

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Reducción de merma en los procesos de comercialización de pollo en puntos de
venta de una empresa minorista

INGE2820

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Luis Octavio Granda Herdoiza
Slather Adrián Chancay Merchán

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que, con generosidad, me brindaron su disposición, tiempo y esfuerzo para completarlo.

Remarco la participación de los facilitadores de la empresa, a quienes se debe este proyecto y espero de antemano haya cumplido con sus expectativas.

Así también a mis tutores de grado, quienes fueron parte significativa de mi proceso de aprendizaje y a los cuales debo el nivel profesional alcanzado.

Luis Granda

Dedicatoria

Dedico este trabajo y toda mi carrera a mi familia que desde el principio me apoyaron a pesar de las dificultades económicas y la distancia. A mi padre por su esfuerzo económico, a mi madre y abuelita por la preocupación y atención que me brindaban desde la distancia y a mi hermano por enseñarme a no rendirme, y a todos juntos por el amor incondicional que me brindaron en toda esta etapa universitaria.

También lo dedico a mis profesores por la enseñanza adquirida para enfrentarme al mundo laboral y a la empresa donde realicé este trabajo por confiar en nosotros.

Slather Chancay

Agradecimientos

Agradezco la oportunidad de haber desarrollado este trabajo, en primer lugar, a Dios, mi familia, amigos y todas aquellas personas que motivaron en mí el deseo de seguir adelante pese a las adversidades.

Expreso un especial reconocimiento a mis padres, por su apoyo incondicional, por estar siempre presentes y por los valores y formación con que me han guiado.

Así también, extendiendo mi gratitud a ESPOL y su comunidad, maestros, compañeros y personal, quienes han sido parte de mi crecimiento profesional.

Luis Granda

Agradecimientos

En primer lugar y más importante,
agradezco a Dios por brindarme salud,
por permitirme estar con vida y por
bendecir también a mis seres queridos.

Agradezco a mis padres por confiar en mi
potencial y cumplir mi sueño de estudiar
en la prestigiosa ESPOL a pesar de la
distancia. Quiero agradecer a mi tío Jorge
que me abrió las puertas de su hogar en la
ciudad de Guayaquil y a mi tío Leonardo
por las veces que me brindó transporte.

También agradezco a mis profesores por
enseñarme y apoyarme en toda la etapa
universitaria. Agradecer a mis amigos del
IISE y a Luis Granda por el apoyo en mis
estudios para ser unos exitosos
profesionales.

Slather Chancay

Declaración Expresa

Luis Octavio Granda Herdoiza y Slather Adrián Chancay Merchán acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 20 de mayo del 2025.


Luis Octavio Granda
Herdoiza


Slather Adrián Chancay
Merchán

Evaluadores

María Laura Retamales García

Profesora de Materia

María Denise Rodríguez Zurita

Tutora de proyecto

Resumen

En el sector minorista de alimentos, la merma de pollo constituye un reto considerable al producir pérdidas económicas para la empresa. Este proyecto tiene como propósito reducir la merma de pollo en un local de Guayaquil mediante la metodología DMAIC para establecer las respectivas mejoras. Se proyecta que la implementación de controles visuales y un plan de mantenimiento preventivo contribuye a optimizar la eficiencia operativa y garantizar la sostenibilidad del negocio. El estudio se desarrolló utilizando técnicas como SIPOC, VOC, CTQ, diagramas causa-efecto, AMEF y pruebas estadísticas, complementadas con visitas Gemba. Estas herramientas ayudaron a determinar como principales factores el mal cierre en las puertas de cámaras frigoríficas, fallas en equipos de cadena de frío y procedimiento ineficiente de conservación. Los resultados demostraron una disminución del porcentaje de merma del 6.1% al 3.94%, lo que genera un beneficio económico de \$413, además de una mejora en la eficiencia de los equipos de 0.375 a 0.75. En conclusión, la aplicación de controles visuales junto con un plan de mantenimiento preventivo constituye una estrategia eficaz y sostenible para reducir mermas en el comercio minorista.

Palabras Clave: merma, DMAIC, control visual, mantenimiento preventivo.

Abstract

the food retail sector, chicken waste represents a considerable challenge, causing economic losses for the company. This project aims to reduce chicken waste at a retail in Guayaquil through the DMAIC methodology to establish the corresponding improvements. It is projected that the implementation of visual controls and a preventive maintenance plan will contribute to optimizing operational efficiency and ensuring business sustainability.

The study was conducted using techniques such as SIPOC, VOC, CTQ, cause-effect diagrams, FMEA, and statistical tests, complemented by Gemba visits. These tools helped identify the main contributing factors: poor sealing of cold storage doors, failures in cold chain equipment, and inefficient preservation procedures.

The results showed a reduction in the waste percentage from 6.1% to 3.94%, generating an economic benefit of \$413, along with an improvement in equipment efficiency from 0.375 to 0.75.

In conclusion, the implementation of visual controls together with a preventive maintenance plan constitutes an effective and sustainable strategy to reduce waste in retail operations.

Keywords: waste, DMAIC, visual control, preventive maintenance.

Índice general

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Índice general.....	III
Índice de tablas	IV
Índice de figuras	V
Abreviaturas	VI
Simbología.....	VII
Capítulo 1.....	1
1 Introducción	2
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema	3
1.3 Objetivos	3
1.4 Marco teórico	4
Capítulo 2.....	8
2 Metodología	9
2.1 Definición	9
2.2 Medición	15
2.3 Análisis	21
2.4 Mejora	34
2.5 Control	38
Capítulo 3.....	42
3 Resultados y análisis	43
3.1 Resultados merma de pollo	43
4 Conclusiones y recomendaciones	47
4.1 Conclusiones	47
4.2 Recomendaciones	47

Índice de tablas

Tabla 1 Diagrama SIPOC	9
Tabla 2 Análisis de Valor de Procesos	15
Tabla 3 Plan de Recolección de Datos.....	16
Tabla 4 Resumen de Estadísticas (Fase Medición).....	18
Tabla 5 Matriz Causa-Efecto	23
Tabla 6 Análisis Modal Efecto Fallo (AMEF)	24
Tabla 7 Plan de Verificación de Causas	25
Tabla 8 Evidencia Gemba Causa 1	26
Tabla 9 Evidencia Gemba Causa 2	27
Tabla 10 Evidencia Gemba Causa 3	27
Tabla 11 Evidencia Gemba Causa 4	28
Tabla 12 Ecuación de Regresión Factor Peso Inicial Alas con Espaldilla	29
Tabla 13 Resultados del Modelo Factor Peso Inicial Alas con Espaldilla	29
Tabla 14 Ecuación de Regresión Factor Peso Inicial Pechuga	30
Tabla 15 Resultados del Modelo Factor Peso Inicial Pechuga	30
Tabla 16 Ecuación de Regresión Factor Peso Inicial Pollo Entero Vacío	31
Tabla 17 Resultados del Modelo Factor Peso Inicial Pollo Vacío Grande.....	31
Tabla 18 Aplicación de 5 Porqués?	33
Tabla 19 Lluvia de Ideas (Soluciones).....	34
Tabla 20 Matriz de Estimación de Costos por Solución.....	35
Tabla 21 Matriz de Decisión.....	35
Tabla 22 Plan de Implementación.....	36
Tabla 23 Plan de Control	39
Tabla 24 Plan de reacción solución 1	39
Tabla 25 Plan de reacción solución 2	40
Tabla 26 Prueba de Wilcoxon Cambio de Eficiencia en Equipos	44
Tabla 27 Resultados de las Métricas del Triple Bottom Line.....	45

Índice de figuras

Figura 1 Diagrama de Afinidad del VOC	10
Figura 2 CTQ-Tree	11
Figura 3 Serie de Tiempo para el Porcentaje de Merma de Pollo Mensual.....	12
Figura 4 Indicadores del Triple Bottom Line	12
Figura 5 Definición del Problema 3W2H	13
Figura 6 Despliegue de Procesos	13
Figura 7 Diagrama de Flujo Funcional del Procedimiento de Exhibición.....	14
Figura 8 Alcance de Procesos	14
Figura 9 Pareto del % de Contribución de Merma por SKU	19
Figura 10 Definición de Problema 5W1H Enfocado de Alas con Espaldilla	20
Figura 11 Carta de Control de Media y Rango Móvil para el Porcentaje de Merma de Pollo Mensual.....	20
Figura 12 Análisis de Capacidad del Proceso de Porcentaje de Merma de Pollo Mensual....	21
Figura 13 Diagrama Ishikawa.....	22
Figura 14 Matriz Impacto-Control Agregada	24
Figura 15 Pareto de Efectos para Alas con Espaldilla	30
Figura 16 Pareto de Efectos para Pechugas	31
Figura 17 Pareto de Efectos para Pollo Vacío Grande	32
Figura 18 Matriz Impacto-Esfuerzo.....	36
Figura 19 Controles Visuales.....	37
Figura 20 Controles Auditivos.....	37
Figura 21 Comparación % Merma de Pollo Antes y Después de las Mejoras	43
Figura 22 Diagrama de Caja % de Merma (Antes).....	44
Figura 23 Diagrama de Caja % de Merma (Después)	45

Abreviaturas

CTQ	Critical to quality
DMAIC	Defne, Measure, Analyze, Improve, Control
VOC	Voice of Customer
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer
SKU	Stock Keeping Unit

Simbología

μ	Media Poblacional
η	Eficiencia
H_0	Hipótesis Nula
H_1	Hipótesis Alternativa

Capítulo 1

1 Introducción

El proyecto enmarca su estudio en una organización ecuatoriana cuya fundación se remonta varias décadas atrás, la cual inició en el mercado como una pequeña tienda local dedicada a ofrecer productos varios a la comunidad y, con el tiempo, ha evolucionado hasta adaptarse a las nuevas tendencias del mercado, ampliando su oferta y consolidando su presencia en el sector minorista, desempeñándose en actividades clave como el procesamiento y comercialización de productos cárnicos bajo un estándar de alta calidad.

El crecimiento de la organización se ha reforzado mediante la integración de estrategias en la cadena de suministro, combinando tiendas físicas con sistemas que facilitan una experiencia de compra directa. Dichos sistemas abarcan tanto la producción de cárnicos en sus fábricas faenadoras como la recepción de otros productos de consumo general enviados por proveedores estratégicos, lo que permite la comercialización de un amplio catálogo de productos en los puntos de venta, garantizando la trazabilidad de todo el proceso hasta la venta.

La continua adaptación de procesos y tecnologías ha permitido a la organización detectar mejoras en tiempo real. Al analizar indicadores clave a lo largo de cada etapa, se identifican cuellos de botella y se optimizan las operaciones, facilitando la satisfacción del cliente y a su vez dar margen a la mejora continua, lo que ha permitido el desarrollo del proyecto.

1.1 Descripción del problema

En el sector minorista de productos cárnicos, uno de los principales desafíos es la gestión adecuada de alimentos perecibles, como el pollo, cuyo comercialización y manejo requieren controles rigurosos para prevenir pérdidas antes de su venta al cliente. Actualmente, en uno de los locales de una empresa minorista ubicada en la ciudad de

Guayaquil, se ha detectado un aumento significativo en los niveles de merma de pollo en comparación con otros puntos de venta de la misma cadena.

Esta problemática ha sido detectada a través de informes internos, los cuales evidencian una considerable cantidad de producto descartado antes de concretar su venta. Esta situación limita la eficiencia operativa del local y genera inconvenientes en la gestión de inventario, lo que, a su vez, afecta la disponibilidad de producto fresco para los clientes.

Frente a este escenario, se considera necesario realizar un análisis que permita dimensionar la magnitud de la merma, localizar los puntos críticos dentro del proceso de comercialización y desarrollar alternativas de mejora que contribuyan a disminuir la pérdida de este alimento perecible.

1.2 Justificación del problema

El desarrollo de este proyecto se justifica por las repercusiones operativas y de servicio al cliente que genera la alta merma de pollo en un local minorista ubicado en Guayaquil. Optimizar la gestión de estos productos contribuirá a utilizar de manera más eficiente los recursos, mejorar los procesos internos y garantizar que los alimentos se comercialicen en condiciones adecuadas para el consumidor.

Desde una perspectiva académica, esta investigación ofrece un aporte relevante al abordar la gestión de mermas en productos perecibles, temática de importancia en la administración de empresas alimentarias. Los resultados obtenidos permitirán establecer recomendaciones que favorezcan la manipulación, almacenamiento y comercialización adecuada de alimentos, asegurando su calidad e inocuidad.

Adicionalmente, reducir la cantidad de alimentos desperdiciados también implica un beneficio ambiental, al disminuir los residuos orgánicos generados, y respalda la aplicación de prácticas responsables y sostenibles en el ámbito comercial.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Reducir el porcentaje promedio mensual de merma de pollo en una línea minorista de pollo en un 80%, disminuyendo el GAP actual del 6.1% en 2.87%, dentro de un período de 4 meses a través de la implementación de un proyecto Lean Seis Sigma.

1.3.2 Objetivos específicos

Aplicar las herramientas de manufactura esbelta para identificar y eliminar la merma en el proceso de producción de pollos.

Reducir la variabilidad en el proceso de producción de pollos, asegurando una disminución progresiva de la merma.

Promover la reducción de merma en la línea de pollo, asegurando un uso eficiente de los recursos.

1.4 Marco teórico

1.4.1 VOC

La voz del cliente es una metodología que permite enlistar los requerimientos claves del cliente; es decir, aquellas cualidades del proceso, producto o servicio significativas para priorizar sus deseos reales, a través de diferentes técnicas de recolección de información primaria o secundaria, las cuales conducen a la identificación de clientes claves, así como requerimientos críticos de calidad (Montgomery, 2020).

