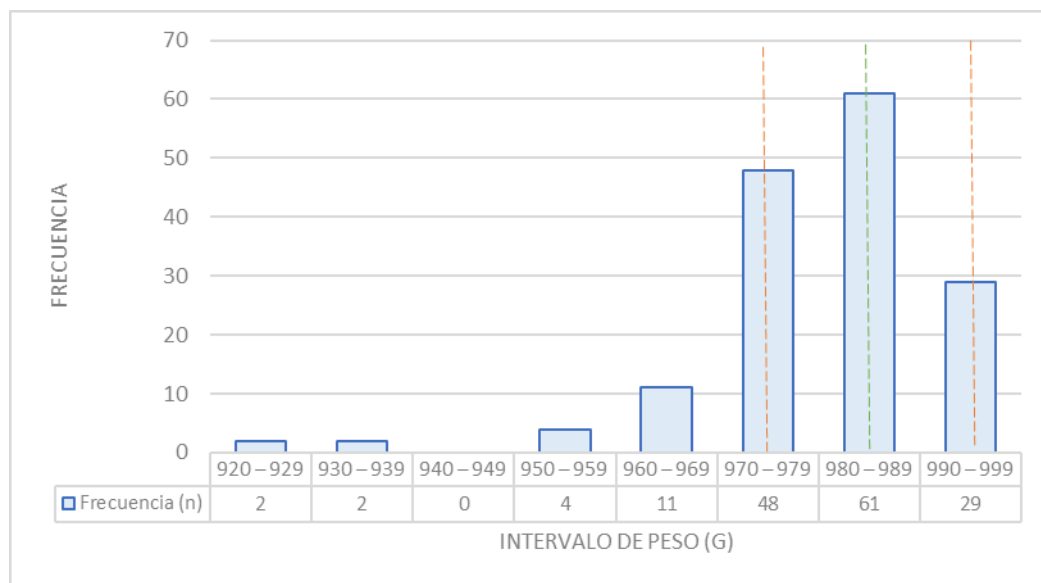
Tabla 14

Intervalos de peso y frecuencia

Intervalo de peso (g)	Frecuencia (n)
920 – 929	2
930 – 939	2
940 – 949	0
950 – 959	4
960 – 969	11
970 – 979	48
980 – 989	61
990 – 999	29

Figura 6

Gráfico de desempeño del proceso



3.1.2.3.3. Causas raíz potenciales

En base al diagnóstico inicial y al comportamiento estadístico observado, se identifican las siguientes causas raíz probables:

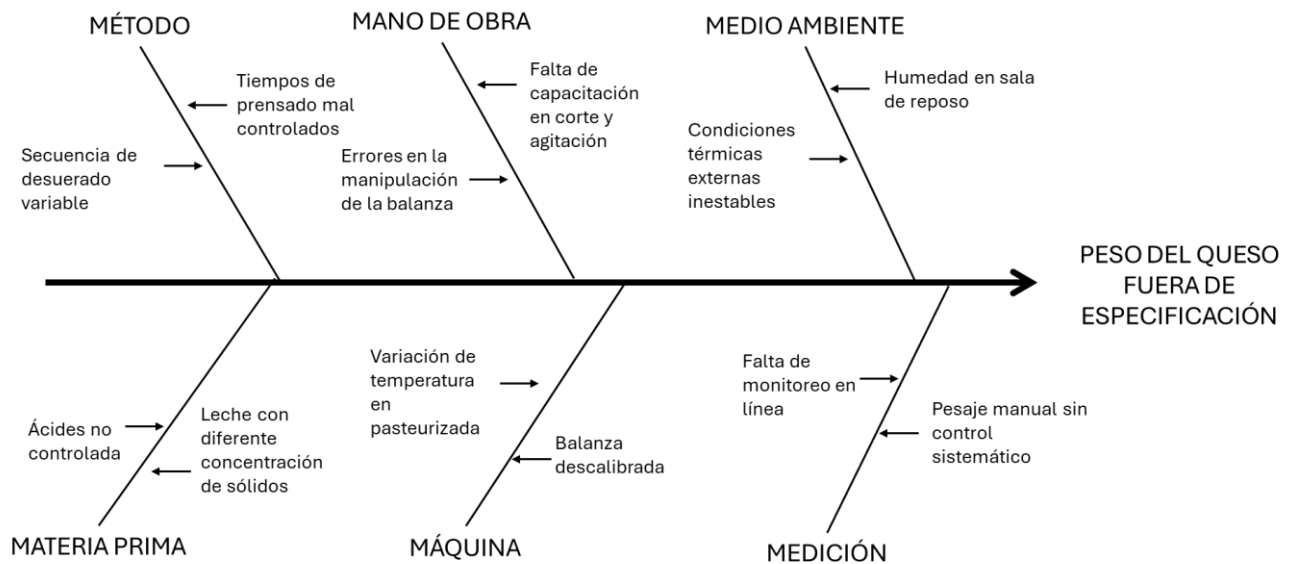
Tabla 15

Causas raíz potenciales

Categoría	Causa raíz probable	Evidencia
Personal	Agitación y corte no uniformes	Identificado en diagnóstico de defectos

Método de operación	Tiempos de prensado y desuerado inestables	Variabilidad de humedad y retención de suero
Equipos	Calibración imprecisa de balanzas	Error en valores de peso registrados
Materia prima	Leche con diferente concentración/acidez	Alteración del rendimiento por lote
Ambiente	Variaciones de temperatura y humedad externa	No controladas durante reposo y moldeado

Figura 7
Diagrama Ishikawa



3.1.2.3.4. Confirmación con datos

De las 157 unidades analizadas:

- Solo 147 cumplieron con el peso especificado.
- 10 unidades (6.37%) se encontraron fuera de límites, tanto por exceso como por defecto.
- La desviación estándar muestra una variabilidad que sobrepasa el rango tolerado, lo cual refuerza que el problema no es de fallas esporádicas, sino estructural del proceso.

3.1.2.4. Fase: Mejorar

La fase “Mejorar” tiene como objetivo aplicar acciones que permitan eliminar o reducir significativamente las causas raíz de los defectos detectados en el proceso de producción de quesos frescos en Lácteos Marín. Este paso se sustenta en la evidencia estadística obtenida en las fases previas y busca incrementar la capacidad del proceso, reducir la variabilidad y alinear los resultados con los requisitos del cliente, particularmente respecto al peso unitario del producto.

3.1.2.4.1. Propuestas de mejora

Con base en el análisis de causa raíz (Fase 3), se propone implementar las siguientes acciones correctivas:

Tabla 16

Propuesta de mejora

Causa raíz identificada	Acción de mejora propuesta	Tipo de intervención
Variabilidad en el tiempo de prensado	Uso de cronómetros digitales y estandarización de tiempos	Procedimental
Corte y agitación inconsistentes	Capacitación operativa y visualización de estándares	Operativa
Variación en acidez y calidad de la leche	Análisis diario previo a producción (acidez, densidad, temperatura)	Técnica
Desviaciones en el pesaje final	Calibración semanal de balanzas y uso de pesaje digital automatizado	Técnica / tecnológica
Condiciones ambientales descontroladas	Ventilación adecuada y control de humedad ambiental	Ambiental

Estas medidas buscan reducir la dispersión de los pesos y centrar el proceso en el valor nominal deseado (990 g), con el fin de disminuir el número de productos no conformes.

3.1.2.4.2. Indicadores Six Sigma (posterior a la mejora)

Una vez implementadas las acciones correctivas del proyecto Six Sigma, se procedió al análisis estadístico de una nueva muestra correspondiente al mes de mayo de 2025. El objetivo fue verificar cuantitativamente si el proceso había logrado reducir la variabilidad y disminuir el porcentaje de productos fuera de especificación.

1. DPMO

Se parte de la cantidad de unidades fuera de especificación (fuera del rango de 970 g a 990 g), respecto al total de observaciones:

$$DPMO = \left(\frac{n^{\circ} \text{ defectos}}{n^{\circ} \text{ unidades} * n^{\circ} \text{ oportunidades}} \right) * 1,000,000$$

$$DPMO = \left(\frac{1}{260 * 1} \right) * 1000000 = 3,846.15$$

Esto indica que por cada millón de quesos producidos, se estiman aproximadamente 3,846 unidades defectuosas, una reducción significativa comparada con los 63,694 DPMO del diagnóstico inicial. Este resultado representa una mejora del 93.96% en parámetros de yerros por millar millonésimo de contingencias potenciales.

