

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Reducción de espacios de cabeza de material de empaque en
la producción de alimentos para mascotas de una planta de
balanceados, mediante el uso de la metodología DMAIC”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

**MAGÍSTER EN GESTIÓN DE PROCESOS Y SEGURIDAD DE
LOS ALIMENTOS**

Presentada por:

María Dolores Medranda Andrade

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2022

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirnos
seguir despertando cada
mañana.

A mi familia, por ser mi apoyo
esencial.

A mis profesores, por ser
parte de este nuevo
aprendizaje.

DEDICATORIA

Mamá, todo este esfuerzo y dedicación es inspirado por ti. Me has enseñado a luchar por cada cosa en la vida, a tener metas y a perseguir mis sueños. Eres el amor convertido en persona, eres irremplazable, de sentimientos puros y sinceros. Eres el ejemplo de perseverancia. Todo lo que consiga en mi vida siempre será dedicado a ti.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

**Ingrid Adanaqué B., MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO**

**Patricio Cáceres C., PhD.
VOCAL**

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Escuela Superior Politécnica Del Litoral”

María Dolores Medranda Andrade

RESUMEN

Este proyecto se realizó en una industria dedicada al procesamiento de alimento balanceado, el mismo que es distribuido en su totalidad a nivel nacional a diferentes agencias y supermercados. En la fabricación de estos productos se utilizan varios tipos de materias primas para obtener productos terminados de calidades diferentes: super premium, premium, estándar y económico.

En los últimos meses, debido a la variabilidad de los materiales, esta línea ha venido atravesando varias complicaciones, lo que ha conllevado acciones de ajuste constante en las máquinas y especificaciones del producto, esto debido a la escasez de materias primas, diversidad de proveedores, rangos de aceptación de producto bastante amplias, que afectan directamente al producto.

Debido a la variación de densidades del producto terminado de alimento para mascotas, los empaques preformados han superado el 15% de espacio de cabeza, habiendo un excedente de material de empaque entre el producto terminado envasado y el sellado horizontal de la parte superior de la funda, lo que genera que el consumidor cuestione si la cantidad de producto es la correcta.

Por tal motivo, en la línea de envasado se realizó un estudio mediante la aplicación de la metodología DMAIC, con la finalidad de disminuir el porcentaje de espacios de cabeza en la presentación de 450g ya que este supera el 15%. Para la aplicación de esta metodología, se involucró a diferentes áreas como planificación, desarrollo de producto, compras, mantenimiento y producción, sin embargo, para la recolección de la información fue fundamental la ayuda del personal operativo, como obreros, operadores, supervisor de producción y analista de control de calidad.

De esta forma, se realizaron pruebas a escala laboratorio para la reducción progresiva de los espacios de cabeza, que consiste en el llenado de las fundas con pesos mayores a 450g hasta obtener espacios de cabeza de 12%, 10% y 8% simulando sus densidades y validando que el empaque pueda ser sellado. En base a los resultados a nivel laboratorio, se genera la prueba a escala industrial, sin embargo, debido a la velocidad establecida (75 bolsas por minuto) no fue posible la ejecución de estos parámetros ya que la velocidad de la máquina disminuye (50 bolsas por minuto), y al querer mantenerla las croquetas se remuerden con el sellado horizontal de la funda por lo que se planteó seguir con la reducción al 13%.

Con el 13% de espacio de cabeza la velocidad de la máquina se mantiene en 75 bolsas por minuto, el tamaño de la lámina formadora de la funda para envasado puede reducir su tamaño, lo que se considera un ahorro en costos ya que con cada centímetro de reducción de la lámina también se reduce un 4% en la inversión de la compra del material de empaque.

ABSTRACT

This project was carried out in an industry dedicated to the processing of balanced food, which is distributed in its entirety at the national level to different agencies and supermarkets. In the manufacture of these products, various types of raw materials are used to obtain finished products of different qualities: super premium, premium, standard and economic.

In recent months, due to the variability of the materials, this line has been going through various complications, which has led to constant adjustment actions in the machines and product specifications, due to the scarcity of raw materials, diversity of suppliers, fairly wide product acceptance ranges, which directly affect the product.

Due to varying densities of the finished pet food product, preformed packages have exceeded 15% headspace, with excess packaging material between the finished packaged product and the horizontal seal at the top of the sleeve, which causes the consumer to question whether the amount of product is correct.

For this reason, a study was carried out on the packaging line by applying the DMAIC methodology, with the aim of reducing the percentage of headspace in the 450g presentation, since it exceeds 15%. For the application of this methodology, different areas such as planning, product development, purchasing, maintenance and production were involved, however, for the collection of information, the help of operational personnel, such as workers, operators, production supervisor, was essential. and QA analyst.

In this way, tests were carried out on a laboratory scale for the progressive reduction of headspaces, which consists of filling the covers with weights greater than 450g until obtaining headspaces of 12%, 10% and 8%, simulating their densities. and validating that the package can be sealed. Based on the results at the laboratory level, the test is generated on an industrial scale, however, due to the established speed (75 bags per minute) it was not possible to execute these parameters since the speed of the machine decreases (50 bags per minute). per minute), and when wanting to keep it, the croquettes are bitten by the horizontal sealing of the cover, so it was proposed to continue with the reduction to 13%.

With 13% headspace the machine speed is maintained at 75 bags per minute, the size of the packaging sleeve forming sheet can be reduced in size, which is considered a cost savings as with every centimeter of reduction of the sheet is also reduced by 4% in the investment of the purchase of the packaging material.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción del problema	1
1.1.1. Variable respuesta.....	2
1.1.2. Alcance	5
1.1.3. Restricciones	5
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo general.....	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	6
1.3. Justificación	6
1.4. Marco teórico.....	7
1.4.1. Medición, análisis y mejora.....	7
1.4.2. Análisis de datos.....	7
1.4.3. Mejora	7
1.4.4. Control estadístico	8
1.4.5. Aseguramiento de la calidad	8
1.4.6. Implementación de la mejora	8
1.4.7. Seis sigma	9
1.4.8. Estadística descriptiva	10
CAPÍTULO 2	11
2. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC.....	11
2.1. Definir	11
2.2. Medir	11
2.2.1. Estratificación.....	11

2.2.2.	Declaración del problema enfocado	13
2.2.3.	Objetivo SMART enfocado	13
2.2.4.	Diagrama de Flujo	13
2.2.5.	Plan de recolección de datos.....	14
2.2.6.	Confiabilidad de datos.....	15
2.2.7.	Análisis de capacidad	16
2.3.	Analizar	17
2.3.1.	Plan de verificación de causas.....	18
2.3.2.	Ponderación de causas.....	18
2.3.3.	Análisis de los 5 por qué.....	19
2.3.4.	Matriz de priorización de soluciones	21
2.4.	Mejora	23
2.4.1.	Plan de implementación de soluciones.....	23
2.4.4.1.	Creación del protocolo para cambio de datos (B3).....	23
2.4.4.2.	Prueba piloto para validación del control de densidades (B4)	24
2.4.4.3.	Ejecución en maquina	24
2.5.	Control.....	25
CAPÍTULO 3		26
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	26
CAPÍTULO 4		28
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	28
4.1.	Conclusiones.....	28
4.2.	Recomendaciones	28
BIBLIOGRAFÍA		