1.4.2 CTQ's

El propósito de esta herramienta es pasar de la voz del cliente, la cual es difícil de medir, a elementos específicos expuestos a medidas particulares (requerimientos críticos de calidad). Los CTQ's son los parámetros internos de calidad crítica que relacionan los deseos y necesidades del cliente con factores medibles que conducen a la identificación del problema.

1.4.3 Diagrama SIPOC

El SIPOC brinda una visión general del proceso entero, desde el proveedor hasta el consumidor, lo que favorece a comprender la relación de la empresa y su entorno. Contiene cinco componentes que son: Proveedor, Entrada, Proceso, Salida y Consumidor. Los cuales a detalle permiten identificar el segmento de clientes, reprocesos y oportunidades de mejora (International Journal of Engineering Research & Technology, 2020).

1.4.4 Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una herramienta gráfica que organiza diferentes tipos de datos en orden descendente, usando para su representación gráfica un diagrama barras y una ojiva. Esta herramienta exploratoria se construye una vez recopilada la información necesaria para evaluar y clasificar las causas, con el propósito de establecer un orden de prioridad.

Mediante de este diagrama, se pueden identificar cuáles son los problemas de mayor impacto, basándose en el principio de Pareto, también conocido como "pocos vitales, muchos triviales" donde se establece que la minoría de causas genera la mayoría de las consecuencias, ya que comúnmente el 80% de los resultados es generado del 20% de los factores involucrados (Gutiérrez, 2010).

1.4.5 Diagrama Causa Efecto o Ishikawa

El diagrama de Causa Efecto, también conocido como diagrama de Ishikawa, es una herramienta visual que permite identificar las causas que originan un determinado evento. Es comúnmente empleado en el ámbito de la producción y el diseño de productos, ya que permite representar las distintas etapas de un proceso, señalar posibles fallos en el control de calidad y definir los recursos necesarios en momentos específicos del flujo de trabajo.

Para elaborarlo, se coloca el problema principal en el extremo derecho del gráfico. A partir de ahí, se traza una línea horizontal hacia la izquierda, similar a una flecha dirigida al problema central. Desde esa línea principal surgen ramas que representan las categorías

generales de posibles causas, y de estas, se desprenden nuevas ramificaciones que detallan causas más específicas. Este tipo de representación facilita una visión general del problema, lo que permite tomar decisiones fundamentadas en los hallazgos obtenidos (Pyzdek & Keller, 2014).

1.4.6 GEMBA

Expresión japonesa cuya traducción indica “lugar de trabajo”, es un método o herramienta que consiste en visitar el lugar de acción y recopilar los hechos.

Permite comprender los procesos y cuestionar diferentes hipótesis relacionadas a estos, dando lugar a la toma de acciones sobre un problema o decisión. Además, es la base para la implementación de mejoras fundamentadas en un conocimiento profundo del entorno laboral (Bicheno & Holweg, 2024).

1.4.7 Regresión Lineal Múltiple

Es una técnica estadística que modela el comportamiento de una característica Y (variable dependiente), explicada en términos con más de un regresor (variable independiente), permitiendo postular un modelo de la forma:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \epsilon_i, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n$$

El cuál es válido bajo los siguientes supuestos: linealidad, no colinealidad, homogeneidad, normalidad, homocedasticidad e independencia.

Permitiendo a través de sus parámetros (betas), cuantificar las interacciones o efectos de cada variable independiente sobre la Y explicada (Zurita, 2010).

1.4.8 5 Porqués?

La técnica de los 5 Porqués establece una herramienta usada en la fase de análisis de problemas dentro de proyectos de mejora continua. Su principal propósito es identificar la causa raíz a través de una secuencia estructurada de preguntas.

Esta metodología trata en interrogar al menos cinco veces con la pregunta “¿por qué?” respecto al problema inicial, profundizando en diferentes niveles de detalle hasta llegar a una causa prioritaria. El uso adecuado de esta herramienta aporta a eliminar suposiciones o explicaciones superficiales, permitiendo una comprensión más profunda del fenómeno analizado (Bicheno & Holweg, 2024).

Capítulo 2

2 Metodología

Considerando que la organización promueve el desarrollo de proyectos de mejora y, ante la necesidad de resolver un problema crítico evidenciado cuantitativamente en el indicador de merma de la línea de pollo de un centro minorista, se dio lugar al desarrollo del proyecto.

Tomando en cuenta dicha necesidad y bajo la supervisión del personal administrativo, se autorizó el acceso a las instalaciones y se realizó una reunión piloto con los clientes; esto permitió definir el contexto, establecer los parámetros de análisis y definir el mecanismo de seguimiento, con el objetivo de alcanzar una solución durante la ejecución del proyecto.

2.1 Definición

2.1.1 SIPOC

A través de un diagrama SIPOC se definió la estructura de los clientes, así como los procesos clave que abarcará el proyecto, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Diagrama SIPOC

Proveedor	Entrada	Proceso	Salida	Cliente
Faenadora de pollos	Orden de compra Gaveta de SKU	Recepción	Gaveta de SKU Correo electrónico Control de despacho	Departamento de congelación
Supervisor Asistente de almacén	Gavetas de SKU Control de despacho	Congelación	Productos congelados	Departamento de refrigeración
Supervisor Asistente de almacén	Gavetas de SKU Control de despacho	Refrigeración	Merma de SKU Productos refrigerados	Almacén
Supervisor Asistente de almacén Operadores de la cadena de frío	SKUs de conversión SKUs refrigerados SKU's congelados	Exhibición al cliente	Productos	Almacén Minoristas Restaurantes Catering Personas naturales
Operadores de la cadena de frío Operadores de corte	SKUs de conversión SKUs refrigerados SKU's congelados	Venta	Productos Informe del sistema RMS Cuentas	Minoristas Restaurantes Catering Personas naturales

2.1.2 Entrevistas y Segmentación de Cliente

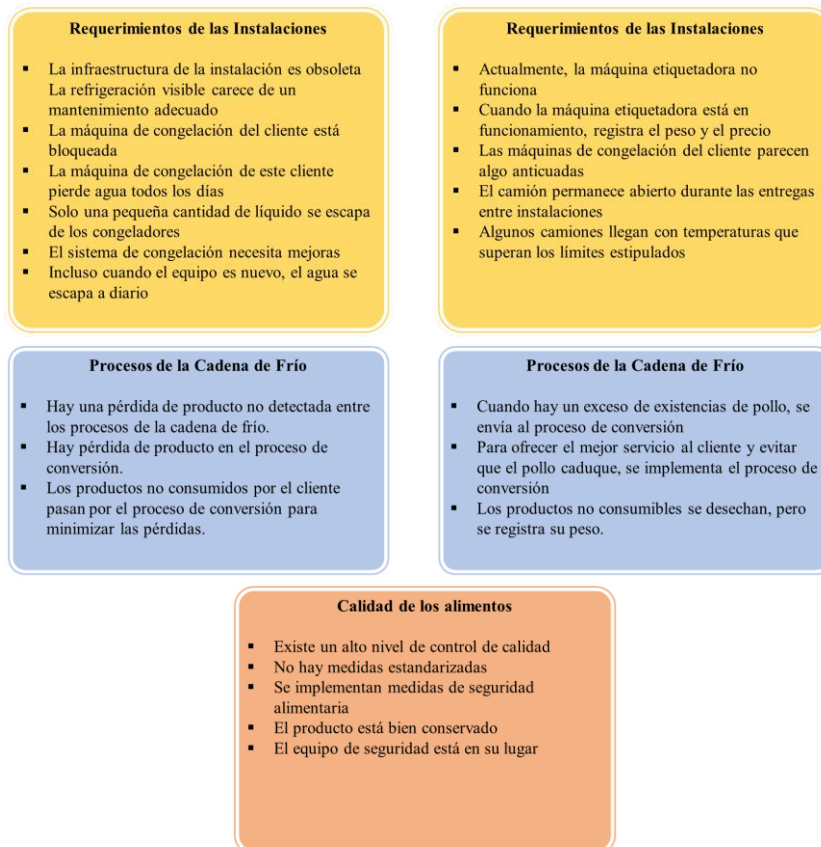
Como mecanismo para mapear las necesidades de los clientes, se realizaron entrevistas, a través de preguntas orientadas al personal del centro minorista y administrativo. Esto permitió obtener la “voz del cliente” e identificar los segmentos de clientes: administradores (cliente clave por la cercanía con la instalación), operadores de la cadena de frío y asistentes de operaciones.

2.1.3 Voz del Cliente y Diagrama de Afinidad

Tras realizar las entrevistas se obtuvieron alrededor de treinta comentarios relacionados a la necesidad de reducir la merma de pollo; dichos comentarios fueron agregados en un diagrama de afinidad destacando las necesidades de los clientes en cuatro grandes grupos como se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Diagrama de Afinidad del VOC

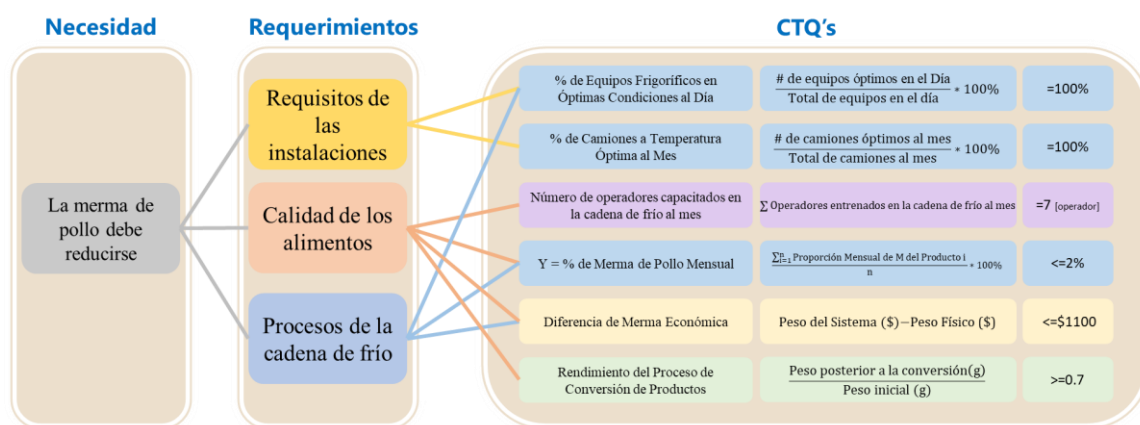


2.1.4 CTQ's y CTQ Tree

Tras recopilar la información de los clientes, fue necesario establecer los críticos de la calidad (CTQ's) con los que se midió cuantitativamente cada necesidad de los clientes, siendo estos definidos y agrupados en el CTQ-Tree, con sus respectivos parámetros y métricas, reflejados en la Figura 2.

Figura 2

CTQ-Tree

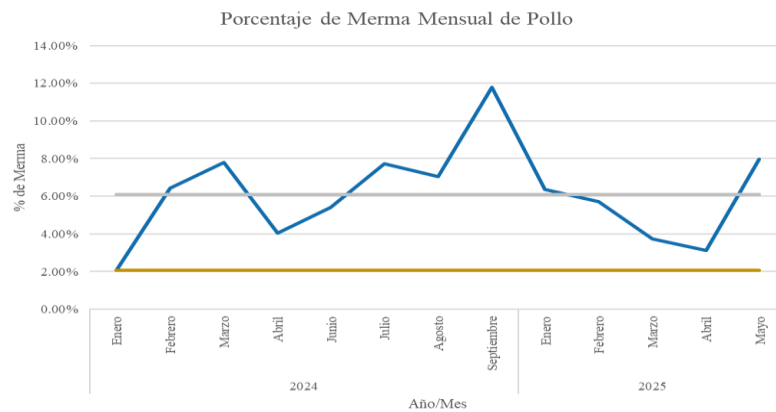


2.1.5 Variable de Respuesta

Por medio del CTQ tree se determinó la expresión para cuantificar el problema, que fue “porcentaje de merma de pollo mensual”, que constaría de información histórica desde enero de 2024, modelando una serie de tiempo donde se cuantifica la irregularidad de control en la métrica y el creciente incremento de merma con respecto al tiempo.

Figura 3

Serie de Tiempo para el Porcentaje de Merma de Pollo Mensual



Se evidencia que el promedio la merma de pollo mensual es de 6.1% en el período de medición (13 meses), con un mínimo de 2.07%, el cuál será la base del benchmark, dado que la empresa no dispone de métricas confiables para el establecimiento de una meta.

2.1.6 Triple Bottom Line

A través del CTQ Tree, se obtuvieron CTQ's evaluando el desempeño de la empresa en los tres pilares fundamentales de la sostenibilidad: social, económico y ambiental; dando como resultado el Triple Bottom Line reflejado en la Figura 4.

Figura 4

Indicadores del Triple Bottom Line

Social	Económico	Ambiental
Número de operadores capacitados en la cadena de frío al mes	Diferencia de Merma Económica	Rendimiento del Proceso de Conversión de Productos
Σ Operadores entrenados en la cadena de frío al mes	Peso del Sistema (\$) – Peso Físico (\$)	$\frac{\text{Peso posterior a la conversión(g)}}{\text{Peso inicial (g)}}$

2.1.7 Definición del Problema

A través de la estructura 3W2H (Figura 5), se definió el problema de estudio, siendo este, a partir de enero de 2024, la merma en una empresa minorista de pollo ha aumentado al 6.1%, superando significativamente el estándar de la empresa del 2.07%.

Figura 5

Definición del Problema 3W2H

3W	What? ¿Qué?	El aumento en el porcentaje de merma de pollo mensual.
	Where? ¿Dónde?	En la una empresa minorista.
	When? ¿Cuándo?	A partir de enero de 2024.
2H	How Much ¿Cuánto?	6.1 % de merma promedio.
	How Do I Know ¿Cómo lo sé?	El estándar esperado de la empresa es 2.07%.