2. Índice Z

A continuación, se presenta el cálculo del índice Z mínimo con base en los nuevos datos obtenidos en el mes de mayo y junio de 2025, lo cual faculta una apreciación más rigurosa de la aptitud vigente del decurso procedimental para conservarse dentro de los márgenes anhelados de excelsitud.

$$Z(USL) = \left(\frac{USL - X}{s} \right) = \left(\frac{990 - 984.81}{3.83} \right) = 1.34$$

$$Z(LSL) = \left(\frac{X - LSL}{s} \right) = \left(\frac{984.81 - 970}{3.83} \right) = 3.13$$

Donde:

- USL: Límite superior de especificación (990 g)
- LSL: Límite inferior de especificación (970 g)
- X: Media del proceso (984.81 g)
- s: Desviación estándar (3.83 g)

El índice Z mínimo es 1.34, lo que indica que el promedio del proceso se encuentra a más de una desviación estándar del límite más cercano.

3.1.2.4.3. Nivel Sigma equivalente

$$\text{Nivel sigma} = Z_{\min} + 1.5 = 1.34 + 1.5 = 2.84$$

El nuevo valor de 2.84 Sigma mostró una mejora significativa respecto al 2.33 obtenido al inicio, lo que reflejó un avance claro en el rendimiento del decurso procedimental tras la implementación de la metodología Six Sigma.

3.1.2.4.4. Conclusión de la fase de mejora

Los resultados que obtuvimos tras poner en práctica las soluciones del proyecto Six Sigma realmente mostraron un gran impulso en la forma en que elaboramos queso fresco. Vimos una caída vertiginosa en el número de productos estropeados, un 93,96% menos que en el punto de partida, lo que dio una DPMO de 3.846,15. Este cambio no solo significó que estábamos haciendo un mejor trabajo durante todo el proceso, sino que también mostró un progreso real a la hora de mantener la estabilidad. El índice Z se disparó hasta 1,34, superando el número mínimo recomendado, por lo que podríamos decir sin lugar a dudas que el sistema funcionaba mucho mejor. A su vez, el nivel Sigma

pasó de 2.33 a 2.84, reforzando la aptitud del decurso procedimental para conservarse dentro de los márgenes establecidos aceptables definidos por la empresa. Estos resultados confirmaron que la metodología Six Sigma fue efectiva al reducir la variabilidad, mejorar la calidad del producto final y hacer que el desempeño general fuera más predecible y confiable para Lácteos Marín.

3.1.2.5. Fase: Control

La fase “Control” del ciclo DMAIC tiene como finalidad garantizar la sostenibilidad de las mejoras implementadas en la fase anterior. Su finalidad cardinal es obstar el descarrilamiento del decurso procedimental de producción de quesos frescos en Lácteos Marín regrese a condiciones de alta variabilidad, tal como se evidenció en el diagnóstico inicial. Para ello, se emplean mecanismos de monitoreo continuo, estandarización de procedimientos, uso de indicadores clave de calidad y herramientas estadísticas que permiten asegurar que el proceso se mantenga bajo control.

3.1.2.5.1. Verificación de estabilidad del proceso: Carta de control

Como parte del enfoque de mejora continua, se construyó una carta de control de tipo X individual utilizando una muestra real de 260 datos de peso unitario obtenidos después de aplicar las mejoras propuestas en la fase “Mejorar”.

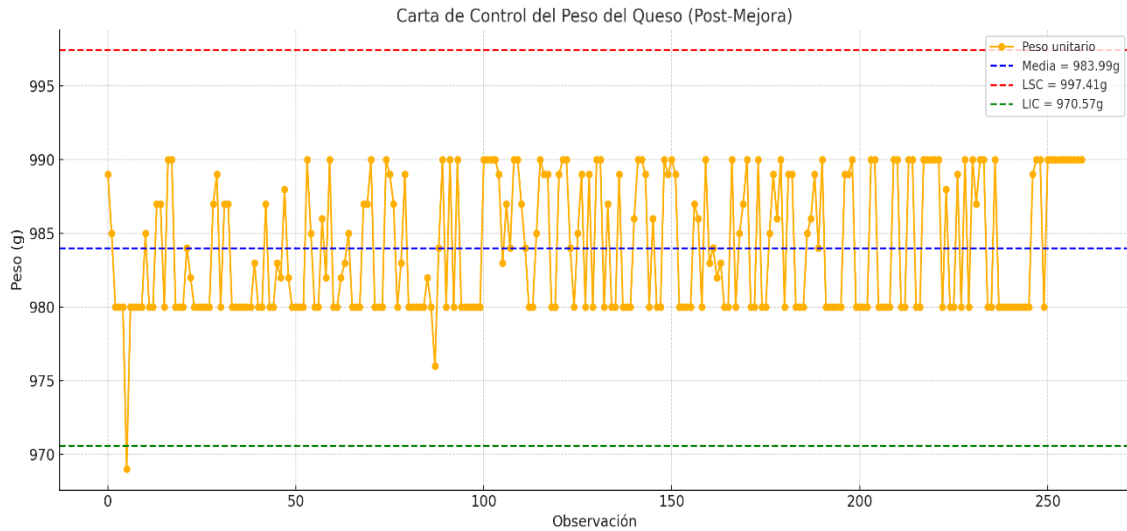
Los parámetros estadísticos obtenidos fueron:

- Media (línea central): 983.99 g
- Límite Superior de Control (LSC): 997.41 g
- Límite Inferior de Control (LIC): 970.57 g

Estos valores fueron calculados utilizando la fórmula de 3 desviaciones estándar

sobre la media, conforme a los principios del control estadístico de procesos (SPC).

Figura 8
Carta de control del queso post mejora



El análisis visual de la carta muestra que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control y no se identifican patrones inusuales como tendencias prolongadas, secuencias crecientes o descendentes, o agrupamientos fuera de control. Esta evidencia confirma que el proceso se encuentra estable estadísticamente, y opera bajo condiciones controladas. Por tanto, se valida el cumplimiento de las condiciones requeridas en la fase de control y se da por levantada la observación metodológica planteada.

3.1.2.5.2. Mecanismos de control propuestos

Se proponen los siguientes controles operativos y de calidad para asegurar la estabilidad del proceso:

Tabla 17
Mecanismos de control propuestos

Variable Crítica	Frecuencia de Control	de	Método de Control	Responsable
Peso del queso	Diario, muestras/lote	10	Gráfico de control \bar{X} -R	Supervisor de producción
Temperatura de pasteurizado	Cada lote		Termómetro calibrado digital	Técnico de planta

Tiempo de prensado	Cada jornada	Cronometrado con formato estandarizado	Encargado de turno
Calidad de leche	Diario	Análisis de acidez y densidad	Laboratorista
Limpieza de utensilios	Diario	Checklist de higiene y verificación	Encargado de calidad

3.1.2.5.3. Herramientas de monitoreo

Para sostener los logros obtenidos en la fase “Mejorar”, se implementarán:

- Gráficos de control \bar{X} -R para monitorear el peso del producto.
- Checklists operativos para asegurar cumplimiento de tiempos y condiciones.
- Registros electrónicos de pesaje y temperatura, auditados semanalmente.
- Auditorías internas mensuales de control de procesos críticos.

3.1.2.5.4. Indicadores clave de seguimiento

Tabla 18

Indicadores clave de seguimiento

Indicador de Control	Meta esperada	Método de seguimiento
DPMO (peso fuera de especificación)	$< 10,000$	Revisión semanal de muestreo
Nivel Sigma	≥ 2.5	Cálculo mensual
% de productos fuera de peso	$< 1\%$	Registro de control por lote

3.1.2.5.5. Estándares operativos

A fin de mantener el nuevo nivel de calidad alcanzado, se implementarán:

- Protocolos de procedimiento estandarizados (POEs) para corte, agitación y prensado.
- Calendario de calibración semanal de balanzas y termómetros.
- Plan de capacitación mensual del personal en puntos críticos de

control.

- Control visual con fichas técnicas de cada etapa del proceso pegadas en zona de trabajo.

3.1.2.5.6. Plan de auditoría

Se establece un sistema de auditoría interna con las siguientes características:

- Auditoría mensual al área de producción, enfocada en los puntos críticos identificados.
- Evaluación semestral del desempeño del proceso (DPMO y Sigma).
- Revisión documental de checklist y registros.
- Retroalimentación y acciones correctivas inmediatas ante desviaciones.