ABREVIATURAS

DMAIC Define – Measure – Analyze – Improve – Control

PEBD Polietileno de baja densidad

CTQ Critical to quality (crítico para la calidad)

SIPOC Supplier – Input – Process – Output – Customer

AMEF Análisis de modo y efecto de falla

ARMG Adulto raza mediana y grande

CRMG Cachorro raza mediana y grande

CRPM Cachorro raza pequeña y miniatura

ME Material de empaque

MP Materia prima

SIMBOLOGÍA

Kg Kilogramo

g gramo

g/l gramo/litro (densidad)

bpm bolsas por minuto

und/kg unidades/kilogramo (rendimiento)

Aw actividad de agua

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.0 Funda con producto	2
Figura 1.1 Trazado de línea donde termina el llenado del producto en la funda.....	2
Figura 1.2 Funda vaciada una vez trazada la línea.....	3
Figura 1.3 Medición de largo de sellada a sellado en la funda	3
Figura 1.4 Medición desde la línea trazada horizontalmente hasta el sellado superior	4
Figura 1.5 Porcentaje de espacio de cabeza vs número de muestras	4
Figura 2.0 Estratificación entre máquinas	12
Figura 2.1 Estratificación entre categorías.....	12
Figura 2.2 Diagrama de flujo del proceso de producción del alimento para mascotas	14
Figura 2.3 Mediciones realizadas para confiabilidad de datos	15
Figura 2.4 Gráfica de control del valor individual y Gráfica de control del rango móvil	16
Figura 2.5 Análisis de capacidad del proceso.....	16
Figura 2.6 Diagrama de Ishikawa	17
Figura 2.7 Análisis 5 por qué	20
Figura 2.8 Matriz Impacto vs. Esfuerzo	22
Figura 2.9 Ejecución de prueba en máquina.....	25
Figura 3.0 Beneficios del proyecto.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Diagrama SIPOC.....	5
Tabla 2 Declaración del problema enfocado	13
Tabla 3 Plan de recolección de datos.....	15
Tabla 4 Plan de verificación de causas.....	18
Tabla 5 Niveles de correlación para las causas	18
Tabla 6 Causas potenciales	19
Tabla 7 Causas raíces y plan de acción.....	21
Tabla 8 Identificación de causas potenciales	21
Tabla 9 Simulación de densidades	24
Tabla 10 Resultado después de la implementación	26
Tabla 11 Ahorro al aplicar la mejora	26

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La metodología DMAIC es una herramienta que nos ofrece mejorar estratégicamente los procesos existentes basándose en la recolección de información medible para entender los procesos importantes afectados con la expectativa de potenciar resultados, las industrias en la actualidad buscan mejorar sus procesos mediante su aplicación.

La metodología DMAIC aparece en los años 80 del siglo XX, convirtiéndose en una estrategia sistemática y bien estructurada que permite la obtención de productos y/o servicios cada vez más eficientes. Desde su creación, esta metodología ha sido utilizada para reducir variabilidad e incrementar calidad y productividad de las empresas que las aplican. Lo que se traduce en la mejora del rendimiento de los procesos y el aumento de la satisfacción de los clientes. (Garza. R, Gonzáles. C, Rodriguez. E & Hernández. C, 2016)

Teniendo en cuenta que la empresa productora de balanceados elabora alimento para mascotas, y que en su etapa de envasado procesa alrededor de 7500 kg/hora, con un estimado de 99000 kg al día, considerando las horas de set up de la máquina, y que utiliza materiales plásticos, polietileno de baja densidad (PEBD), que son comprados en el mercado local o internacional, con lotes hasta de 1200kg de material que son receptados periódicamente.

En los últimos meses, debido a la variabilidad de los materiales, esta línea ha venido atravesando varias complicaciones, lo que ha conllevado acciones de ajuste constante en las máquinas y especificaciones del producto, esto debido a la escasez de materias primas, diversidad de proveedores, rangos de aceptación de producto bastante amplias, que afectan directamente al producto.

Los ajustes realizados han permitido estabilizar la línea en cuanto a especificaciones nutricionales del producto, es decir, estos mantienen y/o mejoran su formulación para tener croquetas apetecibles para las mascotas, sin embargo, al realizar estos ajustes en el proceso, las densidades del producto no son las mismas con las que originalmente fue aprobado el material de empaque, por lo que actualmente los empaques mantienen espacios de cabeza altos.

El área de empaques realiza controles básicos para evaluar los materiales de empaque, sin embargo, los mismos no son suficientes para dar solución integral a los problemas antes mencionados, por lo que se ve en la necesidad de realizar una evaluación del proceso utilizando la metodología DMAIC.

1.1. Descripción del problema

Debido a la variación de densidades del producto terminado de alimento para mascotas en una planta de balanceados, se ha evidenciado durante los últimos 7 meses que los empaques preformados han superado el 15% de espacio de cabeza, habiendo un

excedente de material de empaque entre el producto terminado envasado y el sellado horizontal de la parte superior de la funda preformadas.

1.1.1. Variable respuesta

La variable Y es el porcentaje de espacio de cabeza, básicamente nos indica el espacio que hay entre el producto y el sellado superior cruzado. Calculándose de la siguiente forma:

Paso 1: Se toma una funda con producto.

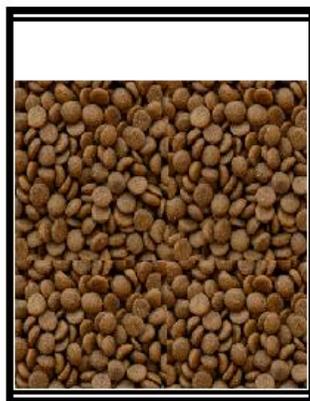


Figura 1.0 Funda con producto

Fuente: Autor

Paso 2: Con una tijera o cúter, realizar una pequeña incisión en funda para dejar salir el aire contenido dentro.

Paso 3: Unir lamina frontal y lamina posterior del producto sellado y sin aire, trazar una línea recta justo donde termina llenado de producto en la funda.

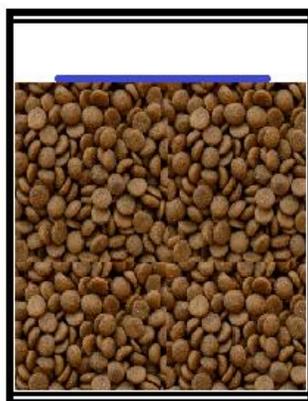


Figura 1.1 Trazado de línea donde termina el llenado del producto en la funda

Fuente: Autor

Paso 4: Una vez trazada la línea, abrir funda evitando romperla completamente. Vaciar y descartar producto de la funda.

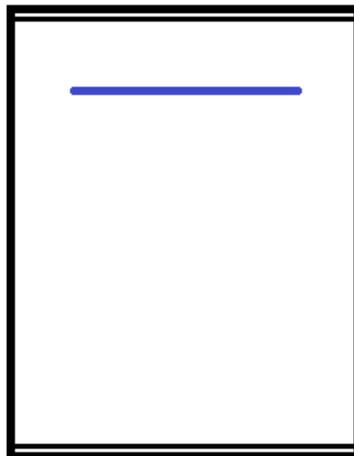


Figura 1.2 Funda vaciada una vez trazada la línea
Fuente: Autor

Paso 5: Tomar funda vacía, realizar medición de largo de funda de sellado a sellado.