2.1.8 Alcance de Procesos

Dado que los procesos planteados por el cliente fueron definidos de antemano, se identificó el proceso tipo perteneciente al despliegue de la cadena de valor (Figura 6), a través, de diagramas de flujo funcional como el observado en la Figura 7 donde fueron mapeados los cuatro macroprocesos y seleccionados dos, recepción de productos y exhibición de productos cárnicos, que pertenecían al alcance del estudio y comprendían los procesos de recepción, congelación, refrigeración, exhibición al cliente y ventas (Figura 8).

Figura 6

Despliegue de Procesos

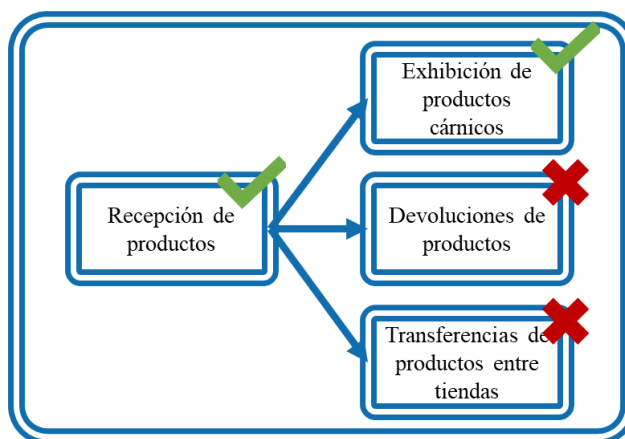


Figura 7

Diagrama de Flujo Funcional del Procedimiento de Exhibición

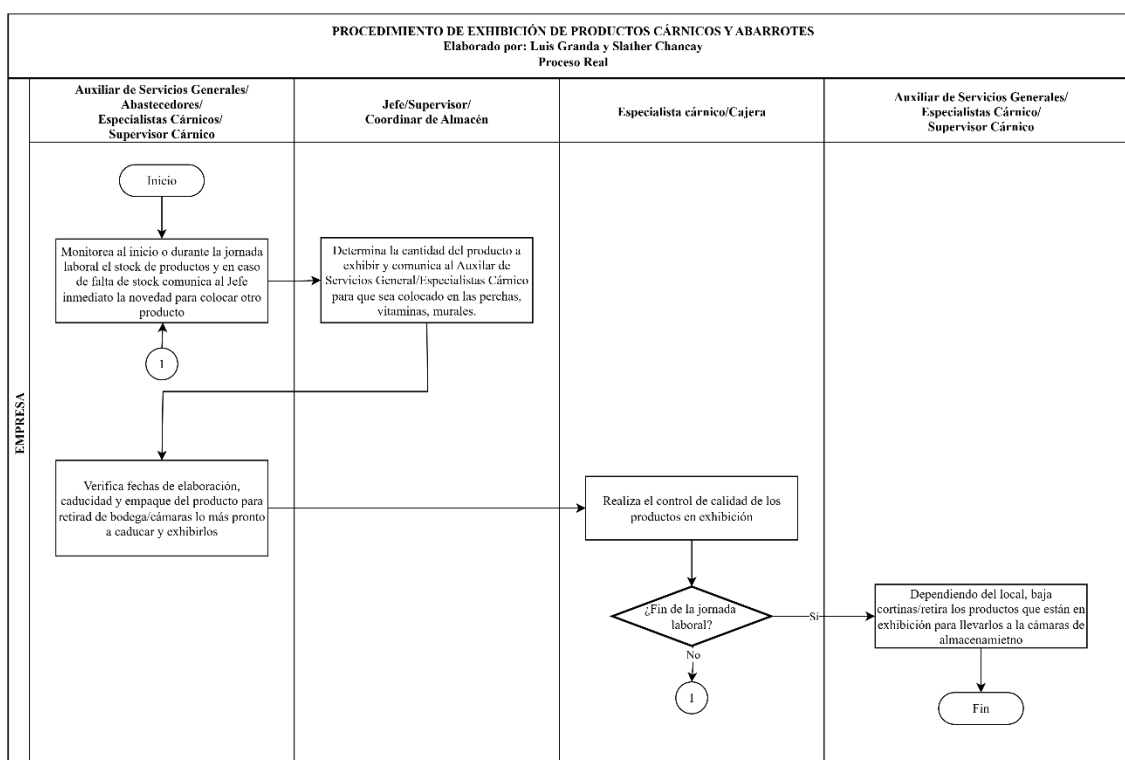
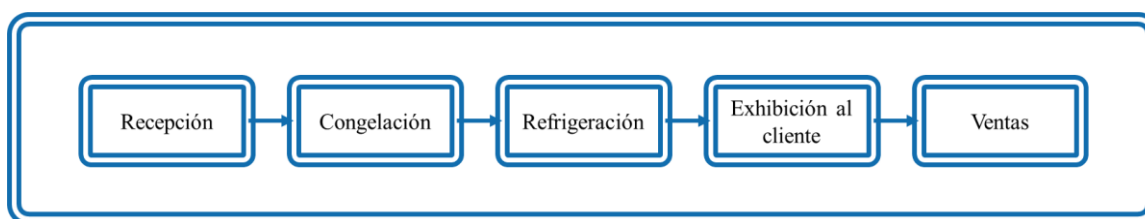


Figura 8

Alcance de Procesos



2.1.9 Análisis del Proceso y Fábricas Ocultas

Una vez definidos los macroprocesos se identificaron fábricas ocultas, de modo que se validara, a través, de un examen crítico el valor de los procesos, en base a los siete desperdicios de manufactura esbelta, obteniendo resultados mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2

Análisis de Valor de Procesos

Desperdicio	% de Desperdicio
Sobreprocesamiento	21.74%
Espera	43.47%
Inventario	4.35%
Defecto	4.35%
Movimiento	4.35%
Total de Desperdicios	78.26%

2.2 Medición

2.2.1 Plan de Recolección de Datos

Como línea base para la fase de medición, fue necesario elaborar el plan de recolección de datos (Tabla 3), a favor de cuantificar los resultados previos y a posteriori del proyecto; definiendo así las variables y factores de estratificación para la medición de cada crítico de la calidad, proveniente de la información del cliente y muestreo, los cuales son validados a través del análisis de confiabilidad de los datos, a través de pruebas de hipótesis y doble verificación, para el caso de los datos resultados del muestreo aleatorio simple.

Tabla 3*Plan de Recolección de Datos*

PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
DATOS				DEFINICIONES OPERACIONALES Y PROCEDIMIENTOS				
CTQ	Título de Medida	Tipo de Dato	Unidad de Medición	Definición Operacional	Método (¿Cómo se Medirá?)	Factores de Estratificación	Muestreo	Responsable
% de Equipos Frigoríficos en Óptimas Condiciones al Día	Número de equipos en óptimas condiciones al día	D	Equipo	Número total de equipos de refrigeración funcionales y operativos ubicados dentro del área minorista en el día	Se llevará a cabo un recuento físico de todos los equipos de refrigeración en funcionamiento dentro del área de venta al por menor, verificando su estado operativo y registrando los resultados	Equipos de la Cadena Frio	SR	Equipo de proyecto y operadores (mantenimiento y despacho)
	Número de equipos totales frigoríficos en el almacén al día	D	Equipo	Número total de unidades frigoríficas instaladas y operativas en el área comercial al día	Cada día, se lleva a cabo un registro físico de todas las unidades de refrigeración en el área comercial, confirmando su estado operativo			
% de Camiones a Temperatura Óptima al Mes	Número de camiones en óptimas condiciones al mes	D	Camiones	Número total de camiones que mantienen la temperatura de refrigeración interna dentro del rango óptimo durante el mes	Comparación de la temperatura adecuada del camión con la de llegada al punto de venta	Día de Despacho	SR	Equipo de proyecto y personal de operaciones
	Número de camiones totales al mes	D	Camiones	Número total de camiones que realizaron operaciones de distribución durante el mes	Cada mes, un registro físico de todas las unidades de camiones que han llegado a la venta al por menor			
% de Merma de Pollo Mensual	Peso del registro del sistema	C	kg	Peso mensual del pollo en kg en el sistema.	Datos del informe del sistema en kg	Por SKU	No	Administradores y personal de operaciones
	Peso de la toma física	C	kg	Peso mensual de pollo producido por medición física	Datos de pesaje manual en kg			
	Peso equivalente en ventas	C	kg	Peso mensual del pollo vendido según los registros del sistema	Datos del registro de ventas en kg			
Diferencia de Merma Económica	Costos resultantes del sistema	C	\$	Peso mensual del pollo en kg en el sistema.	Datos del informe del sistema en \$	Por SKU	No	Administradores y personal de operaciones
	Costos resultantes de toma física	C	\$	Peso mensual de pollo producido por medición física	Datos de ponderación manual en \$			
Rendimiento del Proceso de Conversión de Productos	Peso antes del proceso de conversión	C	kg	Eficiencia del proceso de conversión resultante de la división del peso obtenido tras conversión entre el peso inicial.	Pesar en una báscula calibrada el peso de la pieza frente a su propia conversión	Por SKU	SR	Personal de Corte
	Peso después del proceso de conversión	C	kg					

2.2.2 Confiabilidad de los Datos

En esta etapa se validó con el cliente la confiabilidad de los datos, definiendo que era necesario realizar su depuración para las observaciones de indicadores de merma, dado que a criterio del cliente se considera confiable el intervalo de merma entre 0% y 30%, omitiendo valores atípicos que se atribuyen a factores externos como el cruce, errores de medición por parte operadores o sistema de medición no estandarizado.

Bajo ese subtexto, se realizaron las pruebas estadísticas correspondientes para cada variable medida, como se detalla en la

Tabla 4.

A través de una prueba de diferencia de medias, se determinó que el porcentaje de merma mensual (Y) y el porcentaje económico de merma mensual han incrementado, dado que el intervalo de confianza de su media muestral no contiene a la hipotética poblacional, por lo tanto, bajo un valor p aproximado a 0, con un nivel de confianza del 95%, se rechaza la hipótesis nula a favor de la alternativa, indicando que existe un incremento de merma significativo con respecto a la información histórica de 2023.

Para el porcentaje de camiones óptimos al mes, peso antes de conversión y peso después de conversión se utilizó la prueba normal de dos colas (bilateral), para definir si existe variación con respecto a los datos históricos, obteniendo valores p con un nivel de confianza del 95%, mayores que 0.05, implicando que no existen diferencias significativas entre el registro histórico y el muestreo realizado, definiendo estos datos como confiables.

Se utilizó una prueba de proporción para determinar si los registros del muestreo de los camiones diarios eran equivalentes a los datos históricos, validando bajo un nivel de confianza del 95% y un valor p de 0.707, que existe suficiente evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula, y, por tanto, no hay variación con respecto al registro histórico.

Dado que ciertos conjuntos de datos no se distribuían de forma normal, ni disponían de información histórica, a través de la prueba de Wilcoxon se determinó que la eficiencia de equipos al día y la eficiencia del proceso de conversión no son confiables dado que alcanzan un nivel de confianza máximo menor al 95% esperado, por lo que se categorizan a estos datos como no confiables.

Tabla 4*Resumen de Estadísticas (Fase Medición)*

Estadísticas Descriptivas del Porcentaje de Merma Mensual				
N	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Límite inf. 95% para μ
13	0.061	0.025	0.0025	0.0568
Prueba Z de Cola Derecha para Porcentaje de Merma Mensual				
Ho: $\mu = 0.0402$			H1: $\mu > 0.0402$	
Valor Z			Valor P	
8.25			0.00	
Estadísticas del Porcentaje Económico de Merma Mensual				
N	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Límite inf. 95% para μ
13	0.051	0.0218	0.0026	0.0468
Prueba Z de Cola Derecha para Porcentaje Económico de Merma Mensual				
Ho: $\mu = 0.0318$			H1: $\mu > 0.0318$	
Valor Z			Valor p	
7.38			0.00	
Estadísticas descriptivas para Porcentaje de Camiones Óptimos al Mes				
N	Media	Desviación Estándar	Error estándar	IC de 95% para μ
2	1.00	0.00	0.0383	(0.9250, 1.0750)
Prueba Z Bilateral para el Porcentaje de Camiones Óptimos al Mes				
Ho: $\mu = 0.961$			H1: $\mu \neq 0.961$	
Valor Z			Valor p	
1.02			0.310	
Prueba de Proporción para Porcentaje de Camiones Óptimos al Mes				
N	Evento	Muestra p	Límite inf. 95% para p	
10	10	1.00	0.741	
Prueba de Proporción para Número de Camiones Óptimos al Día				
Ho: $p = 0.956$		H1: $p \neq 0.956$		
		Valor p		
		0.707		
Método de Wilcoxon para Eficiencia de Equipos al Día				
Muestra	N	Mediana	IC para η	Confianza lograda
Eficiencia	12	0.375	(0.25, 0.5)	94.54%
Método de Wilcoxon para Eficiencia del Proceso de Conversión				
Muestra	N	Mediana	IC para η	Confianza lograda
Eficiencia	6	0.997	(0.798, 1.001)	94.08%
Estadísticas descriptivas para el Peso Antes de la Conversión				
N	Media	Desviación Estándar	Error estándar	IC de 95% para μ
7	7.81	9.63	5.89	(-3.74, 19.37)
Prueba de Hipótesis Z para el Peso Antes de la Conversión				
Ho: $\mu = 13.8$			H1: $\mu \neq 13.8$	
Valor Z			Valor p	
-1.02			0.310	
Estadísticas Descriptivas para el Peso Después de la Conversión				
N	Media	Desviación Estándar	Error estándar	IC de 95% para μ
13	3.72	3.77	2.14	(-0.47, 7.91)
Prueba de Hipótesis Z para el Peso Después de la Conversión				
Ho: $\mu = 6.625$			H1: $\mu \neq 6.625$	
Valor Z			Valor p	
-1.36			0.174	