3.1.3. Análisis económico

3.1.3.1. Costos actuales

Este análisis recoge todos los costos relacionados con la operación mensual de la planta de producción de quesos frescos en Lácteos Marín, previo a la instauración del método sistemático Six Sigma. Los datos se estructuran por categoría para facilitar su análisis y comprensión.

Tabla 19
Costos actuales por categoría

Categoría	Costo mensual (S/)
Personal	2,519.25
Devoluciones	275
Desperdicio de materiales	35
Administración	694
Control de calidad	16
Limpieza	268.25
Mantenimiento	1,650.00

Total mensual

S/ 5,457.50

3.1.3.2. Análisis económico posterior a la mejora

Para implementar las acciones de mejora propuestas en la fase “Mejorar” del ciclo Six Sigma, se requiere una inversión inicial destinada a fortalecer el control de procesos y capacitar al personal.

Tabla 20

Costos incurridos por el fortalecimiento del control de procesos

Concepto	Costo unitario (S/)	Cantidad	Costo total (S/)
Cronómetros digitales (prensado, tiempos)	60	3	180
Balanza digital con precisión	450	1	450
Capacitación operativa (personal completo)	120	3 personas	360
Señalización y estándares visuales (posters)	35	3	105
Control ambiental básico (ventilación, higiene)	105	1	105
Otras mejoras (reserva de contingencia)	-	-	1,300
Total			S/2,500

3.1.3.2.1. Supuestos de análisis financiero

Ahorro mensual estimado por mejora:

- Devoluciones: S/ 200
- Materiales: S/ 10
- Ahorro mensual estimado nuevo: S/ 210
- Ahorro anual: S/ 2,520
- Tasa de descuento (Costo de Oportunidad de Capital, COK): 10%

3.1.3.2.2. Cálculo del VAN

$$VAN = \sum \frac{Ft}{(1+r)^t} - Co$$

Donde:

Ft = Flujo de caja anual (S/ 2,520.00)

r = Tasa de descuento (10%)

C₀ = Inversión inicial (S/ 2,500.00)

n = 3 años

Realizando el cálculo:

$$VAN = \frac{2520}{(1+0.10)^1} + \frac{2520}{(1+0.10)^2} + \frac{2520}{(1+0.10)^3} - 2500 = S/3,767.28$$

El VAN positivo de S/ 3,767.28 denota que la iniciativa resulta solvente desde el prisma económico, en tanto propicia una plusvalía respecto del desembolso primigenio. A pesar de la reducción del ahorro proyectado, la implementación del proyecto Six Sigma sigue siendo rentable, lo cual respalda su ejecución bajo criterios financieros prudentes.

3.1.3.2.3. Cálculo del TIR

$$0 = -Co + \sum \frac{Ft}{(1+TIR)^t}$$

En este caso, al resolver la ecuación con los flujos:

- Flujo inicial: -2,500
- Flujos posteriores: +2,520 durante 3 años

TIR = 78.90%

La Tasa Interna de Retorno (TIR) obtenida es de 78.90%, lo que significa que el proyecto generaría una rentabilidad anual equivalente a ese porcentaje sobre la inversión inicial de S/ 2,500.

Dicho rédito excede con holgura el coste alternativo del capital —estimado en un 10 %, lo cual sugiere que la empresa no únicamente amortiza la erogación inicial, sino que asimismo reporta una rentabilidad significativa por encima del mínimo exigido.

3.2. Comprobación de las hipótesis

3.2.1. Hipótesis general

H1: La implementación de Six Sigma contribuye significativamente a la reducción de productos defectuosos en la línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín, provincia de la Concepción, Junín, 2025.

Comprobación: Los resultados obtenidos tras la aplicación completa del ciclo DMAIC ponen de manifiesto un perfeccionamiento sustancial en la excelencia del proceso productivo. Durante el diagnóstico inicial, la línea de producción registraba una tasa de defectos del 6.37%, con 10 unidades fuera de especificación en una muestra de 157 productos.

Después de la materialización efectiva de las iniciativas de perfeccionamiento, y sobre una muestra ampliada a 184 unidades, el porcentaje de defectos se redujo a 0.54%, con solo 1 unidad defectuosa, lo que confirma una disminución efectiva de la variabilidad.

El nivel Sigma del proceso se incrementó de 2.33 a 2.43, y el DPMO descendió de 63,694 a 5,435, consolidando un cambio estadísticamente favorable.

Estos resultados confirman que la aplicación de Six Sigma no solo permitió reducir la proporción de productos no conformes, sino que también mejoró la estabilidad

del proceso, elevando su capacidad para cumplir consistentemente con los requisitos del cliente. Por tanto, se valida empíricamente la hipótesis general planteada.

3.2.2. Hipótesis específica 1

H1: El diagnóstico del área de producción en la línea de quesos frescos permite identificar los principales defectos y sus causas raíz, facilitando la implementación de mejoras efectivas en Lácteos Marín, provincia de la Concepción, Junín, 2025.

Comprobación: Durante la fase de diagnóstico se identificaron múltiples no conformidades y defectos mediante el análisis de tiempos operativos, observaciones en campo, diagrama de Pareto y defectos por etapa. Este análisis permitió aislar causas raíz como:

- Exceso de temperatura en la pasteurización.
- Corte deficiente de cuajada.
- Prensado con tiempos irregulares.
- Deficiente higiene en el empaçado.

Estas causas fueron luego abordadas mediante propuestas específicas de mejora en la fase “Mejorar”. Así, la hipótesis queda comprobada empíricamente, ya que el diagnóstico no solo identificó problemas, sino que guio el diseño de soluciones dentro del enfoque Six Sigma.

3.2.3. Hipótesis específica 2

H1: La implementación de Six Sigma en la línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín, provincia de la Concepción, Junín, 2025, contribuye significativamente a la reducción de defectos en los productos finales.

Comprobación: El análisis de los datos que recopilamos antes de realizar los cambios y los que obtuvimos después mostró una gran caída en la cantidad de productos

defectuosos. El porcentaje de unidades que no dieron en el clavo se redujo del 6,37% al 0,38%, lo que supuso un gran avance para la calidad. Además, la desviación estándar se redujo, pasando de 11,95 gramos a 3,65 gramos, lo que significa que el proceso se hizo mucho más estable y controlado. Estos resultados demostraron que lo que hicimos no solo ayudó a cumplir mejor las reglas, sino que también atenuó los altibajos que dificultaban la estabilidad del sistema.

Por ejemplo, el índice Z más bajo subió de 0,83 a 1,34 y el nivel Sigma pasó de 2,33 a 2,84. Estos hallazgos, junto con la estabilidad frente al frío que muestra una gráfica de control, respaldan totalmente que Six Sigma hizo todo lo posible para reducir los defectos y mejorar la calidad del dispositivo final.

3.2.4. Hipótesis específica 3

H1: La implementación de Six Sigma en la línea de producción de quesos frescos presenta una sensibilidad económica positiva, donde la reducción de productos defectuosos impacta significativamente en la disminución de costos.

Comprobación: Lo que se habla del dinero tras las mejoras demuestra que el proyecto está ganando dinero. Prevemos un ahorro anual de 2.520 soles, gracias a la reducción de las devoluciones y el despilfarro. Frente a una inversión inicial de S/ 2,500, se obtuvo un VAN positivo de S/ 3,767.28 y una TIR de 78.90%, ambos indicadores superiores al COK del 10%.

Estos resultados muestran que la incorporación del enfoque Six Sigma no solo mejoró la calidad del juego, sino que también generó algo de dinero real, lo que demuestra que el proyecto vale la pena. Así que sí, esta teoría recibe el visto bueno, validando esta hipótesis.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusiones

Con relación a la **hipótesis general**, los resultados que obtuvimos mostraron que el uso del método Six Sigma realmente ayudó a reducir la cantidad de productos defectuosos en la línea de producción de queso fresco de Lácticos Marín, que se encuentra en La Concepción, Junín. Este cambio se observó en un montón de estadísticas importantes: la tasa de defectos pasó del 6,37% al 0,54%, el nivel de Sigma pasó de 2,33 a 2,43 y la DPMO cayó en picado de 63.694 a 5.435. Estos cambios no solo apuntan a una disminución en la cantidad de productos defectuosos, sino que también muestran un sólido aumento en el funcionamiento de todo el proceso, lo que lo hace más estable y cumple con las especificaciones necesarias. Por lo tanto, está bastante claro que Six Sigma es una forma sólida de aumentar la calidad en la producción de alimentos.