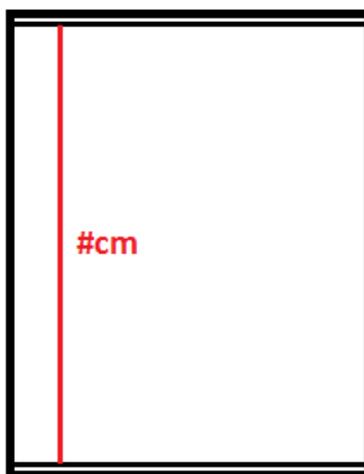


Figura 1.3 Medición de largo de sellada a sellado en la funda
Fuente: Autor

Paso 6: Realizar medición desde línea trazada hasta borde superior de sellado.

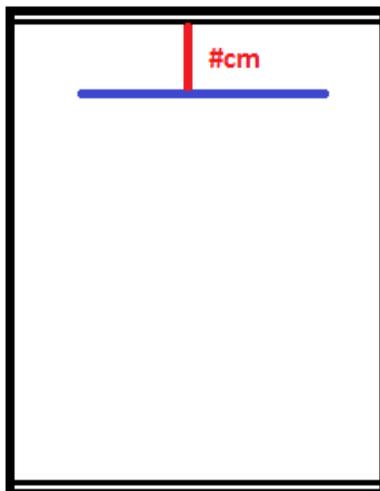


Figura 1.4 Medición desde la línea trazada horizontalmente hasta el sellado superior
Fuente: Autor

$$\text{Porcentaje de espacio de cabeza} = \frac{\text{\#cm desde línea trazada hasta borde superior}}{\text{\#cm desde sellado superior hasta borde inferior}} \times 100\%$$

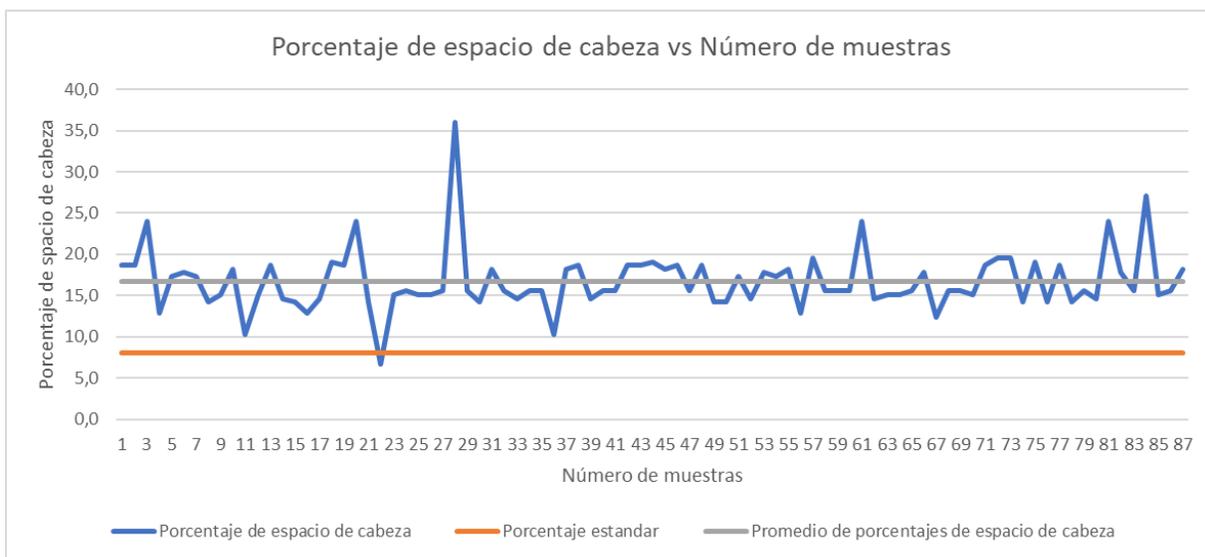


Figura 1.5 Porcentaje de espacio de cabeza vs número de muestras
Fuente: Autor

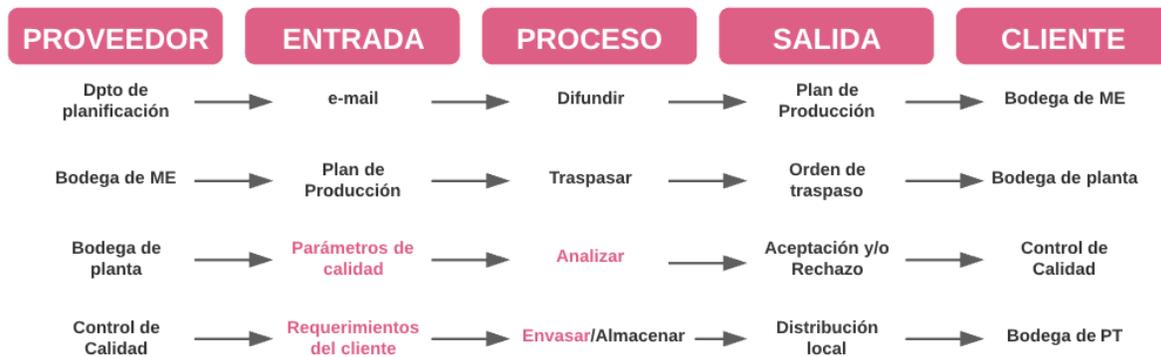
Aplicando la fórmula, se obtienen los espacios de cabeza del envase. En la figura 1.5 se observa como el porcentaje de espacios de cabeza del proceso tienen un promedio de 16.7%.

$$\text{Promedio de porcentajes de espacio de cabeza} = 16.7\%$$

1.1.2. Alcance

El alcance del proyecto, es para la línea envasadora Bosh y como parte de la metodología DMAIC se realiza un diagrama SIPOC, donde se analiza paso a paso las entradas y salidas del proceso, este con la finalidad de encontrar los puntos críticos, como se muestra en la Tabla 1

Tabla 1
Diagrama SIPOC



Fuente: Autor

En el diagrama SIPOC se observa que los puntos críticos son analizar y envasar, ya que es en estos puntos donde se involucran las variables del problema. Se debe tener en cuenta que ambos procesos están muy relacionados ya que son consecutivos y dependen el uno del otro. En cuanto al análisis, es el que determina que las croquetas estén dentro de las especificaciones físicas establecidas por la empresa y el envasado es en el cual se determina si el producto cuenta con los espacios de cabeza requeridos para la aceptación del cliente.

1.1.3. Restricciones

La empresa cuenta con las siguientes restricciones:

- Tiempos reducidos para realizar pruebas.
- Poca disponibilidad de material de empaque para pruebas.
- Disponibilidad del personal operativo para la elaboración de pruebas.
- Prioridades de producción.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Reducir el espacio de cabeza de las fundas preformadas de la línea de alimentos para mascotas de una planta de balanceados mediante el uso de la metodología DMAIC para aumentar la aceptación del producto bajo la percepción del consumidor y evitar el uso excesivo de material de empaque.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar el proceso actual y los porcentajes de espacios de cabeza, mediante la recopilación de datos de los análisis físicos realizados al producto terminado.
- Identificar la causa raíz de los factores que originan el evento y/o condiciones del problema y su persistencia.
- Evaluar diferentes soluciones que puedan ayudar a lograr el objetivo planteado de reducir los espacios de cabeza
- Implementar pruebas piloto para validar las opciones de mejora escogidas.
- Analizar resultados

1.3. Justificación

Debido a la indisponibilidad de materias primas, retrasos en importaciones o a la introducción de nuevos proveedores, la empresa se ve obligada a reformular muchas veces el producto, afectando directamente a los parámetros físicos del producto terminado.