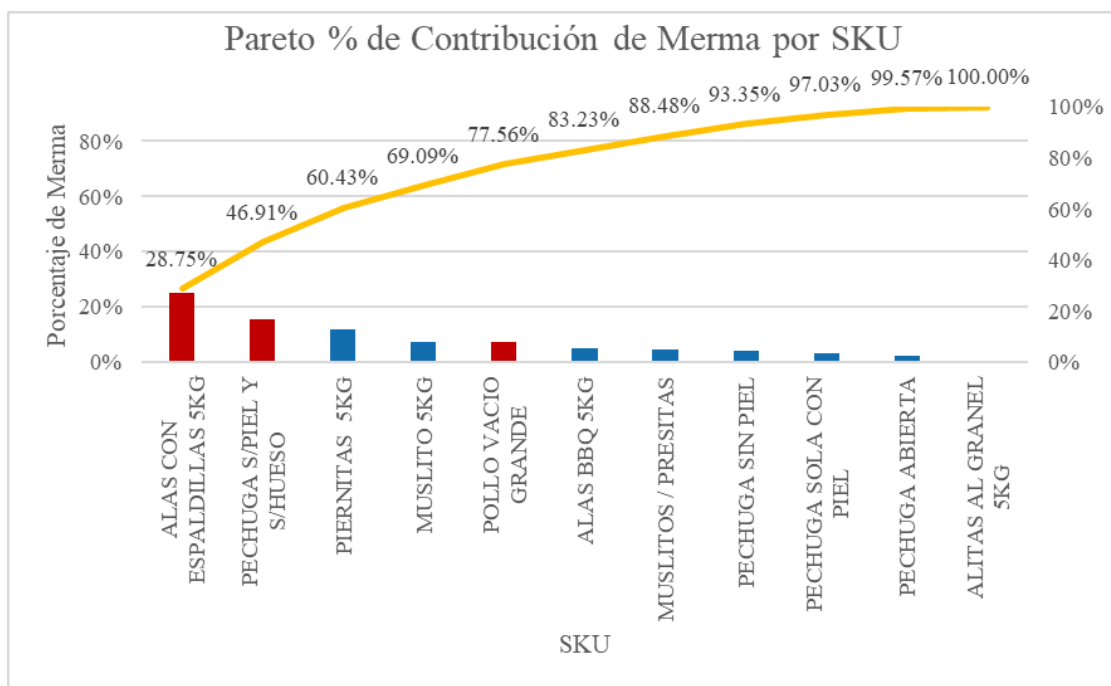
2.2.3 Análisis de Pareto

Para enfocar el problema en base al factor de estratificación descrito en el plan de recolección de datos de la variable de respuesta, se realizó un análisis de Pareto por producto donde se determinaron tres productos enfocados, las alas con espaldilla, la pechuga s/hueso s/piel y el pollo grande vacío, los cuales formaban parte del principio 80-20 (Figura 9).

Siendo el pollo grande vacío elección determinada por el cliente dada su rotación en el almacén.

Figura 9

Pareto del % de Contribución de Merma por SKU



2.2.4 Problemas Enfocados 5W1H

Figura 10

Definición de Problema 5W1H Enfocado de Alas con Espaldilla

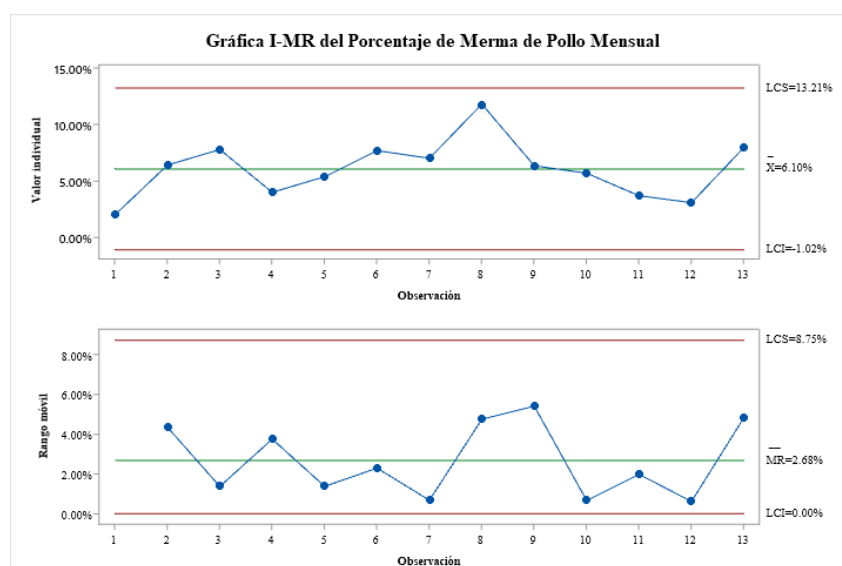
5W	What ¿Qué está pasando?	Existe incremento de merma de pollo mensual
	Which ¿Cuál?	En el producto alas con espaldilla
	When ¿Desde cuándo?	Desde enero de 2024
	Where ¿Dónde?	En una empresa minorista
	Who ¿El problema varía por operador?	No necesariamente
1H	How ¿Cómo?	28.75%

2.2.5 Análisis de Estabilidad

Dado que la variable de respuesta (Porcentaje de Merma de Pollo Mensual), es una variable, se trabajó con una carta de control de media y rango móvil, de modo que se evaluara la estabilidad del indicador a lo largo del tiempo de estudio, como se observa en la Figura 11.

Figura 11

Carta de Control de Media y Rango Móvil para el Porcentaje de Merma de Pollo Mensual



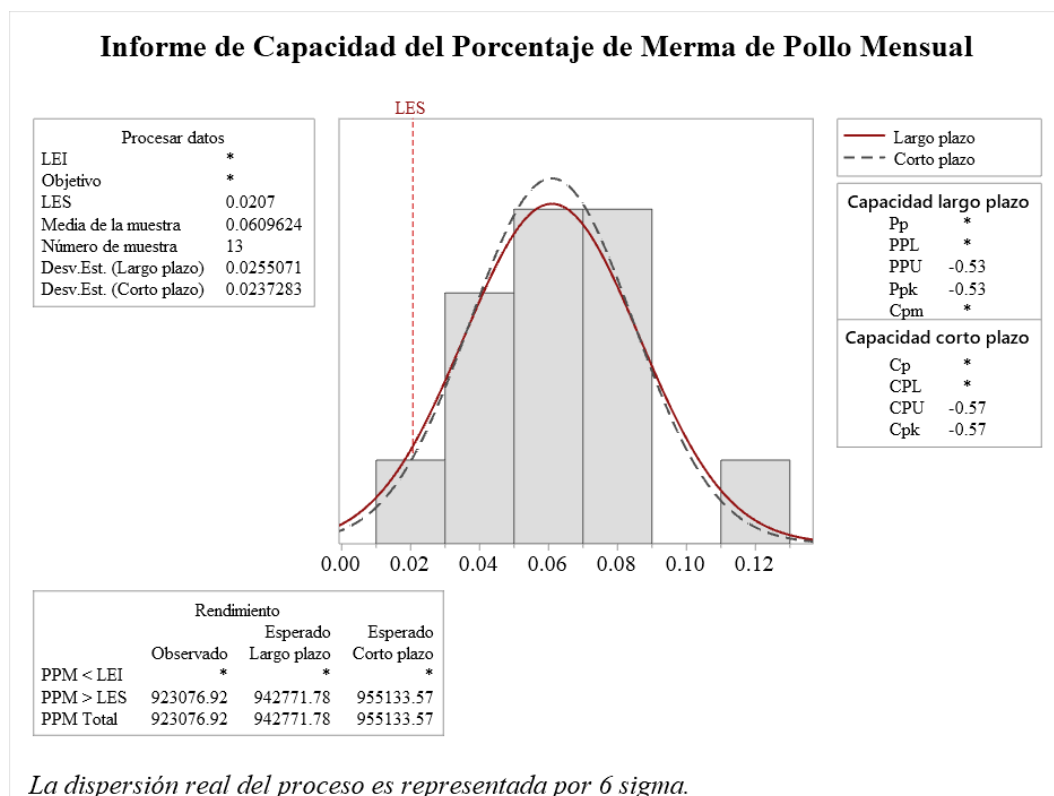
Determinándose que el proceso es estable dado que no presenta puntos fuera de los límites de control naturales, es decir, no hay causas especiales en el porcentaje de merma de pollo mensual.

2.2.6 Análisis de Capacidad

El análisis de capacidad realizado determinó que el proceso no es capaz, dado que no se encuentra en los límites de especificación del cliente, lo que da lugar al levantamiento de mejoras, obteniendo un Cpk (Coeficiente de Capacidad del Proceso), negativo, cuando lo teóricamente ideal es que sea aproximadamente 1.33 o más, como se ilustra en la Figura 12.

Figura 12

Análisis de Capacidad del Proceso de Porcentaje de Merma de Pollo Mensual



2.3 Análisis

A fin de obtener las causas raíz derivadas del problema identificado y medido en las fases anteriores, se partió con una lluvia de ideas orientadas a la ocurrencia de cada problema

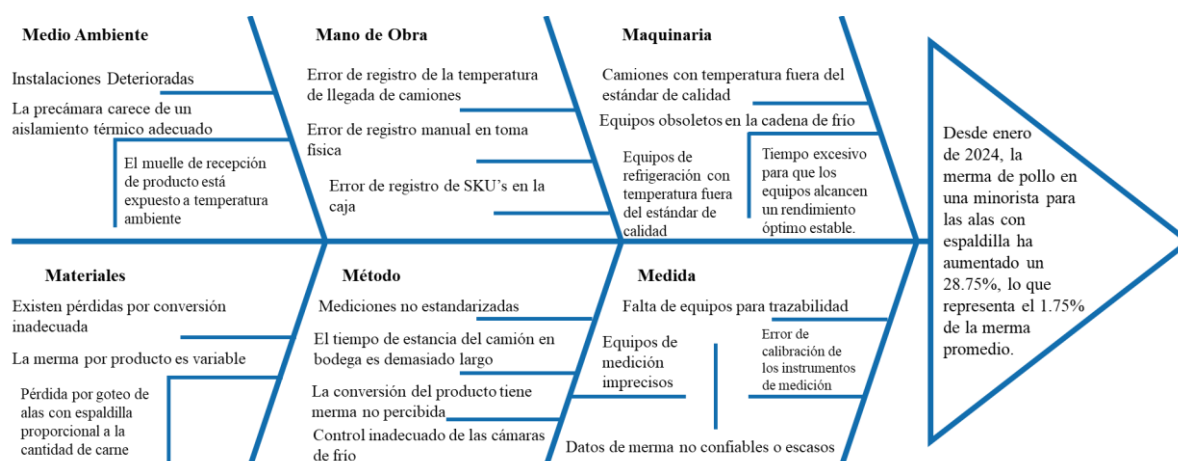
enfocado, utilizando herramientas de calidad, así como análisis estadístico para su verificación.

2.3.1 Diagrama Ishikawa

Tras realizar una lluvia de ideas con los clientes, se determinaron 31 causas potenciales, las cuales fueron clasificadas en tres diagramas Ishikawa similares al representado en la Figura 13.

Figura 13

Diagrama Ishikawa



2.3.2 Matriz Causa-Efecto

Tras la clasificación de causas, se realizó la matriz causa-efecto, con la cual se cuantificó el efecto de cada causa sobre el problema, por medio, del criterio de tres clientes, bajo la escala bajo, medio, alto y crítico con un valor de 1, 3, 6 y 9 respectivamente.

Dichos resultados fueron medidos a través de una media ponderada para cada cliente acorde a su cercanía con el local, control de indicadores y relevancia jerárquica, siendo el coordinador de riesgo el cliente con un valor ponderativo de 0.3, el supervisor de almacenamiento con 0.2 y el administrador del almacén con 0.5, dichos resultados se ven reflejados en la Tabla 5.

Por medio de esta herramienta, se pudo filtrar las causas potenciales pasando de 31 a 19, derivadas de una calificación ponderada por cliente de 6 o más, dicho valor fue ajustado redondeando los valores al entero mayor.

Tabla 5

Matriz Causa-Efecto

Causa\Cliente	Jefe de Gestión de Riesgos	Supervisor de Almacenamiento	Admin. del Local	Total Ajustado	#
Ponderación por Cliente	0.3	0.2	0.5	Media	
Equipos obsoletos en la cadena de frío	6	6	6	6	1
Estructuras deterioradas	3	6	1	3	
Control inadecuado de las cámaras de frío	3	6	6	6	2
Camiones con temperatura fuera del estándar de calidad	6	6	6	6	3
Datos de merma no confiables o escasos	6	6	6	6	4
Equipos de refrigeración con temperatura fuera del estándar de calidad	6	3	9	7	5
Error de registro de SKU's en caja	6	3	6	6	6
Equipos de medición imprecisos	6	3	6	6	7
Error de registro manual en toma física	3	3	3	3	
Mediciones no estandarizadas	3	6	6	6	8
Error de registro de la temperatura de llegada de camiones	3	3	1	2	
Falta de equipos para trazabilidad	3	3	3	3	
La conversión del producto tiene merma no percibida	6	3	6	6	9
Existe merma no percibida desde la muestra al cliente hasta su venta	6	3	6	6	10
Existe merma por conversión inadecuada	6	3	3	4	
Tiempo excesivo para que los equipos alcancen un rendimiento óptimo estable.	6	3	6	6	11
El tiempo de estancia del camión en bodega es demasiado largo	3	3	6	5	
El muelle de recepción de producto está expuesto a temperatura ambiente	3	3	6	5	
El tiempo de estancia de los productos en recepción es demasiado largo	3	3	3	3	
La precámara carece de un aislamiento térmico adecuado	3	3	6	5	
La merma por producto (SKU) es variable	6	3	6	6	12
Error de calibración de los instrumentos de medición.	9	6	6	7	13
Recorrido de los camiones extenso durante distribución	6	3	6	6	14
Retraso en la distribución del producto	6	3	6	6	15
Pechuga sola sin hueso y sin piel					
Técnica de deshuesado inconsistente	3	3	6	5	
Pérdida por goteo de pechuga es proporcional a la cantidad de carne	6	3	9	7	16
Pollo Vacío Grande					
Inconsistencia en ubicación equipo (refrigeración y congelación)	3	3	3	3	
Pérdida por goteo de Pollo entero proporcional a la cantidad de carne	6	6	9	8	17
Empaque de pollo vacío grande inadecuado	3	3	6	5	
Muslitos/Presitas					
Cruce con productos independientes (muslos o presas)	6	6	6	6	18
Pérdida por goteo de muslitos y presitas proporcional a la cantidad de carne	6	6	6	6	19

2.3.3 AMEF

A fin de obtener causas orientadas al proceso, se utilizó el análisis modal efecto falla (Tabla 6), para determinar por medio de la acción prioritaria (action priority), las causas más relevantes en base a la severidad del efecto, y, la ocurrencia y detección de las causas potenciales, obteniendo así 24 posibles causas considerando las determinadas en la matriz causa-efecto.