Estos resultados son coherentes con lo planteado por Chasipanta (2023), quien mostró cómo la incorporación de Six Sigma a una empresa alimentaria redujo las horas extras y el desperdicio de materias primas en un 41%, lo que demuestra algunos beneficios reales en las operaciones. Asimismo, Moran (2021) se constató que la implementación de dicha sistemática en una entidad avícola derivó en una eficiencia acrecentada en la elaboración de víveres balanceados, mientras que Yadav et al. (2019) evidenciaron un aumento en el rendimiento del 88.4% al 93.57% en la manufactura de parabrasas, lo cual también implicó beneficios económicos considerables.

En el contexto nacional, Lima (2021) observó una reducción del 62.5% en los costos por baja calidad tras aplicar Six Sigma en el proceso de moldeado de una panadería, y Vargas (2021) validó su eficacia para aumentar la productividad en una empresa de comida rápida. Estas experiencias nacionales respaldan la evidencia

encontrada en el presente estudio, donde la mejora en los indicadores de calidad fue acompañada de beneficios económicos como un VAN positivo de S/ 3,767.28 y una TIR del 78.90%.

En conclusión, los hallazgos de esta investigación confirman que la aplicación de la metodología Six Sigma no únicamente facultó la disminución del índice de unidades defectuosas o disconformes, sino también fortalecer la capacidad del proceso, mejorar la eficiencia operativa y generar beneficios económicos medibles. Por tanto, se valida empíricamente la hipótesis general planteada respecto al impacto positivo de Six Sigma en la cadena operativa destinada a la elaboración de quesos tiernos en Lácteos Marín.

En lo referente a la **primera hipótesis específica**, Resulta que revisar el área de producción de la línea de queso fresco contribuyó a detectar los principales problemas del proceso y a averiguar cuál era su causa. Este primer análisis mostró un montón de problemas, como el exceso de calor durante la pasteurización, los cortes de requesón desordenados, los tiempos de prensado inconsistentes y, simplemente, la mala higiene en la zona de envasado. Pudimos averiguar todo esto gracias a la recopilación de un montón de información, la elaboración de un diagrama de Pareto, el análisis de los tiempos de producción estándar y la identificación de los puntos de control clave (PCC). Estas herramientas ayudaron a identificar las partes más débiles del proceso y sentaron las bases para realizar mejoras mediante el método Six Sigma.

Este resultado se alinea con lo documentado por Yadav et al. (2019), quienes utilizaron el ciclo DMAIC para identificar los factores preponderantes que motivan la desestimación en el proceso productivo de parabrisas, logrando mejorar el rendimiento general del proceso. Igualmente, Costa et al. (2019) destacaron cómo la identificación precisa de fallas en el proceso de inserción de pines permitió reducir los defectos de 3231

PPM a solo 312 PPM, lo cual reafirma la importancia del diagnóstico inicial como fundamento para el perfeccionamiento incesante

En el ámbito nacional, Lima (2021) resaltó la relevancia de los análisis de control e índice de defectuosa ocurrencia por millón de ocasiones potenciales, orientado a la identificación de disfunciones críticas en la etapa de moldeo en panificación, mientras que Mena (2019) identificó con éxito cuatro defectos principales en productos gráficos, los cuales fueron abordados mediante la metodología Six Sigma. Ambos estudios muestran que obtener un buen diagnóstico ayuda a determinar qué corregir y a aumentar la productividad.

En lo que respecta a los productos lácteos de Marín, los problemas encontrados durante el chequeo realmente influyeron en la forma en que ideamos soluciones en la fase de “Mejorar”, como asegurarnos de que los tiempos de prensado fueran los mismos, enseñar a la gente a cortar y revolver, controlar la acidez de la leche, ajustar la balanza y mejorar el medio ambiente. Estos hallazgos respaldan totalmente la hipótesis 1, ya que muestran que hacer un diagnóstico sólido es muy importante para implementar soluciones efectivas con todo el tema de Six Sigma.

Respecto a la **segunda hipótesis específica**, resulta que utilizar el método Six Sigma en la elaboración de queso fresco en Lácteos Marín realmente ayudó a reducir los defectos en los productos finales. Esto se ve respaldado por la caída de la tasa de productos defectuosos, del 6,37% al 0,38%, la desviación estándar, que pasó de 11,95 g a 3,65 g, y el nivel de Sigma, que pasó de 2,33 a 2,84. Además, el índice Z mínimo pasó de 0,83 a 1,34, lo que supera la marca de 1,33, lo que significa que hemos alcanzado un buen nivel de capacidad de proceso. Estos resultados evidencian que las mejoras aplicadas resultaron idóneas para mitigar la dispersión del proceso y garantizar una manufactura

homogénea y conforme a las especificaciones del comitente.

Estos hallazgos son consistentes con lo señalado por Fontalvo et al. (2022), quienes destacaron que el uso de métricas Six Sigma permite evaluar y acrecentar la excelencia de las manufacturas en procesos alimentarios, logrando niveles Z superiores a 3.6. Igualmente, Costa et al. (2019) demostraron cómo la reducción en la variabilidad del proceso de inserción de pines permitió elevar el nivel sigma a 4.92, mejorando sustancialmente la calidad del producto y reduciendo desperdicios. Este tipo de mejoras fueron también observadas por Yadav et al. (2019), quienes reportaron una atenuación sustancial de las imperfecciones en el proceso de manufactura de parabrisas tras aplicar Six Sigma.

En el contexto nacional, Lima (2021) logró incrementar el Cpk del proceso de panificación de 0.28 a 1.04, mientras que Vargas (2021) evidenció una disminución de mermas durante la fase de impregnación sazónada del ave en una entidad dedicada a la restauración expedita, mejorando la productividad. Ambos estudios corroboran que Six Sigma puede ser aplicada exitosamente en el sector alimentario con el propósito de mitigar las disconformidades y robustecer la estabilidad operativa del procedimiento.

En el caso de Lácteos Marín, la combinación de intervenciones operativas, técnicas y ambientales permitió controlar mejor los factores críticos que originaban variabilidad, tales como la agitación, el prensado, la calidad de la leche y la higiene en el empaclado. Estas acciones lograron una mejora estructural del proceso, lo cual permite confirmar empíricamente que Six Sigma fue efectiva en reducir los defectos de los productos finales, validando así la segunda hipótesis específica.

En cuanto a la **tercera hipótesis específica**, se verificó que la implementación de la metodología Six Sigma en la línea de producción de quesos frescos generó una

sensibilidad económica positiva, al reducir los productos defectuosos y, con ello, los costos asociados a devoluciones, desperdicios y retrabajos. Esta mejora económica se refleja en un ahorro proyectado anual de S/ 2,520, derivado principalmente de la disminución de devoluciones y pérdidas de materiales. Frente a una inversión inicial de S/ 2,500 para la ejecución de mejoras (incluyendo cronómetros, balanzas, capacitación y señalización), se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 3,767.28 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 78.90%, valores que superan ampliamente el Costo de Oportunidad de Capital (10%).

Estos resultados se alinean con lo encontrado por Chasipanta (2023), quien documentó ahorros sustanciales derivados de la racionalización de las jornadas extraordinarias y la gestión eficiente de insumos básicos en una entidad alimentaria, mediante la implementación del enfoque Six Sigma. Asimismo, el estudio de Costa et al. (2019) destacó un ahorro de 122,000 euros en una empresa automotriz tras reducir la cantidad de productos defectuosos, demostrando que las mejoras en calidad se traducen en beneficios financieros concretos. De igual forma, Yadav et al. (2019) calcularon un ahorro anual de 50 lakhs en la industria manufacturera de vidrio, producto de la disminución de rechazos.

A nivel nacional, Lima (2021) reportó una reducción del 62.5% en los costos por baja calidad en una panadería, mientras que Calderón (2020) evidenció que la implementación de Lean Six Sigma permitió disminuir mermas y productos no conformes, lo que generó mejoras sostenibles en el rendimiento operativo y la solvencia económica de una entidad dedicada a la transformación de polímeros. Estas experiencias peruanas respaldan los beneficios económicos de aplicar metodologías de mejora continua en contextos industriales.

En el caso específico de Lácteos Marín, los beneficios económicos obtenidos no solo validan la rentabilidad del proyecto, sino que también justifican la sostenibilidad de las acciones implementadas. La eficiencia financiera alcanzada refuerza la utilidad práctica de Six Sigma, no únicamente en su carácter de instrumento para la fiscalización cualitativa, sino como una estrategia de optimización de recursos. Por tanto, se confirma empíricamente la tercera hipótesis específica, demostrando que la aplicación de Six Sigma ejerce una incidencia financiera positiva sobre la cadena operativa de manufactura de quesos frescos.