Una de las afectaciones es la densidad del producto, que tiende a estar sobre el límite superior de su especificación (480g/L) lo que genera que los espacios de cabeza sean mayores al 15%. Al realizar estos cambios en el producto no se ha considerado el material de empaque donde este es envasado.

El plástico en la actualidad contribuye indudablemente con los problemas medio ambientales, diariamente se producen toneladas de basura generadas por los habitantes, contaminando así, suelos y agua. (Navia. P, Ayala. A & Villada Samuel, 2014)

El PET, es el polímero de más fácil obtención y manejo, por lo que es utilizado en diversas industrias como la textil y alimentaria (Toledo. I, 2013). De la misma manera el uso de PEBD se da en función a los requerimientos del cliente en cuanto a especificaciones físicas como espesor y medidas. (Perez R, Torres A & Candal M, 2014)

Debido a que la conservación de alimentos en estos polímeros prolonga la vida útil del producto, el uso de las fundas preformadas es muy recurrente. Los rollos laminados pasan un control físico, para luego ser liberados y colocados en la máquina donde son formadas, llenadas y selladas las fundas según su peso y presentación.

Sin embargo, estos porcentajes de espacios de cabeza que sobrepasan el 15% ocasionan muchas veces que el consumidor cuestione si la funda se encuentra con más aire que producto. Además de generar un mayor gasto en material de empaque, reducir el rendimiento del rollo, pero sobre todo impactando al medio ambiente.

Al analizar el proceso actual mediante la recopilación de datos de los análisis físicos, se pretende conocer cuáles son los rangos tanto de densidades, así como de espacios de cabeza manejados en estos empaques y así poder definir su factibilidad, eliminando los defectos y fallos en los procesos, logrando un mayor impacto en los resultados.

Por este motivo, la finalidad de este estudio es reducir el tamaño del empaque, bajo la premisa de mejorar e incrementar el rendimiento del mismo, mediante el uso de las herramientas para el mejoramiento de la calidad.

1.4. Marco teórico

1.4.1. Medición, análisis y mejora

La organización se encarga de la planificación e implementación de los procesos de seguimiento, medición, análisis y mejora que es necesario para demostrar la conformidad de los productos, asegurarse de la conformidad del sistema de gestión de calidad y la mejora continua de la eficiencia del sistema de gestión de calidad.

Se debe aplicar métodos apropiados para el seguimiento, aplicando la medición de los procesos del sistema de gestión de calidad. Estos deben demostrar la capacidad para alcanzar los resultados planificados sobre los procesos. El método apropiado para el seguimiento es determinado por la organización y de este dependerá el tipo y grado de seguimiento en cuanto a la medición de los procesos en relación a la conformidad del producto y sobre la eficacia del sistema de gestión de calidad. Además, el seguimiento consiste en medir las características del producto a verificar para que se cumplan los requisitos del mismo, este se realiza en etapas adecuadas del proceso de realización del producto, manteniendo un criterio de aceptación y rechazo, además de tener en cuenta los riesgos que causa un mal manejo del criterio. (H. Gutierrez, 2010)

1.4.2. Análisis de datos

Es importante registrar los datos y la información apropiada sobre la calidad y satisfacción del cliente, por lo tanto, este debe ir acompañado de un análisis apropiado para que los datos se conviertan en información para poder tomar decisiones adecuadas.

La empresa debe realizar la determinación, recopilación y análisis de datos apropiados para demostrar la idoneidad, así como la eficacia del sistema de gestión de calidad para evaluar donde pueden ser aplicadas las mejoras. Esto debe incluir un seguimiento y medición de las fuentes pertinentes. (H. Gutierrez, 2010)

1.4.3. Mejora

Esta se da mediante el uso de la política de calidad, los objetivos y los resultados y análisis de datos, las acciones correctivas y preventivas, revisadas por parte de la dirección.

La organización deberá tomar en cuenta la causa de las no conformidades, con el propósito de que estas no vuelvan a ocurrir. Las acciones correctivas deben estar alineadas a los efectos de las no conformidades detectadas, para esto debe realizarse un procedimiento documentado para definir los requisitos a seguir.

Las acciones correctivas, son las correcciones permanentes del problema o de la no conformidad, para que no se vuelva a presentar. Esta se trata de asegurar que el proceso regrese a sus niveles planeados, no se trata de arreglos temporales, estos se tratan de eliminar el problema.

Por otra parte, las acciones preventivas como su nombre mismo lo indica, sirven para prevenir su ocurrencia.

La diferencia entre ambas, se debe buscar en cómo se originan las mismas. Las acciones correctivas están ligadas a un problema o una no conformidad en específico, en el cual se

decide si poner o no en marcha un plan correctivo. Las acciones preventivas se originan para prevenir fallas potenciales, atendiendo sus causas.

Por tanto, es muy útil el empleo de las acciones preventivas en las fases de diseño y proceso del producto, de esta manera si se prevé una falla potencial se podrán tomar medidas de prevención. Una metodología útil es la conocida como análisis de modo y efecto de falla (AMEF) para la generación de la base de acciones preventivas. (H. Gutierrez, 2010)

1.4.4. Control estadístico

Su objetivo es hacer predecible un proceso en tiempo. Este es una herramienta que facilita y ayuda en la toma de decisiones para la mejora constante de los procesos de una empresa.

Las principales herramientas utilizadas en este proceso son las gráficas de control que permiten distinguir las causas comunes de las variaciones más comunes de los procesos, estas variaciones pueden ser cambios ocurridos en medidas, característica común de un proceso determinado.

Al identificarlas mediante un gráfico, el paso a seguir es eliminar las causas especiales, debido a que estas son ajenas al funcionamiento natural del proceso, logrando el estado de control estadístico.

Esta metodología permite que se pueda planificar cuando un proceso este fuera de control, para mejorar los procesos operativos. Existen una serie de técnicas estadísticas que permiten establecer criterios para la medición, detección y corrección de las variables del proceso que normalmente afectan la calidad y muchas veces la productividad.

Las mejoras que se pueden lograr mediante esta metodología son: disminución de costos, eliminación de actividades que no agregan valor al proceso productivo, evitar incumplimientos de los requerimientos del cliente. (L. Torres, 2019)

1.4.5. Aseguramiento de la calidad

El ciclo de Deming es un método que apoya a la administración en la búsqueda de la mejora continua. Este es una derivación del método científico aplicado en los procesos. Este consiste en cuatro pasos fundamentales: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar.

Planificar: para este se requiere recolectar y analizar datos, diseñar un plan de acción y llevar a cabo los 5W.

Hacer: en caso de ser necesario se requiere de capacitación, Implementar lo planeado, vender la idea y documentar.

Verificar: Revisar y determinar las desviaciones de la realidad contra el plan.