Tabla 6*Análisis Modal Efecto Fallo (AMEF)*

PASO DEL PROCESO	OBJETIVO	EFFECTO POTENCIALES DE FALLO	Sv.	MODO POTENCIAL DE FALLO	CAUSAS POTENCIALES DE FALLO	Oc.	Dt.	ACTION PRIORITY	#
Recepción	Verificar las condiciones de llegada del producto y asegurar que cumpla con los estándares de calidad establecidos.	Error en la documentación y registros	5	Inconsistencias en la guía de remisión y el control de peso	Fallas en el protocolo de seguimiento de inventario cárnico	9	1	M	20
		Percibibilidad prematura del producto	9	Deterioro acelerado del producto	Control de calidad de recepción ineficiente	2	2	L	
Congelación	Almacenar los productos en cámaras de congelación manteniendo la cadena de frío para preservar su calidad e inocuidad.	Contaminación cruzada	10	Falta de separación de productos por tipo	Almacenamiento incorrecto de producto en cámara de congelación	3	8	H	21
		Descongelación parcial	9	Sobrecarga de cámaras	Obstrucción de sistemas de ventilación	3	5	M	22
Refrigeración	Mantener los productos en cámaras de refrigeración a temperaturas adecuadas para evitar caducidad prematura.	Rechazo del cliente	10	Mal funcionamiento de los sistemas de refrigeración	Mantenimiento insuficiente	3	5	M	23
Exhibición al Cliente	Exhibir los productos de manera ordenada y atractiva, asegurando que estén etiquetados correctamente.	Aumento en la merma por manipulación inadecuada del producto	5	Exhibición prolongada fuera del rango adecuado de temperatura	Fallas en el monitoreo de temperatura en las islas de refrigeración y congelación	8	8	H	24
Venta	Facilitar la venta de productos asegurando que estén en óptimas condiciones y cumplan con las expectativas de los clientes.	Producto vendido en mal estado	10	Venta de pollo fuera de fecha de consumo preferente	Deficiencia en el control de fechas y rotación de inventario	3	3	L	

2.3.4 Matriz Impacto-Control Agregada

Después de encontrar las causas relevantes, se realizó una matriz Impacto-Control (Figura 14) donde se clasifica cada causa dependiendo de cuánto impacto tiene hacia la variable Y, y su flexibilidad de control.

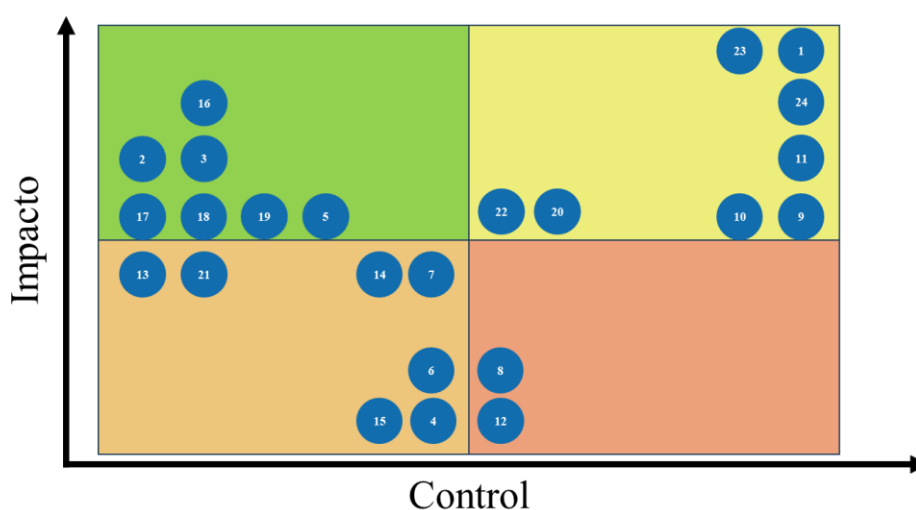
Figura 14*Matriz Impacto-Control Agregada***2.3.5 Plan de Verificación de Causas**

Tabla 7*Plan de Verificación de Causas*

Plan de Verificación de Causas		
Causa Potencial Xs	Teoría Sobre el Impacto	Cómo Verificar
X1: Control inadecuado de las cámaras de frío	Errores cometidos por los operadores durante la apertura y cierre de las cámaras de frío provocan que la temperatura de la cámara disminuya significativamente (bajo el rango de -2.4°C para refrigeración y $\leq -10^{\circ}\text{C}$ para congelación), generando así el incremento del porcentaje de merma mensual	Durante las visitas GEMBA se validará el control de las cámaras de frío observando errores operativos (apertura/cierre y apilado de productos) y, posteriormente, se registrarán temperaturas puntuales y se inspeccionarán filtraciones de agua-sangre u obstrucciones de ventilación.
X2: Camiones con temperatura fuera del estándar de calidad	Los camiones que llegan al minorista podrían no manejar un control de temperatura adecuado, lo que provoca pérdida en la conservación adecuada del producto dando lugar a el incremento del porcentaje de merma mensual.	Durante las visitas GEMBA se observará el manejo de las puertas de los camiones durante la carga y descarga, registrando el tiempo que permanecen abiertas y verificando la temperatura interna al momento de la inspección que debe ser menor o igual a 4°C.
X3: Equipos de refrigeración con temperatura fuera del estándar de calidad	Equipos de refrigeración como las islas o cámaras no manejan la temperatura ideal para la conservación y descongelamiento del producto, dando lugar al incremento de merma mensual.	Durante las visitas GEMBA se identificarán intervenciones provisionales en los equipos de refrigeración, como el uso de herramientas o implementos improvisados para mantenerlos operativos, documentando su condición y temperatura bajo los rangos de conservación requeridos.
X4: Cruce con productos independientes (alas con espaldillas)	El cruce de alas con espaldilla distintas genera confusión en la segregación de producto y afecta directamente al porcentaje de merma de muslitos/piernitas.	Durante la visita GEMBA se observará directamente el proceso de empaque y despacho, verificando si existe mezcla de diferentes partes de pollo (alas y espaldillas) en una misma bandeja o pila, registrando cualquier incumplimiento en la segregación.
X5: Pérdida por goteo de alas con espaldillas proporcional a la cantidad de carne	El goteo de agua sangre de los muslos y presitas contribuye a la pérdida por merma, dado que es proporcional al peso del pollo, lo que afecta directamente al porcentaje de merma de muslitos/piernitas.	A través del análisis estadístico, se realizará una regresión lineal múltiple donde se evaluará la pérdida de agua sangre con respecto al peso original de las alas con espaldillas, para así determinar si existe una correlación significativa, considerando factores como el peso inicial y la temperatura de las muestras.
X6: Pérdida por goteo de pechuga es proporcional a la cantidad de carne	El goteo de agua sangre de la pechuga sin piel y sin hueso contribuye a la pérdida por merma, dado que es proporcional al peso del pollo, lo que afecta directamente al porcentaje de merma de pechuga de pollo sin hueso y sin piel.	A través del análisis estadístico, se realizará una regresión lineal múltiple donde se evaluará la pérdida de agua sangre con respecto al peso original de las pechugas, para así determinar si existe una correlación significativa, considerando factores como el peso inicial y la temperatura de las muestras.
X7: Pérdida por goteo de Pollo entero proporcional a la cantidad de carne	El goteo de agua sangre del pollo entero contribuye a la pérdida por merma, dado que es proporcional al peso del pollo, lo que afecta directamente al porcentaje de merma de pollo entero.	A través del análisis estadístico, se realizará una regresión lineal múltiple donde se evaluará la pérdida de agua sangre con respecto al peso original del pollo vacío grande, para así determinar si existe una correlación significativa, considerando factores como el peso inicial y la temperatura de las muestras.

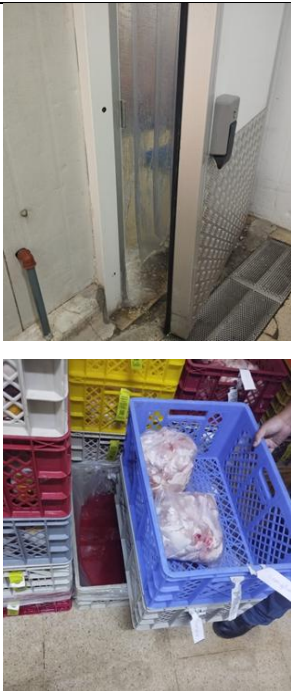
2.3.6 Verificación de Causas

2.3.6.1 Causa 1: Control inadecuado de las cámaras de frío

Mediante Gemba se evidenció que la puerta de la cámara de congelación estaba obstruida debido a la acumulación de hielo, lo que afectaba al aislamiento y al control adecuado de la temperatura interna de los productos de pollo (Tabla 8).

Tabla 8

Evidencia Gemba Causa 1

Estado Natural	Durante Visita Gemba
	

2.3.6.2 Causa 2: Camiones con temperatura fuera del estándar de calidad

Se evidenció mediante GEMBA, que los camiones mantienen una temperatura de $\leq 4^{\circ}\text{C}$, temperatura que es la adecuada para los productos avícolas, a pesar de que a veces se demoran en la descarga de la producción, no se detectó filtración de agua sangre hasta su almacenamiento (Tabla 9).

Tabla 9*Evidencia Gemba Causa 2*

Estado Natural	Durante Visita Gemba
	 

2.3.6.3 Causa 3: Equipos de refrigeración con temperatura fuera del estándar de calidad

Durante el recorrido se observó que ciertos equipos de refrigeración presentaban fallas, siendo manipulados de forma provisional con una manguera para mantener su funcionamiento, lo cual representa un riesgo para la adecuada conservación del pollo y genera posibles pérdidas por producto dañado (Tabla 10).

Tabla 10*Evidencia Gemba Causa 3*

Estado Natural	Durante Visita Gemba
----------------	----------------------



2.3.6.4 Causa 4: Cruce con productos independientes (alas con espaldillas)

Mediante el GEMBA se constató la mezcla de diferentes piezas de pollo (alas y espaldillas) en una misma bandeja, incumpliendo con los procedimientos de separación por tipo de producto, lo cual dificulta la rotación adecuada, el control de inventarios y aumenta el riesgo de pérdidas (Tabla 11).

Tabla 11

Evidencia Gemba Causa 4

Estado Natural	Durante Visita Gemba
----------------	----------------------



2.3.6.5 Causa 5: Pérdida por goteo de alas con espaldillas proporcional a la cantidad de carne

La muestra constaba de dos bolsas con alas y espalda y un cajón, sometidos a pruebas de temperatura, peso inicial y tiempo, donde solo el peso inicial mostró una relación estadísticamente significativa.

Ecuación de regresión

Tabla 12

Ecuación de Regresión Factor Peso Inicial Alas con Espaldilla

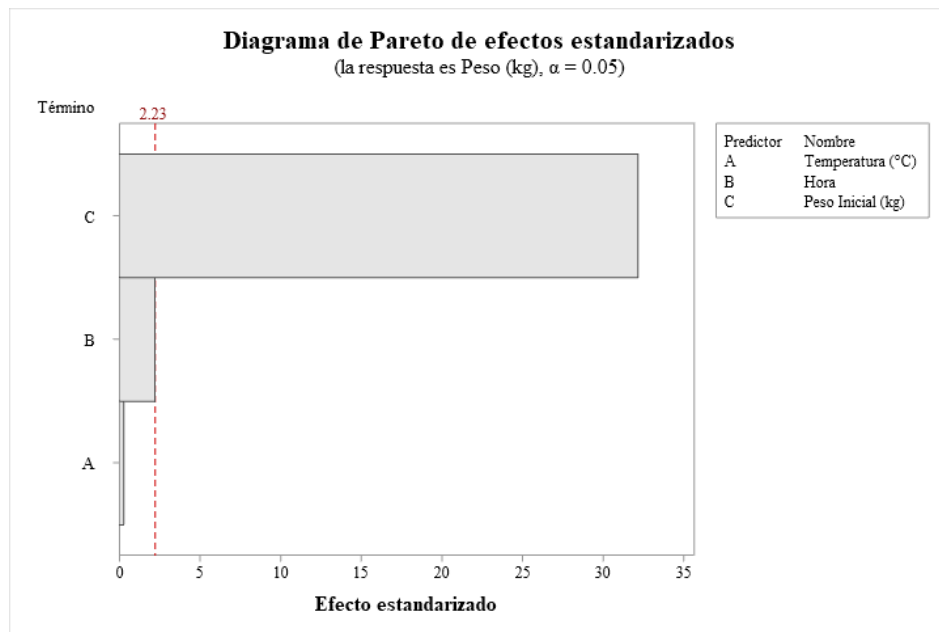
Peso Inicial (kg)		
0.38	Peso (kg)	$= 0.10 + 0.121 \text{ Temperatura } (^{\circ}\text{C}) - 0.02015 \text{ Hora}$
0.40	Peso (kg)	$= 0.12 + 0.121 \text{ Temperatura } (^{\circ}\text{C}) - 0.02015 \text{ Hora}$
18.60	Peso (kg)	$= 17.59 + 0.121 \text{ Temperatura } (^{\circ}\text{C}) - 0.02015 \text{ Hora}$