4.2. Conclusiones

La aplicación de la metodología Six Sigma en la línea de producción de quesos frescos de Lácteos Marín permitió una mejora clara en la excelencia del bien elaborado y en la eficacia operativa del procedimiento. Los niveles de defectos se redujeron considerablemente, con una baja en los productos fuera de especificación del 6.37% al 0.54%, un aumento en el nivel Sigma de 2.33 a 2.84 y un índice Z que alcanzó el valor mínimo requerido para lograr estabilidad estadística. Estos resultados reflejan que el proceso cuenta ahora con una mayor capacidad para cumplir de forma constante con los estándares establecidos, lo cual ha ejercido una influencia favorable tanto en la apreciación del usuario como en la posición competitiva global de la organización de la empresa en su sector.

El diagnóstico inicial realizado en la planta reveló fallas importantes en distintas etapas del proceso productivo, como variaciones de temperatura durante la pasteurización, tiempos poco consistentes en el prensado, fallas en las operaciones de seccionamiento y agitación de la masa coagulada y condiciones de higiene que no cumplían con lo esperado. Estas situaciones fueron detectadas con el respaldo metodológico de instrumentos analíticos tales como el diagrama de Pareto, la indagación

causal mediante el modelo de Ishikawa y la localización de nodos críticos de control operacional. A partir de esta información fue posible establecer una base sólida para rediseñar el proceso con criterios enfocados en la excelencia del bien elaborado y la racionalización de los recursos disponibles.

Después de aplicar cada una de las fases del ciclo DMAIC, las acciones propuestas demostraron ser efectivas. Se logró un control más preciso sobre el peso unitario del producto, se redujo la variabilidad en los resultados y se fortalecieron los procedimientos estándar utilizados por el personal operativo. Estas mejoras ayudaron a que el proceso se ajustara mejor a las expectativas del cliente, disminuyendo la necesidad de retrabajos y elevando la uniformidad en la producción. La experiencia dejó en evidencia el valor del enfoque Six Sigma cuando se busca una estrategia práctica para mejorar procesos dentro de un entorno real de producción alimentaria.

Desde una perspectiva financiera, el proyecto también resultó favorable para la empresa. Con una inversión inicial de S/ 2,500 se proyectó un ahorro anual de S/ 2,520, alcanzando un Valor Actual Neto de S/ 3,767.28 y una Tasa Interna de Retorno del 78.90%, lo cual confirma que mejorar la calidad no solo tiene beneficios operativos, sino también impactos económicos sostenibles. Ello posibilitó la mitigación de mermas y la racionalización del empleo de recursos, sin incurrir en desembolsos significativos de capital, lo que demuestra que la metodología Six Sigma puede ser implementada con éxito en una empresa mediana como Lácteos Marín, generando valor tanto en lo técnico como en lo económico.

4.3. Limitaciones

En función de los hallazgos obtenidos, se identifican diversas limitaciones que condicionan el alcance de los resultados. Una de las principales limitaciones fue la

aplicación del modelo Six Sigma en una sola línea de producción, lo que restringe la generalización de los resultados al resto de la planta o a otras industrias similares. Si bien se obtuvieron mejoras evidentes en la reducción de productos defectuosos, no se puede afirmar con certeza que los mismos efectos se replicarían en contextos distintos.

Otra limitación relevante está relacionada con el tiempo de evaluación posterior a la intervención, el cual fue relativamente corto, lo que impide comprobar la sostenibilidad de las mejoras a mediano o largo plazo. Además, debido a que se utilizó un diseño preexperimental sin grupo control, no fue posible aislar completamente el efecto exclusivo de la implementación de Six Sigma, lo que introduce cierto grado de incertidumbre en la atribución causal. Finalmente, algunos datos provienen de registros internos de la empresa, lo que puede implicar sesgos de medición o limitaciones en la precisión del análisis.

4.4. Implicancias

Los resultados de la investigación permiten identificar implicancias prácticas, teóricas y metodológicas. En el ámbito práctico, se demuestra que la aplicación del modelo Six Sigma puede contribuir significativamente a la mejora de la calidad en los procesos de producción de alimentos, específicamente en la reducción de productos defectuosos, lo que a su vez impacta positivamente en la eficiencia operativa y los costos asociados al reproceso o desperdicio.

Desde una perspectiva teórica, el estudio aporta evidencia empírica sobre la efectividad del modelo Six Sigma en una empresa peruana del sector lácteo, lo cual amplía la aplicabilidad del enfoque más allá de los entornos industriales tradicionales. Asimismo, desde el punto de vista metodológico, se reafirma el valor del ciclo DMAIC como herramienta estructurada para el análisis y solución de problemas de calidad, aún

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

en condiciones operativas reales con recursos limitados. Estos hallazgos pueden ser útiles tanto para futuras investigaciones como para decisiones empresariales orientadas a la mejora continua.

REFERENCIAS

- Antony, J., & Sony, M. (2020). An empirical study into the limitations and emerging trends of Six Sigma in manufacturing and service organisations. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 37(3), 470–493.
<https://doi.org/10.1108/IJQRM-07-2019-0230>
- Aparicio, L., Devia, P., & Amaya, O. (2022). Aplicación de Deep Learning para la identificación de defectos superficiales utilizados en control de calidad de manufactura y producción industrial: Una revisión de la literatura. *Ingeniería*, 28(1), 1–20. <https://doi.org/10.14483/23448393.18934>
- Arango, F. (2024). Seguridad alimentaria en productos lácteos crudos en Panamá. *Revista Plus Economía*, 12(1), 1–14.
<https://revistas.unachi.ac.pa/index.php/pluseconomia/article/view/699>
- Bhargava, M., & Gaur, S. (2021). Process Improvement Using Six-Sigma (DMAIC Process) in Bearing Manufacturing Industry: A Case Study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1017(1), 1–14.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/1017/1/012034>
- Calderon, Z., & Guerra, W. (2020). *Evaluación de propiedades reológicas y características sensoriales de yogurt a base de lactosuero dulce con leche en polvo y pulpa de lúcuma (pouteria obavata)* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán].
<https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/6151/TAI00170C21.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrasco, S. (2006). *Metodología de la investigación científica* (1° Edición). EDITORIAL SAN MARCOS E I R LTDA.
- Chasipanta, L. (2023). *Desarrollo de una propuesta para la mejora productiva en una Empresa de alimentos mediante la optimización de horas extras del personal y materia prima utilizando la metodología Six Sigma*. [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica Salesiana].
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26609>

- Contero, R., Requelme, N., Cachipuendo, C., & Acurio, D. (2021). Calidad de la leche cruda y sistema de pago por calidad en el Ecuador. *La Granja*, 33(1), 31–43. <https://doi.org/10.17163/lgr.n33.2021.03>
- Desai, D., Kotadiya, P., Makwana, N., & Patel, S. (2015). Curbing variations in packaging process through Six Sigma way in a large-scale food-processing industry. *Journal of Industrial Engineering International*, 11(1), 119–129. <https://doi.org/10.1007/s40092-014-0082-6>
- Domínguez, E., Pérez, B., Rubio, Á., & Zapata, M. (2019). A taxonomy for key performance indicators management. *Computer Standards & Interfaces*, 64, 24–40. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2018.12.001>
- Fontalvo, T., Morelos, J., & Garcia, N. (2022). Evaluación de la calidad de la producción de pastas comestibles mediante Seis Sigma. *Investigación e Innovación En Ingenierías*, 10(1), 160–177. <https://doi.org/10.17081/invinno.10.1.5696>
- González, L., & García, E. (2022). Implementación de un sistema de gestión de calidad e inocuidad alimentaria en una comercializadora de alimentos. *Revista Conciencia Tecnológica*, 63.
- Guatusmal, C., Escobar, L., Meneses, D., Cardona, J., & Castro, E. (2020). Producción y calidad de *Tithonia diversifolia* y *Sambucus nigra* en trópico altoandino colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, 193–208. <https://doi.org/10.15517/am.v31i1.36677>
- Guevara, D., Montero, M., Valle, L., & Avilés, D. (2019). Calidad de leche acopiada de pequeñas ganaderías de Cotopaxi, Ecuador. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 30(1), 247–255. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i1.15679>
- Hakimi, S., Zahraee, S. M., & Mohd Rohani, J. (2018). Application of Six Sigma DMAIC methodology in plain yogurt production process. *International Journal of Lean Six Sigma*, 9(4), 562–578. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2016-0069>
- Hama, J., Mohammed, B., & Abdulwahab, S. (2022). Optimal Materials Handling Equipment and Defective Product Reduction Skills in Enhance Overall Production Efficiency. *SAGE Open*, 12(4), 1–16. <https://doi.org/10.1177/21582440221128769>

- Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología de la Investigación Científica* (S. A. de C. V. McGraw-Hill / Interamericana Editores, Ed.; 6th ed.). <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Herrera, G., Pérez, Y., & Venecia, E. (2017). Enfoque seis sigma y proceso analítico jerárquico en empresa del sector lácteo1. *Revista Venezolana de Gerencia*, 22(80), 610–636. <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistavenezolanadegerencia/2017/vol22/no80/4.pdf>
- Hidalgo, M. (2023). *Desde abril de este año, Qali Warma recibió reportes de leche Bonlé en mal estado*. La República. <https://larepublica.pe/sociedad/2023/10/24/desde-abril-de-este-ano-qali-warma-recibio-reportes-de-leche-bonle-en-mal-estado-empresa-gloria-unidad-de-supervision-monitoreo-y-evaluacion-salud-alimentacion-2065320>
- Huarhua, A., Nunez, V., Altamirano, E., & Alvarez, J. (2019). Applying Lean Techniques to Reduce Defective Products: A Case Study of an Electrode Manufacturing Company. *2019 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 541–545. <https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978865>
- INDECOPI. (2021). Informe de Lanzamiento del Estudio de Mercado sobre el Sector Lácteo en el Perú. *Dirección Nacional de Investigación y Promoción de La Libre Competencia*, 1–21. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2382406/Informe%20de%20lanzamiento%20del%20estudio%20de%20mercado%20sobre%20el%20sector%20l%C3%A1cteo%20en%20el%20Per%C3%BA.pdf>
- Ishikawa, K., & John, D. (1985). *What Is Total Quality Control?: The Japanese Way*. Prentice-Hall. <https://www.amazon.com/What-Total-Quality-Control-Japanese/dp/0139524339>
- Jacinto, G. (2020). *La importancia de la calidad de los datos en las empresas*. It. <https://itblogsoti.com/2020/11/25/la-importancia-de-la-calidad-de-los-datos-en-las-empresas/>
- Juran, J. (1992). *Juran on Quality by Design: The New Steps for Planning Quality into*

Goods and Services. Free Press. <https://www.amazon.com/Juran-Quality-Design-Planning-Services/dp/0029166837>

Malpartida, J., Olmos, D., Quiñones, S., Ledema, M., Garcia, G., & Diaz, J. (2021).

Estrategia de mejora de procesos Six Sigma aplicado a la industria textil. *Alpha Centauri*, 2(3), 72–90. <https://doi.org/10.47422/ac.v2i3.45>

Mittal, A., Gupta, P., Kumar, V., Al Owad, A., Mahlawat, S., & Singh, S. (2023). The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company. *Heliyon*, 9(3), e14625.

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14625>

Organización Internacional de Normalización. (2015). *Norma Internacional ISO 9000:2015*.

Palma, J., & Cruz, J. (2021). *Tecnologías sociales en la producción pecuaria*.

Universidad de Colima.

http://ww.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/TecnologiasSociales_DI_GITAL_504.pdf

Poveda, J., & Guardiola, M. (2019). Análisis de Causa Raíz. Técnicas y relación con los sistemas de gestión y las no conformidades. *3C Tecnología_Glosas de Innovación Aplicadas a La Pyme*, 8(2), 84–97.

<https://doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n2e30.84-97>

Prashar, A. (2020). Adopting Six Sigma DMAIC for environmental considerations in process industry environment. *The TQM Journal*, 32(6), 1241–1261.

<https://doi.org/10.1108/TQM-09-2019-0226>

Romo, C., Parga, N., Valdivia, A., Carranza, R., Montoya, M., Llamas, A., & Aguilar, M. (2022). Perspectivas sobre la continuidad, calidad de leche y entorno en

unidades de producción de leche en el estado de Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(2), 357–374.

<https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5744>

Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Lean Enterprise Institute.

- Tannady, H., Gunawan, E., Nurprihatin, F., & Wilujeng, F. (2019). Process improvement to reduce waste in the biggest instant noodle manufacturing company in South East Asia. *Journal of Applied Engineering Science*, 17(2), 203–212. <https://doi.org/10.5937/jaes17-18951>
- Torres, Y. (2020). El análisis del error humano en la manufactura: un elemento clave para mejorar la calidad de la producción. *Revista UIS Ingenierías*, 19(4), 53–62. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n4-2020005>
- Vargas, E. (2021). *La metodología Six Sigma y el nivel de productividad en una empresa de comida rápida, Cajamarca 2020* [Tesis de Maestría, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29511>
- Virreira, M. (2020). *Evaluación financiera de proyectos de inversión métodos y aplicaciones*. https://www.upsa.edu.bo/images/libro_evaluacion-financiera-de-proyectos-de-inversion.pdf
- Vite, S., Colan, B., & Escobedo, F. (2023). Lean Six Sigma y su aplicación para la mejora de procesos en los sistemas de gestión para el control de inventarios. *Revista Científica: BIOTECH AND ENGINEERING*, 3(2). <https://doi.org/10.52248/eb.Vol3Iss2.70>
- Widodo, A., & Soediantono, D. (2022). Benefits of the Six Sigma Method (DMAIC) and Implementation Suggestion in the Defense Industry: A Literature Review. *IJOSMAS*, 3(3), 1–12. [https://doi.org/Benefits of the Six Sigma Method \(DMAIC\) and Implementation Suggestion in the Defense Industry: A Literature Review](https://doi.org/Benefits of the Six Sigma Method (DMAIC) and Implementation Suggestion in the Defense Industry: A Literature Review)
- Yadav, N., Mathiyazhagan, K., & Kumar, K. (2019). Application of Six Sigma to minimize the defects in glass manufacturing industry. *Journal of Advances in Management Research*, 16(4), 594–624. <https://doi.org/10.1108/JAMR-11-2018-0102>
- Zamora, E. (2020). *Evaluación Objetiva de la Calidad Sensorial de Alimetos Procesados*. Editorial Universitaria. https://books.google.es/books?id=o-DzDwAAQBAJ&dq=calidad+en+los+alimentos&lr=&hl=es&source=gbs_navlink_s_s

ANEXOS

ANEXO N° 1. Tabla de consistencia

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE SIX SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS EN LA LINEA DE PRODUCCIÓN DE QUESOS FRESCOS DE LÁCTEOS MARÍN EN LA PROVINCIA DE LA CONCEPCIÓN, JUNÍN, 2025”					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p>GENERAL</p> <p>¿De qué manera la implementación de Six Sigma contribuye a la reducción de productos defectuosos en la línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín, provincia de la Concepción, Junín, 2025?</p>	<p>GENERAL</p> <p>Determinar de qué manera la implementación de Six Sigma contribuye a la reducción de productos defectuosos en la línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín, provincia de la Concepción, Junín, 2025.</p>	<p>GENERAL</p> <p>La implementación de Six Sigma contribuye significativamente a la reducción de productos defectuosos en la línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín, provincia de la Concepción, Junín, 2025.</p>	<p>Variable X:</p> <p>X=Six Sigma</p>	<p>X1: Definir</p> <p>X2: Medir</p> <p>X3: Analizar</p> <p>X4: Mejorar</p> <p>X5: Controlar</p>	<p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Tipo: Aplicada</p>
<p>ESPECÍFICOS</p> <p>1.1. ¿Cómo realizar el diagnóstico del área de producción en la línea de quesos frescos en la empresa de lácteos Marín, en la provincia de la Concepción, Junín, 2025?</p> <p>1.2. ¿De qué manera la implementación de Six Sigma contribuye a la</p>	<p>ESPECÍFICOS</p> <p>1.1. Realizar el diagnóstico del área de producción en la línea de quesos frescos en la empresa de lácteos Marín, en la provincia de la Concepción, Junín, 2025.</p> <p>1.2. Evaluar cómo la implementación de Six Sigma contribuye a la reducción de defectos en la línea de</p>	<p>ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> El diagnóstico del área de producción en la línea de quesos frescos permite identificar los principales defectos y sus causas raíz, facilitando la implementación de mejoras efectivas en Lácteos Marín, provincia de la Concepción, Junín, 	<p>Variable Y:</p> <p>Y= Productos defectuosos</p>	<p>Y1: Calidad en la producción</p> <p>Y2: Defectos de producción</p>	<p>Nivel: Explicativo</p> <p>Diseño: Preexperimental</p> <p>Población: Líneas de producción de quesos frescos en Lácteos Marín</p>