Actuar: En base a las desviaciones y las observaciones, se debe tomar las acciones correspondientes, ya sean estos, acción correctiva, acción preventiva y estandarización.

1.4.6. Implementación de la mejora

Cuando se proponen estrategias de mejora, por lo general se crea cierta resistencia o incluso oposición. Por ello debe diseñarse para vencer los obstáculos y lograr resultados.

Por lo cual se debe definir y comunicar la misión y visión de estas iniciativas de mejora para lograr que todo este correctamente alineado.

Normalmente, es frecuente que las organizaciones no tienen claro el propósito fundamental de la empresa, ni las metas del porvenir. De esta forma, su trabajo se torna reactivo, es decir, se guían por los problemas del día a día, y las iniciativas de mejora se generan de áreas desvinculadas a los propósitos de la organización.

1.4.7. Seis sigma

El desarrollo de la industria, está enfocado a prestar atención a las necesidades del cliente. La calidad es uno de los factores más difíciles de satisfacer, sumando que esta es una garantía que le da la empresa al cliente. Las industrias que están enfocadas en entregar productos de calidad al mercado, constantemente están tratando de reducir las fallas de sus procesos y por ende las pérdidas del producto. Seis sigma es un método para identificar las causas de defectos en productos y procesos mediante la solución de problemas y mejorar la calidad con el proceso DMAIC. El mundo de la industria está cada vez más avanzado, lo que lleva a la competencia entre grandes y pequeñas empresas, la empresa da lo mejor a sus consumidores, la calidad de un producto se convierte en un factor importante que influye en la decisión de ser deseado por el consumidor. De tal manera que el objetivo principal de esta metodología es satisfacer las necesidades del cliente que muchas veces es difícil de determinar con precisión en la necesidad sobre el producto. Otro objetivo es la fiabilidad y durabilidad del producto, los fallos del producto pueden tener un impacto grave en la rentabilidad de la empresa a través de costes directos e indirectos. Continuamente, control de calidad busca las formas de reducir los fallos en el proceso, encontrando el número de producto dañado y el error en el proceso de producción, lo que para este departamento se traduce en idoneidad o características deseadas por el consumidor. (S Kusuma Dewi & D Maslahatul Ummah, 2019)

La tecnología tradicional de trabajo, ha sido utilizada durante varias décadas. El enfoque de esta metodología con iteraciones repetidas para estudiar y mejorar un proceso, es reducir costos y tiempos el cual lo convierte en una tarea desafiante. Por lo tanto, se genera la necesidad de estudiar los parámetros del proceso de operación y optimizarlos. Seis sigma ha sido aclamado como una de las más viables técnicas de investigación, los investigadores han empleado esta técnica para estudiar y mejorar una amplia variedad de procesos en las industrias, dado que este es un proceso riguroso de mejora convirtiéndose en una filosofía de gestión eficaz y ha servido de modelo para las industrias. Una técnica ampliamente utilizada para implementar seis sigma es el enfoque DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar), con este enfoque, se han realizado muchas investigaciones para mejorar los resultados de los procesos drásticamente. (K. Satyam, D. Prakash, S. Kumar & R. Ohdar, 2021)

La metodología seis sigma es considerada como una metodología para desarrollar la mejora continua de los productos y servicios, eliminando los defectos y fallos en los procesos, logrando un mayor impacto en los resultados de las grandes compañías. Actualmente seis Sigma es una estrategia centrada en la reducción de la variabilidad de los procesos utilizada por las compañías en gran escala, teniendo como objeto obtener mayor beneficio y asegurar el éxito de las mismas. La estrategia de Seis Sigma, debe ser aplicable de manera comprensible para cada uno de los miembros de las diferentes compañías, y

poner en práctica sus diferentes métodos basados en los datos que examina los procesos, misma que tiene por objeto llevar la calidad hasta los niveles más cercanos a la perfección. Lo que se pretende resaltar es la metodología de la estrategia cuando es aplicada en las compañías y sus beneficios en la mejora de la calidad de los productos, poniendo en práctica todas sus habilidades; esta metodología permite un mejor desarrollo eficaz y eficiente, teniendo como prioridad los requisitos del cliente. (Tello. J & Aguirre. M, 2019)

Para usar esta herramienta se emplea, entre otras metodologías, la metodología DMAIC de mejora de proceso (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar). Dicha metodología es un proceso iterativo que sigue un formato estructurado y disciplinado, la realización de experimentos y su consecuente evaluación. (Garza. R, 2016)

1.4.8. Estadística descriptiva

Obtención de datos: Cuando se requiere de una decisión para resolver un problema de raíz es necesario tener la información que permita identificar cuando, donde y en qué condiciones se da el problema, es decir, se debe encontrar su regularidad estadística y sus fuentes de variabilidad. Debido a que en la práctica es complicado tener información antes de corregir o decidir, los hábitos de las organizaciones las llevan a actuar por experiencia, en intuición y tradición con base en métodos de prueba y error.

La mejora en los procesos, requieren de la toma de decisiones que se apoye en un correcto análisis de datos e información, por lo que es necesario contar con información de calidad. Sin embargo, en las organizaciones suelen surgir diferencias en la obtención de estas, obteniendo datos sin un claro propósito que luego no son de utilidad, la validación de decisiones solo si sus resultados son positivos o favorables, no existen planes globales para obtener información, información poco representativa y sesgada, errores por mal manejo de datos en la obtención de información estadística.

Antes de obtener información sobre el problema o situación, lo que se debe tener claro es el objetivo que se persigue, el tiempo y los recursos que se requieran para abordar el problema.

Localizado el problema y definidos los objetivos, debe ser identificado los datos que se necesitan para luego poder manejar la información y como analizarla.

Variabilidad y pensamiento estadístico: Cada proceso toma un tiempo diferente de otros procesos, es decir, como son generados por interacción de materiales, maquinas, mano de obra, mediciones, medio ambiente, y métodos. Estos elementos conforman las 6M, y son las que determinan de manera global todo el proceso y cada uno aporta parte de la variabilidad de los resultados del proceso.

CAPÍTULO 2

2. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC

Este estudio pretende abordar la problemática relacionada a la reducción de espacios de cabeza, en la línea de envasado de alimento balanceado para mascotas. La recolección de datos para su posterior análisis, se lo realizará partiendo de las características físicas del producto a envasar, en este caso las densidades de las croquetas que influyen dentro del proceso, garantizando de esta manera el adecuado conocimiento de los protocolos de sus etapas y los diferentes factores que intervienen y afectan de manera directa a lo antes mencionado.

No se establecen métricas con respecto al impacto económico, debido a que el mejoramiento de la productividad impactará en primera instancia a la calidad del producto y a la percepción del consumidor con respecto al mismo.

El enfoque de esta investigación es mixto (cuantitativo y cualitativo), ya que se analizarán técnicas de calidad como diagramas de flujo, Pareto e Ishikawa, con la finalidad de generar y organizar ideas. También se analizan cuadros estadísticos para medir las variables del proceso como parte del análisis de los datos numéricos a través de la estadística descriptiva. Esta técnica se basa en la recolección de datos, tomando en cuenta los reportes de producción y calidad. Los procedimientos realizados para la aplicación de la metodología DMAIC, son los siguientes:

2.1. Definir

En esta etapa, se identifica la necesidad del proceso con el fin de plantear los problemas y el alcance del proyecto. Revisión documental de los últimos 7 meses mediante diagrama de Ishikawa, este con la finalidad de detectar los problemas más relevantes.