Resumen del modelo

Tabla 13

Resultados del Modelo Factor Peso Inicial Alas con Espaldilla

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.283070	99.92%	99.89%	99.80%

Figura 15*Pareto de Efectos para Alas con Espaldilla***2.3.6.6 Causa 6: Pérdida por goteo de pechuga es proporcional a la cantidad de carne**

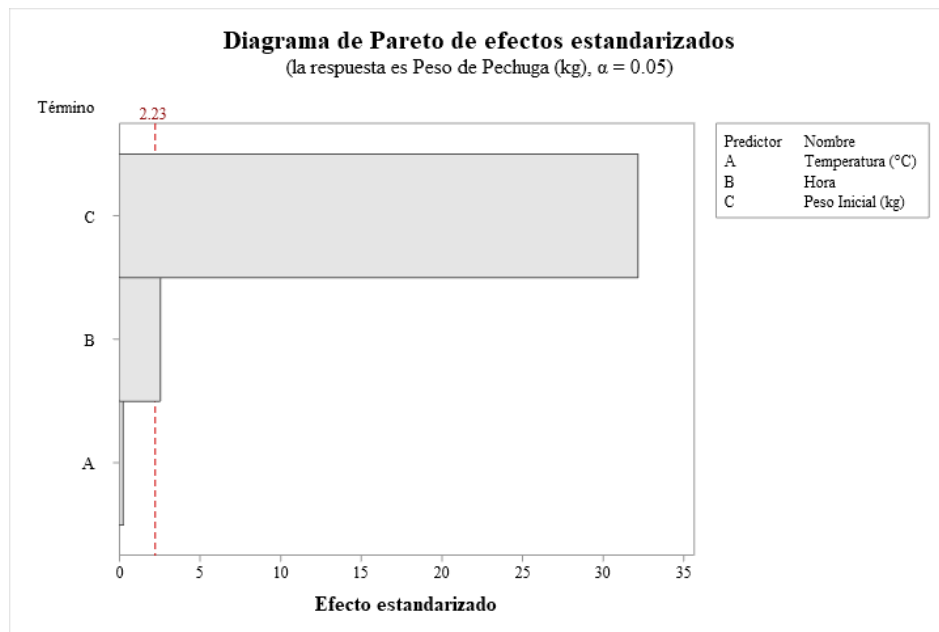
La muestra comprendía dos bolsas de pechuga de pollo deshuesada y sin piel sometidas a pruebas de temperatura, peso inicial y tiempo. Tanto el peso inicial como el tiempo mostraron relaciones significativas.

Ecuación de regresión**Tabla 14***Ecuación de Regresión Factor Peso Inicial Pechuga*

Peso Inicial (kg)		
0.680	Peso (kg)	= 0.41 + 0.111 Temperatura (°C) - 0.01782 Hora
0.695	Peso (kg)	= 0.44 + 0.111 Temperatura (°C) - 0.01782 Hora
16.300	Peso (kg)	= 15.55 + 0.111 Temperatura (°C) - 0.01782 Hora

Resumen del modelo**Tabla 15***Resultados del Modelo Factor Peso Inicial Pechuga*

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.221988	99.94%	99.91%	99.82%

Figura 16*Pareto de Efectos para Pechugas***2.3.6.7 Causa 7: Pérdida por goteo de Pollo entero proporcional a la cantidad de carne**

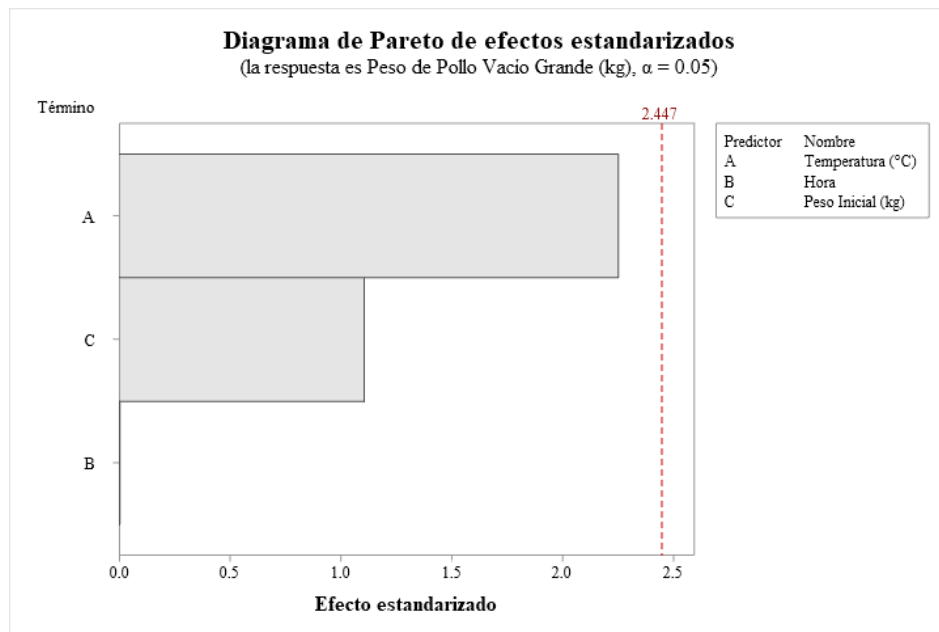
La muestra consistió en dos grandes bolsas de pollo vacías sometidas a pruebas de temperatura, peso inicial y tiempo. Los resultados muestran que el peso final es independiente del peso inicial y del tiempo y totalmente dependiente de la temperatura.

Ecuación de regresión**Tabla 16***Ecuación de Regresión Factor Peso Inicial Pollo Entero Vacío*

Peso Inicial (kg)		
2.15	Peso (kg)	$= 0.610 + 0.643 \text{ Temperatura } (^\circ\text{C}) - 0.0001 \text{ Hora}$
3.40	Peso (kg)	$= 0.896 + 0.643 \text{ Temperatura } (^\circ\text{C}) - 0.0001 \text{ Hora}$

Resumen del modelo**Tabla 17***Resultados del Modelo Factor Peso Inicial Pollo Vacío Grande*

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.408198	70.37%	55.55%	20.22%

Figura 17*Pareto de Efectos para Pollo Vacio Grande*

2.3.7 5 Porqués

Al obtener las causas potenciales, se realiza el método de 5 Porqués para encontrar las causas raíz, reflejado en la Tabla 18.

Tabla 18

Aplicación de 5 Porqués?

X1: Control inadecuado de las cámaras de frío	¿Por qué hay un control inadecuado en las cámaras de frío?	¿Por qué no se respetan los rangos de temperatura adecuado en las cámaras de frío?	¿Por qué permanece abierta más tiempo de lo necesario?	¿Por los operarios no cierran bien las puertas?	CAUSA RAÍZ	
	Porque no se alcanzan los rangos de temperatura adecuado en las cámaras de frío	Porque la puerta de las cámaras permanece abierta más tiempo de lo necesario	Porque los operarios no cierran bien las puertas.	Porque no se han diseñado controles operativos para el personal.	Falta de control operativo en las cámaras.	
X3: Equipos de la cadena de frío con temperatura fuera del estándar de calidad	¿Por qué hay equipos de la cadena de frío con temperaturas fuera del estándar de calidad?	¿Por qué no funcionaban correctamente los equipos de refrigeración?	¿Por qué se realizan frecuentes reparaciones correctivas.?	¿Por qué no se realizan revisiones antes de que ocurran las fallas?	¿Por qué no hay un cronograma ni un plan estructurado?	CAUSA RAÍZ
	Porque los equipos no funcionan correctamente.	Porque se realizan frecuentes reparaciones correctivas.	Porque no se realizan revisiones antes de que ocurran las fallas.	Porque no hay un cronograma ni un plan estructurado.	Porque no se ha establecido un plan de mantenimiento preventivo	Plan de mantenimiento preventivo no establecido
X4: Cruce con productos independientes (alas con espaldillas)	¿Por qué hay un crossover con productos independientes (alas con espaldilla)?	¿Por qué hay gavetas de productos similares a las alas con espaldillas en una pila?	¿Por qué no se pueden identificar las diferencias clave de productos a simple vista?	¿Por qué no hay un programa de formación actualizado para nuevos SKUs?	¿Por qué no hay un proceso de revisión de documentos vinculado al registro de nuevos productos?	CAUSA RAÍZ
	Porque hay gavetas de productos similares a las alas con espaldillas en una pila	Porque no se pueden identificar las diferencias clave de productos a simple vista	Porque no hay un programa de formación actualizado para nuevos SKUs	Porque no existe un proceso de revisión de documentos vinculado al registro de nuevos productos.	Porque los procedimientos de control documental están desactualizados.	Falta de recursos dedicados al control documental
X5: Pérdida por goteo de alas con espaldillas proporcional a la cantidad de carne	¿Por qué hay pérdida por goteo de alas con espaldillas proporcional a la cantidad de carne?	¿Por qué se desconoce el rango de los parámetros adecuado para evitar la pérdida por goteo?	¿Por qué no se ha realizado un estudio experimental específico de los factores que afectan al producto?	¿Por qué el área de control solo realiza mediciones básicas de peso y temperatura?	¿Por qué no existe un protocolo de evaluación de parámetros del producto en el local?	CAUSA RAÍZ
	Porque se desconoce el rango de los parámetros adecuado para evitar la pérdida por goteo	Porque no se ha realizado un estudio experimental específico de los factores que afectan al producto (temperatura, humedad, pH, tiempo, empaque).	Porque el área de control solo realiza mediciones básicas de peso y temperatura	Porque no existe un protocolo de evaluación de parámetros del producto en el local	Porque no se ha desarrollado un plan formal de estudio de parámetros de productos avícolas	Ausencia de un plan de control de parámetros para productos avícolas
X6: Pérdida por goteo de pechugas proporcional a la cantidad de carne	¿Por qué hay pérdida por goteo de pechugas proporcional a la cantidad de carne?	¿Por qué se desconoce el rango de los parámetros adecuado para evitar la pérdida por goteo?	¿Por qué no se ha realizado un estudio experimental específico de los factores que afectan al producto?	¿Por qué el área de control solo realiza mediciones básicas de peso y temperatura?	¿Por qué no existe un protocolo de evaluación de parámetros del producto en el local?	CAUSA RAÍZ
	Porque se desconoce el rango de los parámetros adecuado para evitar la pérdida por goteo	Porque no se ha realizado un estudio experimental específico de los factores que afectan al producto (temperatura, humedad, pH, tiempo, empaque).	Porque el área de control solo realiza mediciones básicas de peso y temperatura	Porque no existe un protocolo de evaluación de parámetros del producto en el local	Porque no se ha desarrollado un plan formal de estudio de parámetros de productos avícolas	Ausencia de un plan de control de parámetros para productos avícolas

2.4 Mejora

Tras identificar las causas raíz, se procede con la búsqueda de soluciones a cada una de ellas en donde se realiza diferentes análisis para poder ser implementadas sin generar pérdidas en la empresa y generar beneficios mediante la mejora que se dará por las soluciones.

2.4.1 Posibles Soluciones

Para cada causa raíz identificada se realiza una lluvia de soluciones mostrada en la Tabla 19 donde la prioridad es cubrir aquella causa identificada sin ser estudiada a profundidad si se puede realizar o no.

Tabla 19

Lluvia de Ideas (Soluciones)

Y's	Causas Raíz	Soluciones
Y	Falta de control operativo en las cámaras	Implementar control visual: Instalar señalización visible y sirenas de alarma para indicar claramente el estado de las cámaras Implementar Poka-Yoke para cerrar puertas
	Falta de un plan de mantenimiento preventivo	Implementar un plan de mantenimiento preventivo Realizar una reunión semanal de revisión de documentos con el supervisor y el líder del documento
	Falta de recursos dedicados al control de documentos	Colocar un tablero de control de documentos visible para publicar hojas de control diarias e informes de incidentes
Y Enfocada 1 y 2	Ausencia de un plan de control de parámetros para productos avícolas	Implementar un Sistema SCADA de Monitoreo y Control en Tiempo Real para Cámaras de Refrigeración

2.4.2 Matriz Costo-Análisis

Al tener una lluvia de soluciones, se realiza la matriz Costo-Análisis (Tabla 20) donde se pueden identificar las soluciones que sobrepasan del límite de costos de la empresa mediante el costeo de los diferentes recursos que requiera la solución.