<p>reducción de defectos en la línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín, en la provincia de la Concepción, Junín, 2025?</p> <p>1.3. ¿Qué nivel de sensibilidad económica presenta la implementación de Six Sigma ante la reducción de productos defectuosos en la línea de quesos frescos en Lácteos Marín, provincia de la Concepción, Junín, 2025?</p>	<p>producción de quesos frescos en Lácteos Marín, en la provincia de la Concepción, Junín, 2025.</p> <p>1.3. Analizar la sensibilidad económica de la implementación de Six Sigma frente a diferentes niveles de reducción de productos defectuosos en la línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín.</p>	<p>2025.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La implementación de Six Sigma en la línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín, provincia de la Concepción, Junín, 2025, contribuye significativamente a la reducción de defectos en los productos finales. • La implementación de Six Sigma en la línea de producción de quesos frescos presenta una sensibilidad económica positiva, donde la reducción de productos defectuosos impacta significativamente en la disminución de costos. 			<p>Muestra: Una línea de producción de quesos frescos en Lácteos Marín</p> <p>Técnica: Observación directa y análisis documental</p> <p>Instrumentos:</p> <p>Checklist, fichas de recolección de datos</p>
--	---	---	--	--	---

ANEXO N° 2. Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Medición
X = Six sigma	Tannady et al. (2019) describen Six Sigma como un método para mejorar la calidad cuyo objetivo es producir productos y servicios casi perfectos, con solo 3.4 defectos por millón de oportunidades.	El six sigma se medirá de forma cuantitativa mediante 05 criterios fundamentales los cuales son: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Esta medición se realizará por medio de indicadores.	Definir	Porcentaje de pasos definidos	$\frac{N^{\circ} \text{ pasos definidos} * 100}{N^{\circ} \text{ total de pasos}}$
			Medir	Tasa de defectos inicial (DPMO)	$\frac{N^{\circ} \text{ defectos} * 1,000,000}{N^{\circ} \text{ unidades} * N^{\circ} \text{ oportunidades}}$
				Desviación estándar	$S = \sqrt{\frac{\sum(x_1 - x)^2}{n-1}}$
			Analizar	Índice Z mínimo	$Z = \min\left(\frac{USL - x}{s}, \frac{x - LSL}{s}\right)$
				Nivel sigma	Nivel sigma = Z + 1.5
			Mejorar	Reducción de defectos pot-mejora (DPMO)	$\frac{DPMO \text{ inicial} - DPMO \text{ final}}{DPMO \text{ inicial}} * 100$
			Controlar	Uso de gráficos de control	$\frac{N^{\circ} \text{ procesos con gráfico}}{N^{\circ} \text{ total de procesos}} * 100$
Y = Productos defectuosos	La reducción de productos defectuosos Hama et al. (2022) define a la reducción de productos defectuosos como el	La reducción de productos defectuosos se medirá mediante 02	Calidad en la producción	Porcentaje de productos conformes	$\frac{N^{\circ} \text{ productos conformes}}{N^{\circ} \text{ total de productos}}$
			Defectos de producción	Número de defectos identificados	= Conteo directo de unidades fuera de especificación

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

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Medición
	<p>esfuerzo por disminuir la cantidad de productos con fallas para mejorar la eficiencia de la producción y beneficiar la imagen de la marca y las ventas futuras.</p>	<p>criterios fundamentales los cuales son: calidad en la producción y defectos de producción. Esta medición se realizará por medio de indicadores.</p>		<p>DPMO (final)</p>	$\frac{N^{\circ} \text{ defectos} * 1,000,000}{N^{\circ} \text{ unidades} * N^{\circ} \text{ oportunidades}}$

ANEXO N° 3. Instrumento

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE PESO UNITARIO

Objetivo: Registrar el peso individual de cada unidad de queso fresco para analizar la variabilidad, conformidad y defectos respecto a las especificaciones del cliente.

Fecha	Lote	Unidad N°	Peso (g)	¿Cumple? (970–990 g)	Observaciones
01/04/25	01/04/25	10	970	si	Menor peso
02/04/25	02/04/25	0	-	-	-
03/04/25	03/04/25	0	-	-	-
04/04/25	04/04/25	20	980	si	Menor peso
05/04/25	05/04/25	10	974	si	Menor peso
06/04/25	06/04/25	10	990	si	Cumple el peso
07/04/25	07/04/25	10	980	si	Menor peso
08/04/25	08/04/25	10	970	si	Menor peso
09/04/25	09/04/25	0	-	-	-
10/04/25	10/04/25	0	-	-	-
11/04/25	11/04/25	20	980	si	Menor peso
12/04/25	12/04/25	10	970	si	Menor peso
13/04/25	13/04/25	10	980	si	Menor peso
14/04/25	14/04/25	10	990	si	Cumple el peso
15/04/25	15/04/25	10	976	si	Menor peso
16/04/25	16/04/25	0	-	-	-
17/04/25	17/04/25	0	-	-	-
18/04/25	18/04/25	20	973	si	Menor peso
19/04/25	19/04/25	10	979	si	Menor peso
20/04/25	20/04/25	10	980	si	Menor peso
21/04/25	21/04/25	10	990	si	Cumple el peso
22/04/25	22/04/25	10	990	si	Cumple el peso
23/04/25	23/04/25	0	-	-	-
24/04/25	24/04/25	0	-	-	-
25/04/25	25/04/25	20	986	si	Menor peso

ANEXO N° 4. Recojo de pesos

Medición de pesos unitarios en el mes de abril (medición antes de la implementación)

Producción del mes de Abril															
lote	peso unitario	lote	peso unitario	lote	peso unitario	lote	peso unitario	peso unitario	lote	peso unitario	lote	peso unitario	lote	peso unitario	
10/04/2025	380g	2/04/2025	0	3/04/2025	0	4/04/2025	370g	383g	5/04/2025	374g	6/04/2025	380g	7/04/2025	363g	
	390g		0		0		380g	385g		873g		384g		375g	
	390g		0		0		380g	390g		380g		382g		378g	
	385g		0		0		378g	390g		390g		383g		380g	
	380g		0		0		387g	380g		380g		385g		380g	
	380g		0		0		380g	390g		380g		380g		380g	
	370g		0		0		390g	390g		373g		380g		380g	
	375g		0		0		390g	390g		382g		380g		350g	
	375g		0		0		373g	380g		375g		375g		384g	
	330g		0		0		380g	380g		390g		390g		375g	380g
8/04/2025	390g	9/04/2025	0	10/04/2025	0	11/04/2025	370g	390g	12/04/2025	383g	13/04/2025	380g	14/04/2025	390g	
	370g		0		0		380g	380g		373g		384g		380g	
	370g		0		0		380g	375g		390g		382g		390g	
	387g		0		0		390g	387g		390g		383g		380g	
	380g		0		0		380g	380g		380g		385g		380g	
	380g		0		0		380g	380g		380g		380g		380g	
	390g		0		0		370g	390g		372g		380g		380g	
	390g		0		0		386g	370g		375g		380g		378g	
	380g		0		0		382g	390g		370g		375g		370g	
	380g		0		0		390g	380g		370g		375g		380g	
15/04/2025	380g	16/04/2025	0	17/04/2025	0	18/04/2025	375g	380g	19/04/2025	378g	20/04/2025	380g	21/04/2025	383g	
	390g		0		0		380g	390g		373g		384g		390g	
	390g		0		0		380g	390g		386g		382g		390g	
	376g		0		0		390g	373g		390g		383g		380g	
	380g		0		0		380g	387g		383g		385g		380g	
	382g		0		0		380g	380g		383g		380g		385g	
	373g		0		0		350g	390g		378g		380g		383g	
	376g		0		0		350g	378g		380g		380g		370g	
	384g		0		0		373g	390g		390g		375g		383g	
	390g		0		0		380g	380g		390g		375g		380g	
22/04/2025	390g	23/04/2025	0	24/04/2025	0	25/04/2025	386g	380g	26/04/2025	320g	27/04/2025	380g	28/04/2025	390g	
	390g		0		0		390g	380g		335g		384g		380g	
	390g		0		0		378g	380g		325g		382g		380g	
	387g		0		0		383g	380g		380g		383g		390g	
	380g		0		0		380g	380g		380g		385g		380g	
	380g		0		0		386g	380g		380g		380g		380g	
	378g		0		0		383g	350g		350g		380g		385g	
	370g		0		0		390g	350g		350g		380g		383g	
	390g		0		0		390g	380g		380g		375g		386g	
	380g		0		0		370g	380g		380g		375g		390g	
23/04/2025	380g	30/04/2025	0												
	380g		0												
	380g		0												
	370g		0												
	370g		0												
	385g		0												
	373g		0												
	390g		0												
383g	0														
380g	0														