2.2. Medir

En esta etapa se enfoca la mejora en la recolección de información de la situación actual del proceso, elaborando mapas de procesos, diagramas de Pareto, cartas de control de densidades del producto y espacios de cabeza del proceso actual.

2.2.1. Estratificación

Para la estratificación se utiliza la herramienta de Pareto, la cual inicia entre las máquinas envasadoras de este producto donde se realiza el 100% de la producción, dando como frecuencia relativa 69% en la envasadora Bosh y 31% en la envasadora Maxpac, como se muestra en la figura 2.0. lo que nos indica que el envasado se realiza frecuentemente en la envasadora BOSH.

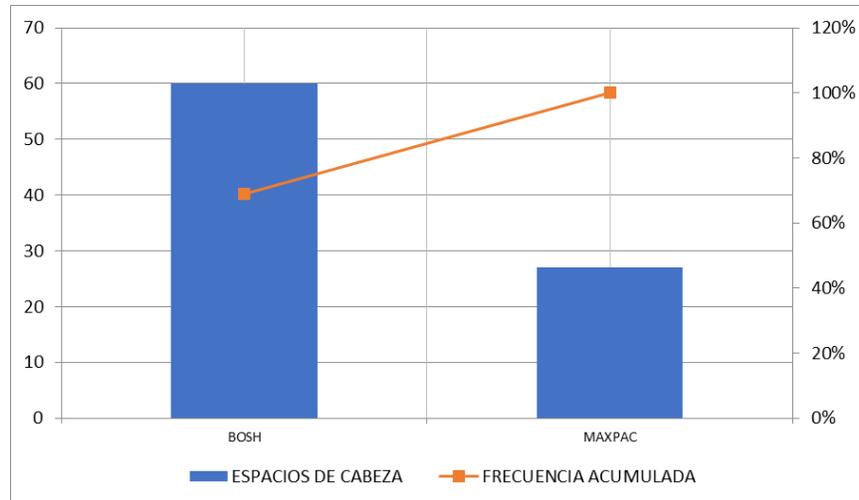


Figura 2.0 Estratificación entre máquinas

Fuente: Autor

La producción en la envasadora BOSCH por tipo de producto enfocada en las categorías (razas y edades) es en ARMG 52%, CRMG 32% y CRPM 17% de frecuencia relativa, como se muestra en la figura 2.1. el cual nos indica que la categoría que más se procesa en esta máquina envasadora es la de ARMG

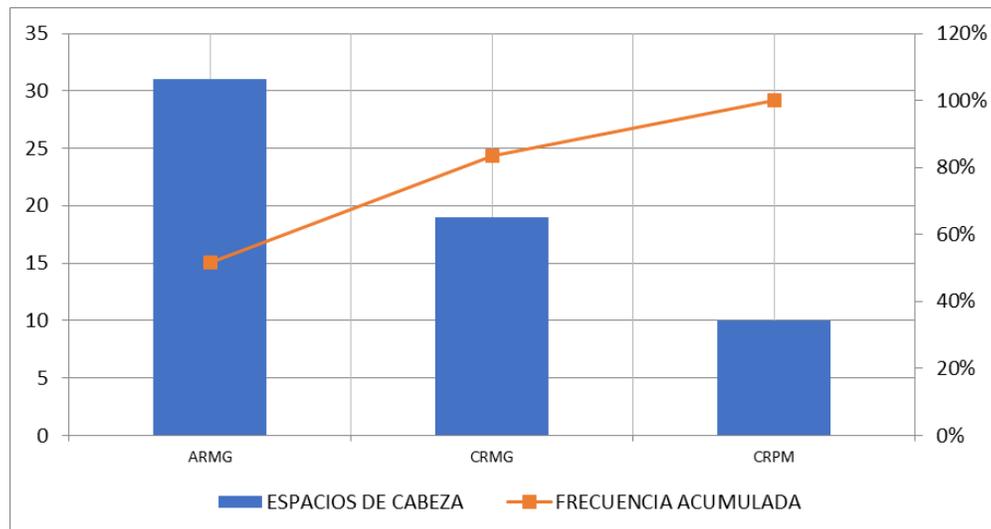


Figura 2.1 Estratificación entre categorías

Fuente: Autor

Por lo tanto, el estudio se enfocará en el producto ARMG y CRMG, procesado en la máquina BOSH ya que representa el 84% del total de producción de alimento balanceado.

2.2.2. Declaración del problema enfocado

Con la ayuda de la estratificación se logra llegar a enfocar la variable a analizar, obteniendo la variable de interés enfocada como se muestra en la tabla.

Tabla 2
Declaración del problema enfocado

Qué?	Reducción de Porcentaje de espacios de cabeza de la categoría ARMG de la máquina envasadora BOSCH
Dónde?	Área de Producción
Cuándo?	Datos recolectados desde mayo del 2021 hasta septiembre del 2021
Qué tanto?	Promedio de porcentaje de espacios de cabeza de 16.7%, cuando su especificación es 15%
Cómo lo se?	El escenario ideal es 12.4% de espacios de cabeza

Fuente: Autor

2.2.3. Objetivo SMART enfocado

El objetivo SMART es reducir el porcentaje de espacio de cabeza de las fundas preformadas de la máquina envasadora Bosch de las categorías ARMG y CRMG de alimentos para mascotas con un promedio de 16.7% de espacio de cabeza a 12.4% a partir de 3 meses de la implementación de la mejora.

2.2.4. Diagrama de Flujo

Dentro del diagrama de flujo, se detalla el paso a paso, de principio a fin, el proceso de obtención de alimento para mascotas, donde se puede visualizar desde la recepción de las materias primas, hasta el almacenamiento y distribución tal como se muestra en la Figura 2.2:

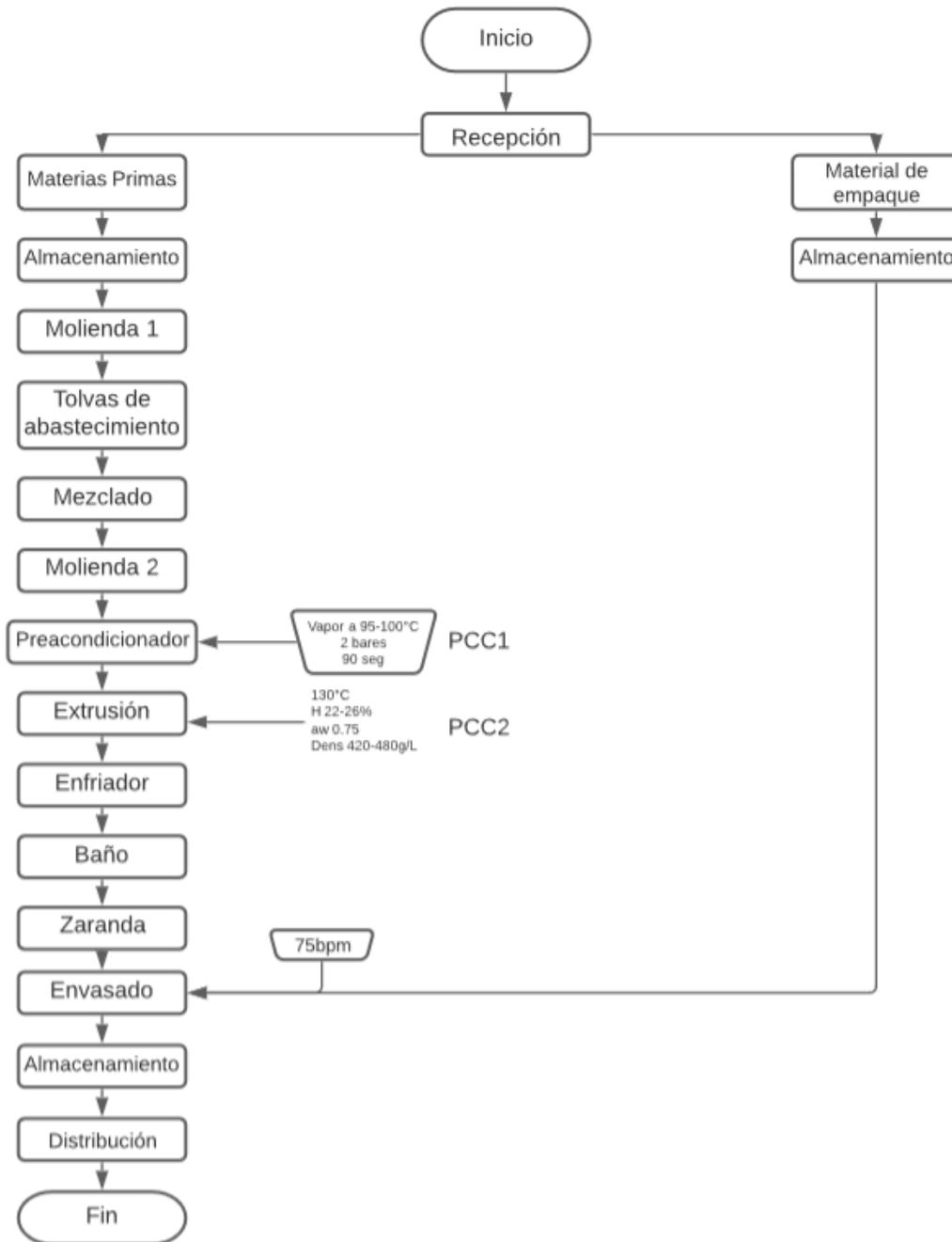


Figura 2.2 Diagrama de flujo del proceso de producción del alimento para mascotas
Fuente: Autor

2.2.5. Plan de recolección de datos

Con la finalidad de obtener variables necesarias para la identificación de las causas del problema, se usa la herramienta denominada plan de recolección de datos, donde se plasma el quién, el qué, el dónde, el cuándo, el cómo y el porqué de la identificación de dichas variables.

Tabla 3
Plan de recolección de datos

¿Quién?	Persona a cargo	Ma Dolores Medranda	Ma Dolores Medranda	Ma Dolores Medranda
¿Qué?	Nomenclatura	1	2	3
	Significado operacional	Espacios de Cabeza	Densidades	Costos
	Unidad de medición	cm	g/L	\$
	Tipo de datos	Cuantitativas continuas	Cuantitativas continuas	Cuantitativas continuas
¿Dónde?	¿Dónde coleccionar?	Base de datos	Base de datos	Facturas
¿Cuándo?	¿Cuándo coleccionar?	Al inicio de la fase de medición	Al inicio de la fase de medición	Al inicio de la fase de medición
¿Cómo?	Método de observación	Gemba	Gemba	Observación asistemática
	Método de recolección	Registros Historicos	Registros Historicos	Ordenes de compras
¿Por qué?	¿Por qué coleccionar?	Esto podría ayudarnos a calcular el espacio de cabeza		Consumo de material de empaque

Fuente: Autor

2.2.6. Confiabilidad de datos

En esta etapa, se realiza un análisis físico donde se comparan las densidades actuales del producto versus las recopiladas en la base de datos, de la misma forma los espacios de cabeza. En el cual se concluye que la data es confiable.



Figura 2.3 Mediciones realizadas para confiabilidad de datos

Fuente: Autor

2.2.7. Análisis de capacidad

Mediante el análisis de capacidad por medio de gráficas de control se evidencia que en la Figura 2.4 existen 2 puntos que se encuentran fuera de control y en la Figura 2.5 existen 3 puntos que se encuentran fuera de control, lo cual afecta la validez de los límites de control. Es decir, la media y la variación del proceso presentan patrones de inestabilidad. Por tal, se debe realizar una investigación los puntos fuera de control y omitir de los cálculos aquellos con causas especiales para así evidenciar su normalidad.

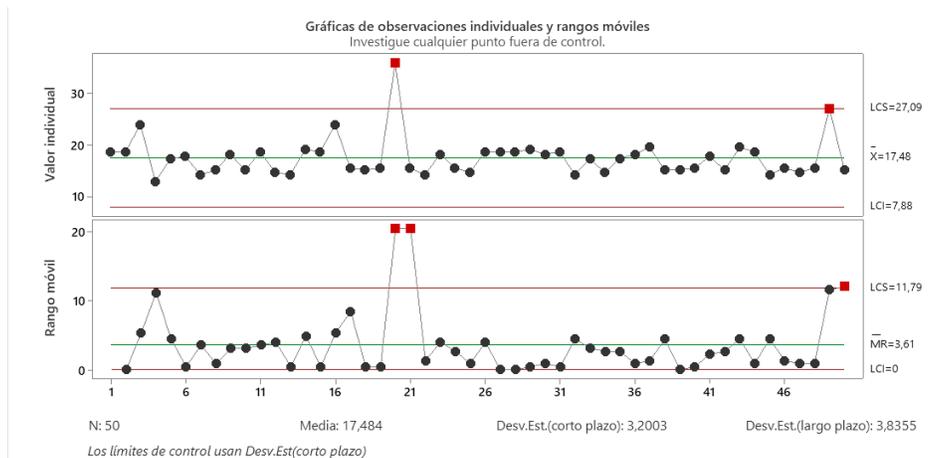


Figura 2.4 Gráfica de control del valor individual y Gráfica de control del rango móvil
Fuente: Autor

Por último, se realiza el análisis de capacidad como se muestra en la Figura 2.5 donde se puede concluir que debido a que el Cp es igual a 0.43 el proceso no es el adecuado y por tal se requiere de acciones inmediatas.