Tabla 20*Matriz de Estimación de Costos por Solución*

Mejora / Costo	Costo de Equipos	Costo de Instalación	Costo de Importación	Costo de Muestra	Operadores para entrenamiento	Salario de Operador en horas	Horas de Entrenamiento	Costo de Entrenamiento	Costo Total
Implementar control visual: Instalar señalización visible y sirenas de alarma para indicar claramente el estado de las cámaras	\$ 43.70	\$ 4.06	\$ -	\$ -	1	\$ 4.38	2	\$ 8.75	\$ 56.51
Implementar Poka-Yoke para cerrar puertas	\$ 179.98	\$ 8.13	\$ 82.91	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	\$ 271.02
Implementar un plan de mantenimiento preventivo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	1	\$ 4.06	2	\$ 8.13	\$ 8.13
Realizar una reunión semanal de revisión de documentos con el supervisor y el líder del documento	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	2	\$ 6.25	2	\$ 25.00	\$ 25.00
Colocar un tablero de control de documentos visible para publicar hojas de control diarias e informes de incidentes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	2	\$ 6.25	2	\$ 25.00	\$ 25.00
Implementar un Sistema SCADA de Monitoreo y Control en Tiempo Real para Cámaras de Refrigeración	\$ 11,500.00	\$ -	\$ -	\$ -	2	\$ 6.25	20	\$ 250.00	\$ 11,750.00

2.4.3 Matriz de Decisión

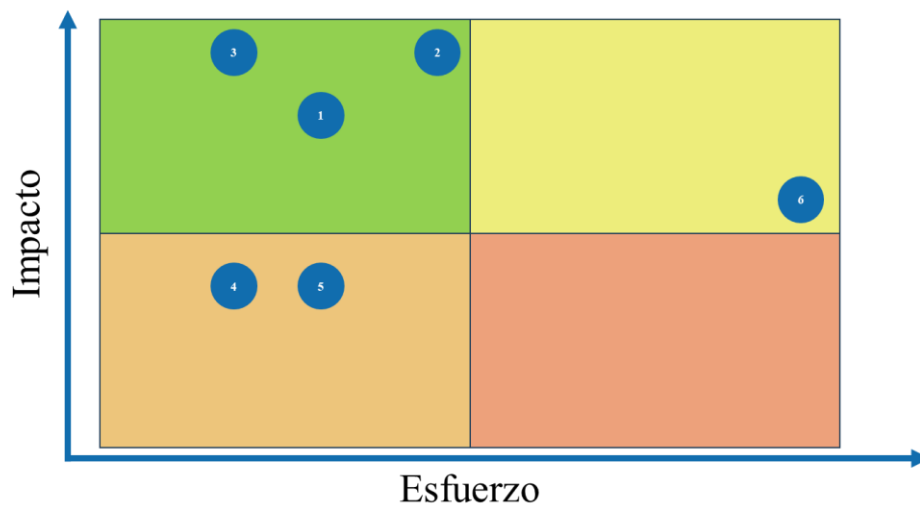
Al realizar el costeo de las soluciones se realiza un estudio de factores donde se escoge las de mayor puntuación mediante la matriz de decisión evidenciada en la Tabla 21.

Tabla 21*Matriz de Decisión*

Criterio	CTQ's	Efecto en Y	Costo	Implementación	Total
Solución/Peso	0.2	0.4	0.25	0.15	Valor fijo redondeado
Implementar control visual: Instalar señalización visible y sirenas de alarma para indicar claramente el estado de las cámaras	3	6	9	9	7
Implementar Poka-Yoke para cerrar puertas	6	9	3	3	6
Implementar un plan de mantenimiento preventivo	6	9	6	6	7
Realizar una reunión semanal de revisión de documentos con el supervisor y el líder del documento	3	3	9	9	5
Colocar un tablero de control de documentos visible para publicar hojas de control diarias e informes de incidentes	3	3	9	9	5
Implementar un Sistema SCADA de Monitoreo y Control en Tiempo Real para Cámaras de Refrigeración	6	9	1	1	5

2.4.4 Matriz de priorización Impacto-Esfuerzo

Para verificar las soluciones obtenidas se evalúa la relación entre el impacto que se generará para la causa raíz y los recursos que se requieren para realizar la solución a través de la matriz de priorización Impacto-Esfuerzo (Figura 18).

Figura 18*Matriz Impacto-Esfuerzo*

2.4.5 Plan de Implementación

Una vez identificadas las soluciones definitivas se elabora un plan para llevar a cabo la implementación de cada una de ellas convirtiéndose en soluciones reales y poder evidenciar las mejoras (Tabla 22).

Tabla 22*Plan de Implementación*

Causa Raíz	¿Qué?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién ?	¿Cuánto?	¿Cuándo?
Falta de control operativo en las cámaras	Implementar control visual: Instalar señalización visible y sirenas de alarma para indicar claramente estado de las cámaras	Para evitar confusiones sobre si la cámara está en uso o abierta/cerrada	Instalación de señalización y alarma automática que detecte tiempos inadecuados de apertura de puertas	Área de almacenamiento	Equipo del Proyecto Supervisor de Almacenamiento	\$ 56.51	24/08/2025
	Implementar Poka-Yoke para cerrar puertas	Para evitar que las puertas de la cámara queden abiertas	Instalación de un sistema de bloqueo con brazo hidráulico que permita mantener las cámaras cerradas el mayor tiempo posible	Área de almacenamiento	Equipo del Proyecto Supervisor de Almacenamiento	\$ 271.02	24/08/2025
Falta de un plan de mantenimiento preventivo	Implementar un plan de mantenimiento preventivo	Para reducir fallos imprevistos y costes de reparación	Crear listas de verificación y cronogramas en Excel y capacitar al personal	Área del local	Equipo del Proyecto Supervisor de Mantenimiento	\$ 8.13	24/08/2025

2.4.6 Descripción de las soluciones de Mejora

2.4.6.1 Implementar control visual: Instalar señalización visible y sirenas de alarma para indicar claramente el estado de las cámaras

Para la falta de control operativo en las cámaras se implementaron señaléticas obligatorias donde se evidencian el cierre de las puertas en todo momento si no está siendo manipulada para evitar la variación de temperatura que es un factor primordial para la reducción de merma de pollo.

Figura 19

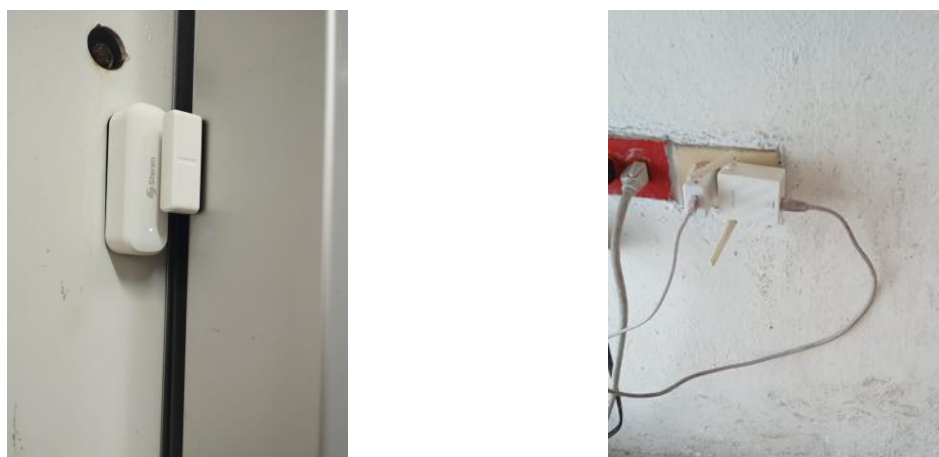
Controles Visuales



Para garantizar que las puertas se mantengan cerradas también se adquirió una sirena de alarma inalámbrica la cual produce sonido si la puerta está abierta ocasionando así el pronto cierre de ella siendo un complemento clave para el buen manejo de control operativo en las cámaras.

Figura 20

Controles Auditivos



2.4.6.2 Implementar Poka-Yoke para cerrar puertas

Para la falta de control operativo en las cámaras se deseaba implementar un brazo hidráulico donde de manera automática evitaba el mal cierre de las puertas corrigiéndolas rápidamente, pero por la demora de la entrega del producto y la evidencia de los resultados de la solución 1 y 3 se tomó como resolución en una reunión con la empresa que no era necesario la implementación Poka-Yoke.

2.4.6.3 Implementar un plan de mantenimiento preventivo

Por las repetitivas ocasiones que se hacían reparaciones correctivas se realizó una estructura, con las respectivas tareas correspondientes a un mantenimiento preventivo, para ser implementado mediante la validación de la empresa y puesto en ejecución cada tres meses reduciendo así los mantenimientos correctivos y mejorar el funcionamiento de los equipos de la cadena de frío (APÉNDICE A).

2.5 Control

Tras implementar las soluciones, se desarrolló la fase de control, a través del plan de control, así como el plan de reacción para cada mejora propuesta.

2.5.1 Plan de Control

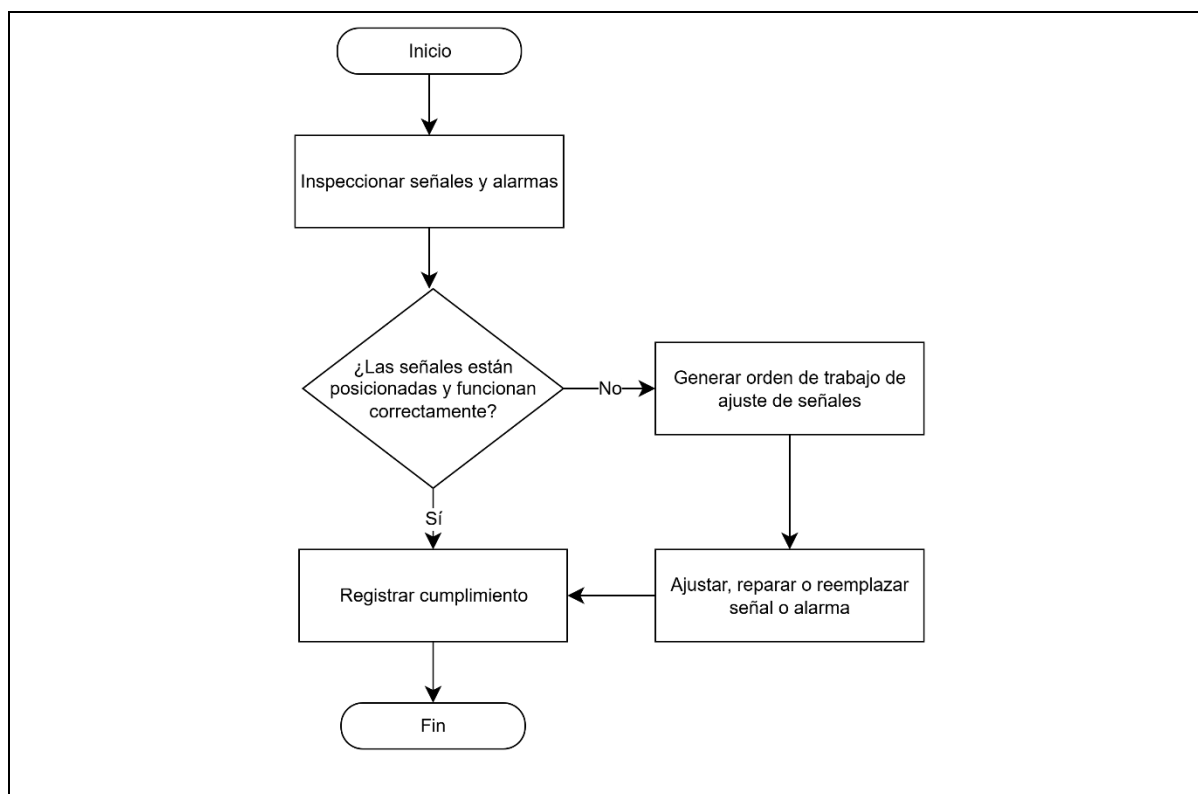
Para garantizar que las mejoras perduren a lo largo del tiempo se desarrolló un plan de control, el cual determinó por solución, diferentes elementos a controlar como el estado de los controles visuales y auditivos, o, el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo propuesto, como se observa en la (Tabla 23).

Tabla 23*Plan de Control*

PLAN DE CONTROL						
Soluciones	¿Qué?	¿Quién?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Dónde?
Implementar control visual: Instalar señalización visible y sirena de alarma	Comprobar que las señales estén presentes, legibles y ubicadas correctamente	Administrador del local	Garantizar la eficiencia operativa	Inspección visual y cambio de señaléticas deterioradas	Semanal	Área de almacenamiento
	Verificar que la sirena de alarma de puerta funcione correctamente	Administrador del local	Detectar aperturas de larga duración y proteger la cadena de frío	Revisar el estado de baterías y sustituir goma deteriorada	Semanal	Área de almacenamiento
Implementar plan de mantenimiento preventivo	Validar el cumplimiento de la ejecución del mantenimiento preventivo asegurando que las tareas programadas se realicen correctamente, verificando el estado operativo de los equipos.	Administrador del local/ Coordinador de Mantenimiento	Garantizar la operatividad de los equipos evitando fallos críticos y reducir los mantenimientos correctivos	Revisar periódicamente el programa de mantenimiento, validar informes de ejecución, controlar la documentación de cada actividad y confirmar las evidencias proporcionadas por el coordinador de mantenimiento	Trimestral	Área administrativa

2.5.1.1 Plan de Reacción Control Visual y Auditivo**Tabla 24***Plan de reacción solución 1*

PLAN DE REACCIÓN			
EMPRESA	MEJORA	Versión	01
	CONTROL VISUAL Y AUDITIVO EN CÁMARAS	Fecha	25/08/2025
		RESPONSABLE	
		COORDINADOR DE MANTENIMIENTO	
OBJETIVO	Fortalecer la detección de anomalías en los parámetros relacionados al correcto funcionamiento de equipos, mediante sistemas de alerta visuales y sonoros, reduciendo tiempos de respuesta y minimizando la merma.		
ALCANCE	Desde que el almacenamiento de productos en congelación hasta refrigeración.		
EQUIPOS Y REQUERIMIENTOS			
1. Equipos: Señalética de obligación y alarmas			
2. Preparación: Calibrar instrumentos de medición.			
3. Parámetros para controlar: Presión, temperatura, pH y peso			
ACTIVIDADES			
CONGELACIÓN y REFRIGERACIÓN			
1. Identificar puntos críticos para ubicación de señalización.			
2. Comprobar que las señales estén presentes, legibles y ubicadas correctamente.			
3. Ejecutar pruebas de alarmas y sensores.			
DIAGRAMA DE FLUJO			