Implementación de Six Sigma para la reducción de productos defectuosos en la línea de producción de Lácteos Marín en la provincia de la Concepción, Junín, 2025

Medición de pesos unitarios en el mes de mayo (medición después de la implementación)

Producción del mes de Mayo													
lote	peso unitario	lote	peso unitario	lote	peso unitario	lote	peso unitario	lote	peso unitario	lote	peso unitario	lote	peso unitario
10/5/2025	0	2/05/2025	989g	3/05/2025	0	4/05/2025	985g	5/05/2025	0	6/05/2025	980g	7/05/2025	990g
	0		985g		0		980g		984g				
	0		980g		0		982g		987g				
	0		980g		0		987g		990g				
	0		980g		0		987g		980g				
	0		989g		0		980g		980g				
	0		990g		0		980g		990g				
	0		990g		0		980g		980g				
	0		980g		0		987g		980g				
	0		980g		0		980g		983g				
8/05/2025	0	9/05/2025	980g	10/05/2025	0	11/05/2025	980g	12/05/2025	0	13/05/2025	980g	14/05/2025	990g
	0		980g		0		980g		980g				
	0		987g		0		980g		980g				
	0		990g		0		990g		980g				
	0		980g		0		985g		980g				
	0		983g		0		990g		980g				
	0		982g		0		990g		980g				
	0		988g		0		986g		980g				
	0		982g		0		982g		987g				
	0		990g		0		980g		989g				

15/05/2025	980g	16/05/2025	0	17/05/2025	0	18/05/2025	986g	19/05/2025	980g	20/05/2025	987g	21/05/2025	989g
	980g		0		0		990g		984g				
	980g		0		0		980g		990g				
	980g		0		0		990g		980g				
	980g		0		0		980g		985g				
	982g		0		0		980g		980g				
	980g		0		0		987g		989g				
	976g		0		0		980g		980g				
	984g		0		0		990g		980g				
	990g		0		0		980g		980g				

22/05/2025	990g	23/05/2025	0	24/05/2025	0	25/05/2025	986g	26/05/2025	990g	27/05/2025	983g	28/05/2025	990g
	990g		0		0		990g		984g				
	980g		0		0		990g		980g				
	987g		0		0		989g		980g				
	980g		0		0		980g		980g				
	980g		0		0		986g		980g				
	989g		0		0		980g		987g				
	980g		0		0		980g		986g				
	980g		0		0		990g		980g				
	980g		0		0		989g		987g				

23/05/2025	980g	30/05/2025	0										
	989g		0										
	989g		0										
	980g		0										
	980g		0										
	980g		0										
	985g		0										
	986g		0										
	989g		0										
	984g		0										

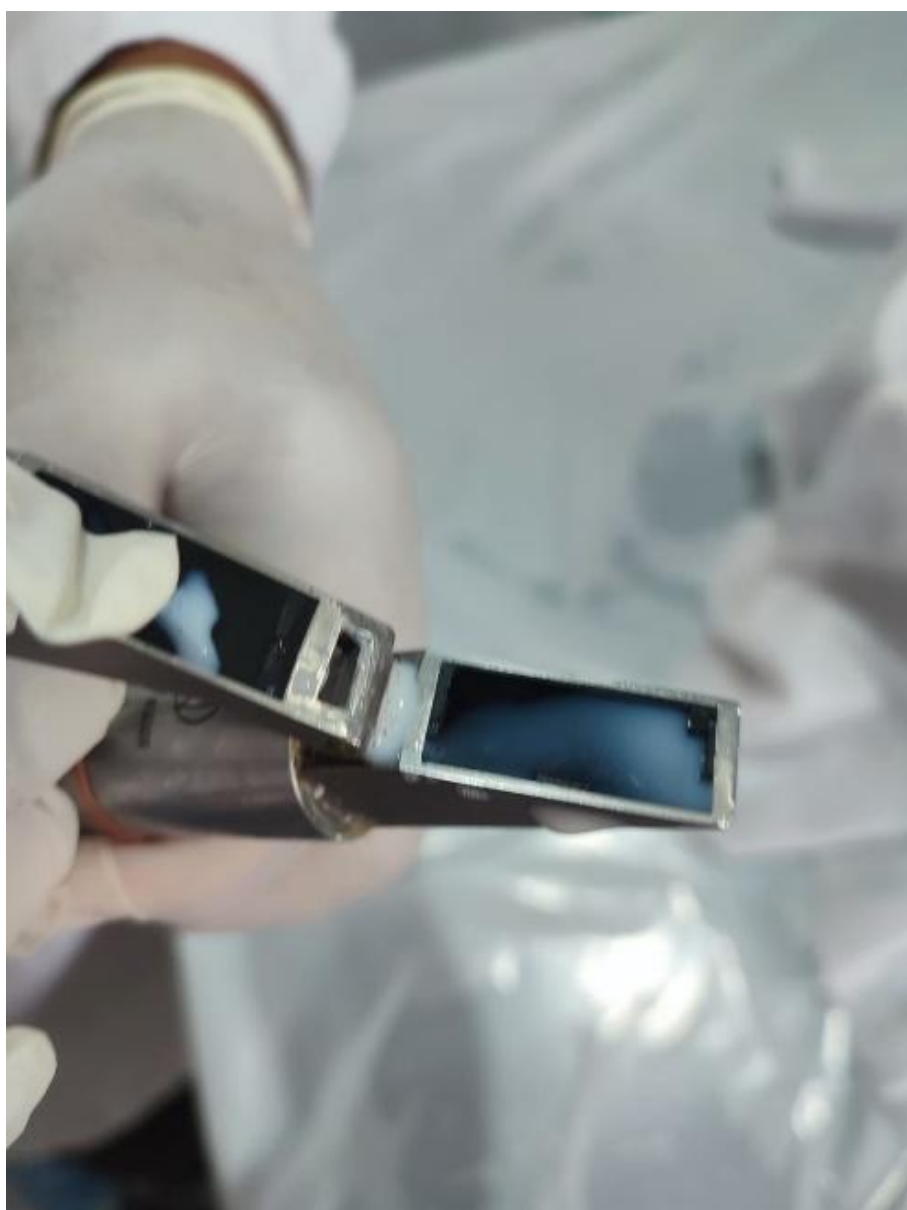
Implementación de Six Sigma para la reducción de productos defectuosos en la línea de producción de Lácteos Marín en la provincia de la Concepción, Junín, 2025

Medición de pesos unitarios en el mes de junio (medición después de la implementación)

Producción del mes de junio													
lote	eso unitari	lote	eso unitari	lote	eso unitari	lote	eso unitari	lote	eso unitari	lote	eso unitari	lote	eso unitario
1/06/2025	980g	2/06/2025	0	6/06/2025	990g	4/06/2025	990g	5/06/2025	0	6/06/2025	990g	7/06/2025	0
	980g		0		990g		990g		0		990g		0
	980g		0		990g		980g		0		980g		0
	980g		0		990g		980g		0		988g		0
	980g		0		990g		980g		0		980g		0
	980g		0		980g		980g		0		980g		0
	983g		0		980g		980g		0		983g		0
	983g		0		980g		990g		0		980g		0
	990g		0		980g		990g		0		980g		0
	980g		0		990g		990g		0		980g		0
lote	eso unitari	lote	eso unitari	lote	eso unitari	lote	eso unitario						
8/06/2025	990g	9/06/2025	0	10/06/2025	990g	11/06/2025	990g						
	987g		0		990g		990g						
	990g		0		980g		990g						
	990g		0		980g		990g						
	980g		0		980g		990g						
	980g		0		980g		990g						
	980g		0		983g		990g						
	980g		0		980g		990g						
	980g		0		980g		990g						
	990g		0		980g		990g						

ANEXO N° 5. Evidencias









Implementación de Six Sigma para la reducción de productos defectuosos en la línea de producción de Lácteos Marín en la provincia de la Concepción, Junín, 2025