2.5.1.2 Plan de Reacción Plan de Mantenimiento Preventivo

Tabla 25

Plan de reacción solución 2

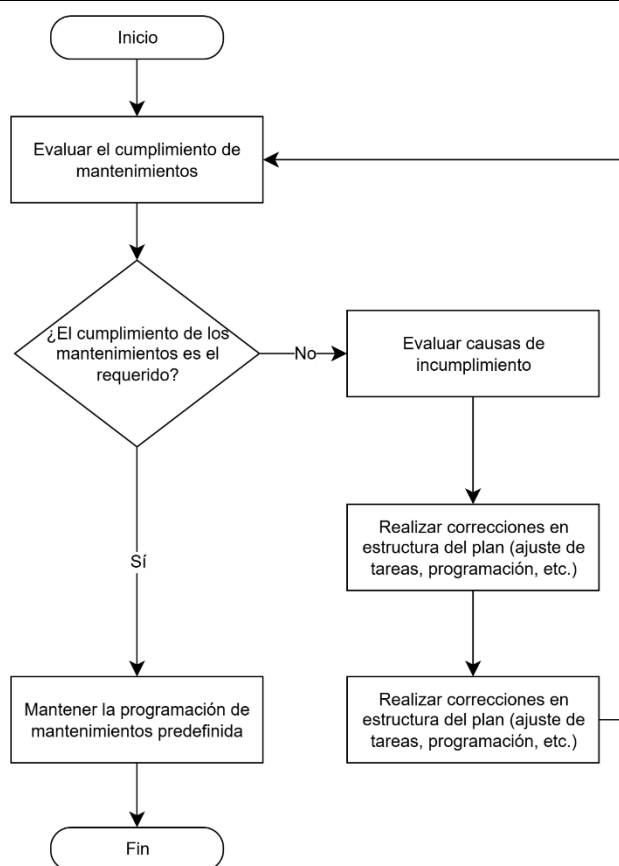
PLAN DE REACCIÓN			
EMPRESA	MEJORA	Versión	01
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Fecha	25/08/2025
		RESPONSABLE	
		COORDINADOR DE MANTENIMIENTO	
OBJETIVO	Garantizar la continuidad operativa y la calidad de los productos cárnicos mediante revisiones periódicas de los sistemas presentes en la cadena de frío, evitando mantenimientos correctivos y minimizando la merma.		
ALCANCE	Desde que el almacenamiento de productos en congelación hasta su exhibición en el negocio minorista.		
EQUIPOS Y REQUERIMIENTOS			
1. Equipos: Medidor de pH, balanzas, barómetros y termómetros.			
2. Preparación: Calibrar instrumentos de medición			
3. Parámetros para controlar: Presión, temperatura, pH y peso			
ACTIVIDADES			
CONGELACIÓN Y REFRIGERACIÓN			
1. Inspección de fugas			

2. Limpieza de serpientes
3. Revisión de componentes eléctricos
4. Ajuste de válvulas de expansión
5. Limpieza de palas y carcasa de ventilador
6. Verificación de estados de temperatura

EXHIBICIÓN AL CLIENTE

7. Inspección de fugas
8. Limpieza de serpientes
9. Limpieza de bandeja de drenaje y tuberías de evacuación de condensados
10. Calibración de termostatos
11. Revisión de componentes eléctricos
12. Ajuste de válvulas de expansión
13. Limpieza de palas y carcasa de ventilador
14. Verificación de estados de temperatura

DIAGRAMA DE FLUJO



Capítulo 3

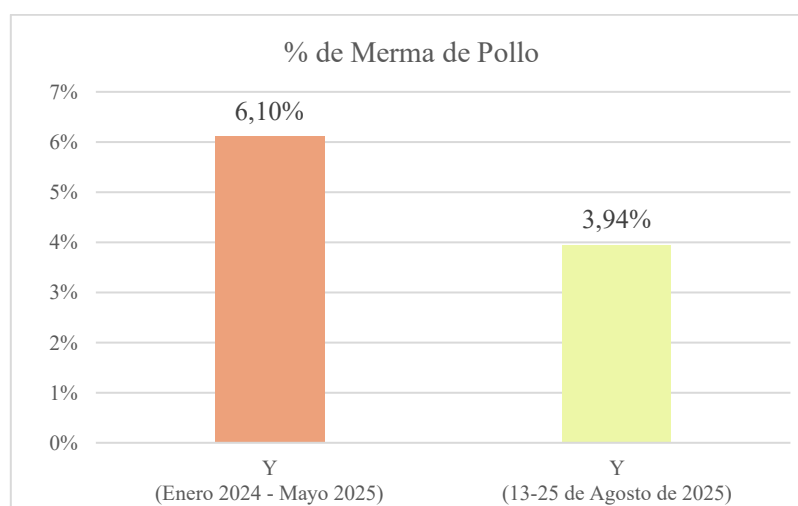
3 Resultados y análisis

3.1 Resultados merma de pollo

Tras la implementación de las mejoras, se midió a través de un indicador semejante a la Y, con periodicidad diaria los resultados de merma, dado que la toma física es mensual y para los últimos períodos no abarcó el inventario de cárnicos, sino abarrotes, por lo que la disponibilidad de los datos más recientes no fue obtenida bajo la Y base del proyecto.

Figura 21

Comparación % Merma de Pollo Antes y Después de las Mejoras



Con los resultados obtenidos en la Figura 21, se observa que las mejoras propuestas contribuyeron a la reducción del indicador de merma, provocando un cambio de 6.1% a 3.94% durante el período de estudio.

3.1.1 Resultados Equipos

Este CTQ representa un cambio significativo en la operatividad adecuada de los equipos de la cadena de frío pasando de una eficiencia 0.375 a una de 0.75, según la prueba de Wilcoxon, que determina que el indicador de eficiencia no es igual estadísticamente, bajo un nivel de confianza del 95%.

Tabla 26*Prueba de Wilcoxon Cambio de Eficiencia en Equipos*

Prueba de Wilcoxon eficiencia de los equipos	
H ₀ : $\eta = 0.375$	H ₁ : $\eta \neq 0.375$
Estadístico	Valor p
21.00	0.036

3.1.2 Resultados Merma por Producto

El control de temperatura producto y la concientización operativa en las cámaras ha dado lugar a evidenciar que la merma por producto se vea controlada, como se visualiza en la comparación de la Figura 22 que muestra el estado previo al proyecto, y la Figura 23 que muestra la situación posterior a la implementación de las mejoras.

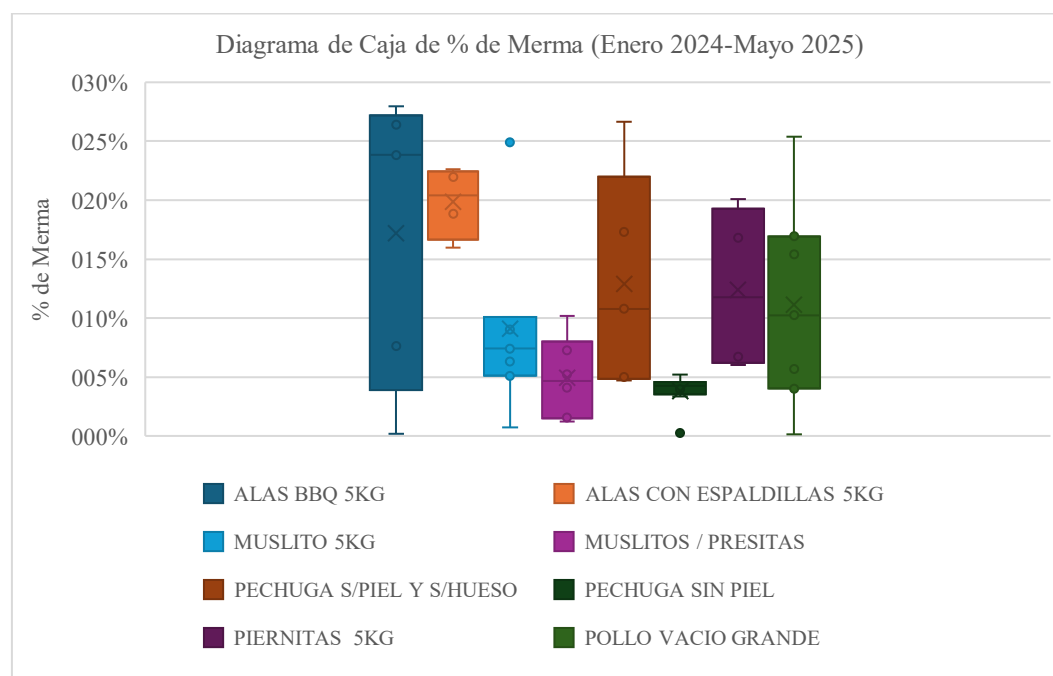
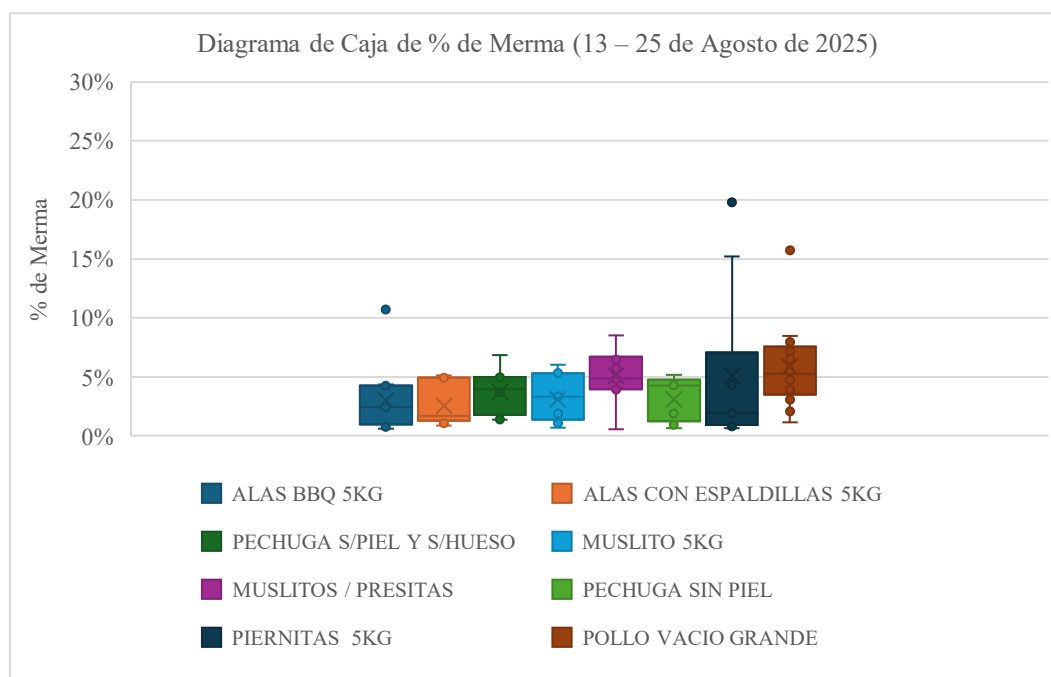
Figura 22*Diagrama de Caja % de Merma (Antes)*

Figura 23*Diagrama de Caja % de Merma (Después)*

Notándose decremento en la variabilidad de merma por producto, así como, menores pérdidas, aprovechando de mejor manera el recurso cárnico.

3.1.3 Resultados Triple Bottom Line

Dichos resultados se evaluaron con respecto a los indicadores de la sostenibilidad previo al proyecto, los cuales se observan en la Tabla 27.

Tabla 27*Resultados de las Métricas del Triple Bottom Line*

Métricas del Triple Bottom Line			
CTQ	Unidad	Antes (mayo 2025)	Después (13 – 25 de agosto 2025)
Operadores entrenados en la cadena de frío	Operadores	3	7
Diferencia económica de merma de pollo	\$	\$1165	\$752
Eficiencia del proceso de conversión	Adimensional	0.92	0.97

Reflejando que las mejoras implementadas, así como la concientización de los operarios en su ambiente de trabajo, permitió mejorar favorablemente las métricas relacionadas a los pilares de la sostenibilidad.

Capítulo 4

4 Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

1. Se redujo el porcentaje de merma de pollo de un 6.1% al 3.94% aumentando la eficiencia en el proceso de la cadena de frío.
2. Se logró reforzar en el personal la importancia de cumplir con los estándares de temperatura en cámaras e islas, generando así una reducción de la merma en los productos avícolas.
3. Se evidenció falta de registros y malas prácticas del personal mediante las herramientas de Lean Manufacturing para reducir errores operativos.
4. Se logró reducir las pérdidas por merma de pollo de \$1165 a \$752 generando mayor beneficio económico.

4.2 Recomendaciones

1. Definir métricas para el control de merma por proceso, previo a la elaboración de un proyecto de minimización de mermas, de modo que el estudio del problema enfocado pueda orientarse al proceso.
2. Establecer el banco de productos a estudiar, de modo que el trabajo no este sesgado por decisiones operativas, sino en datos relacionado a la variable de respuesta o problema de estudio.
3. Realizar un plan de costeo para poder adquirir equipos nuevos puesto que el desgaste se va evidenciando con la cantidad de años que llevan en uso y más adelante su funcionalidad será baja.

Bibliografía

- Asociación Española para la Calidad. (11 de Junio de 2024). *5 por qué*. Obtenido de AEC:
<https://www.aec.es/conocimiento/centro-del-conocimiento/5-porque/>
- Bicheno, J., & Holweg, M. (2024). *The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation* (6th ed.). Buckingham: Picsie Books.
- Gutiérrez, H. P. (2010). *CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD*. México: McGraw-Hill.
- International Journal of Engineering Research & Technology. (5 de Mayo de 2020).
Understanding basics of Six Sigma. Obtenido de <https://www.ijert.org/>
- Montgomery, D. C. (2020). *Introduction to Statistical Quality Control* (8th ed.). Hoboken: John Wiley & Sons.
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2014). *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*. New York: McGraw-Hill.
- Zurita, G. (2010). *Probabilidad y Estadística Fundamentos y Aplicaciones* (2da ed.). Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

[illegible]