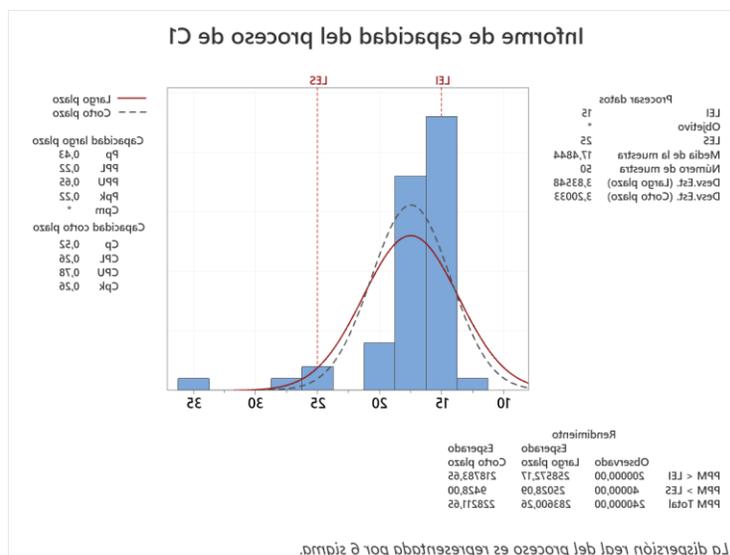


Figura 2.5 Análisis de capacidad del proceso
Fuente: Autor

2.3. Analizar

Por medio de esta fase de análisis, se determinan las potenciales causas raíces del problema detectado con los datos recolectados en fases anteriores.

Una vez detectado el problema ya enfocado, se realizó una lluvia de ideas con todas las causas posibles, por tal motivo se utilizó el Diagrama Ishikawa (Figura 2.6) para así establecer las causas por medio de categorías.

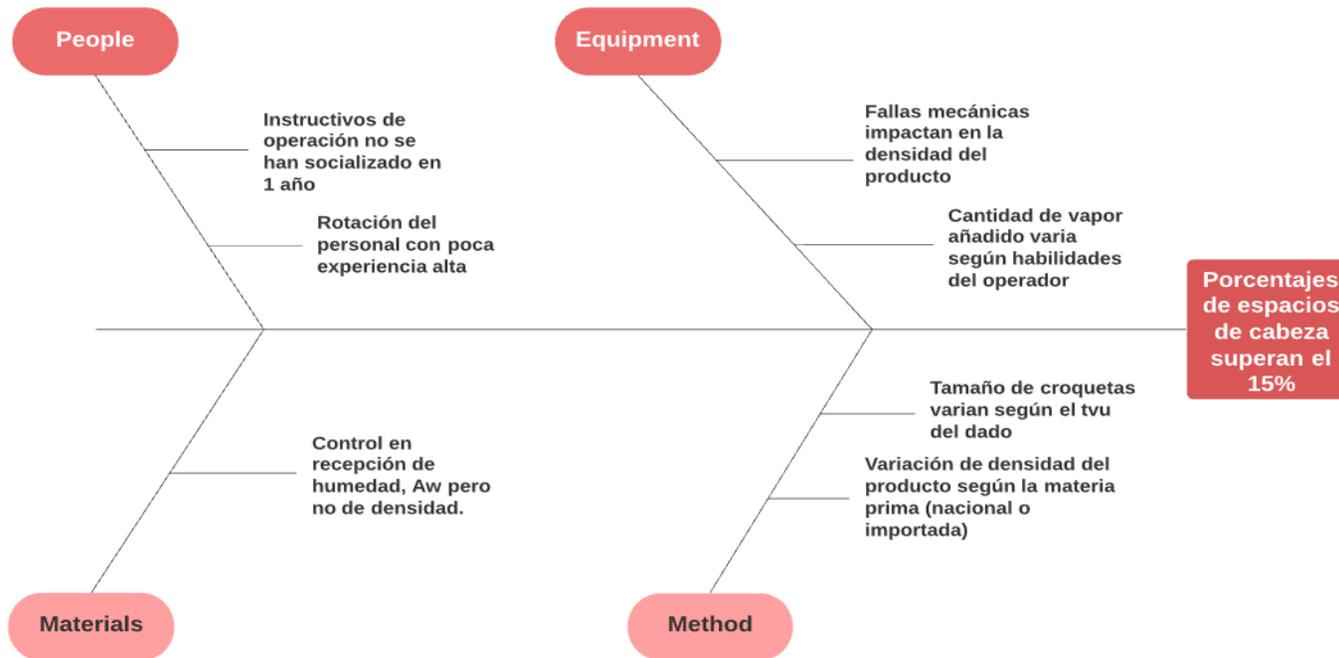


Figura 2.6 Diagrama de Ishikawa
Fuente: Autor

2.3.1. Plan de verificación de causas

Para la validación de las causas, se realiza el plan de verificación de causas. En la Tabla 2.2 se puede observar el plan de verificación con las causas potenciales, donde se pueden aplicar diferentes estrategias como GEMBA que consiste en la observación directa, datos, entrevistas o herramientas estadísticas. De esta forma, se menciona como se realizó la verificación de las causas.

Tabla 4
Plan de verificación de causas

Ítem	Causas potenciales	Teoría del impacto	¿Cómo lo verifico?	Estado
A1	Fallas mecánicas impactan a la densidad	Al realizar seguimiento, se evidencia que las fallas mecánicas (mezcla, presión mecánica, cortes irregulares) interfieren en las densidades del PT	GEMBA	Verificado
A2	Cantidad de vapor añadido varía según las habilidades del operador	Al realizar análisis físicos se evidencia fuera de la especificación	Análisis Físicos a PT (humedad, AW, densidad)	Verificado
A3	Tamaño de croqueta varía según el TVU del dado	Al realizar análisis croquetas varían de 1 a 2mm	Análisis Físicos a PT (medidas vernier)	Verificado
A4	Control en recepción de humedad, Aw pero no de densidad	Al no ser la densidad un parámetro de liberación, se pierde el control en PT	Análisis Físicos a MP (humedad, AW, densidad)	En proceso
A5	Variación de densidad del producto según la materia prima (nacional o importada)	Al tener MP de importación y nacional, se aceptan con rangos de densidades amplios, esto debido a la escasez en el mercado nacional	Análisis Físicos a MP (Densidad)	Verificado
A6	Instructivos de operación no se han socializado en 1 año	Al recibir capacitación o retroalimentación de manera eventual, se realizan manejos inadecuado de equipos	GEMBA	Verificado
A7	Rotación del personal con poca experiencia alta	Al realizar rotación de personal no se refuerzan los conocimientos de operación	GEMBA	Verificado

Fuente: Autor

2.3.2. Ponderación de causas

Se realiza una matriz dentro de la cual las causas son ponderadas tal como se muestra en la Tabla 5 según la correlación que exista con el problema enfocado, es decir se analiza por medio de causa – efecto por cada integrante / dueño del proceso.

Tabla 5
Niveles de correlación para las causas

Niveles de correlación	
Ninguna correlación	0
Correlación muy remota	1
Correlación moderada	3
Correlación fuerte	9

Fuente: Autor

Obteniendo así la ponderación de las causas potenciales tal como se muestra en la tabla 6:

Tabla 6
Causas potenciales

CAUSAS	PONDERACIÓN
Fallas mecánicas impactan a la densidad	9
Cantidad de vapor añadido varía según las habilidades del operador	9
Tamaño de croqueta varía según el TVU del dado	9
Control en recepción de humedad, Aw pero no de densidad	9
Variación de densidad del producto según la materia prima (nacional o importada)	3
Instructivos de operación no se han socializado en 1 año	3
Rotación del personal con poca experiencia alta	3

Fuente: Autor

2.3.3. Análisis de los 5 por qué

Esta es una herramienta muy útil, debido a que sirve para la identificación de causa raíz de cada una de las causas potenciales tal como se observa en la gráfica. A continuación, en la figura 2.7, se muestran las causas raíces que fueron obtenidas de cada una de las causas potenciales.

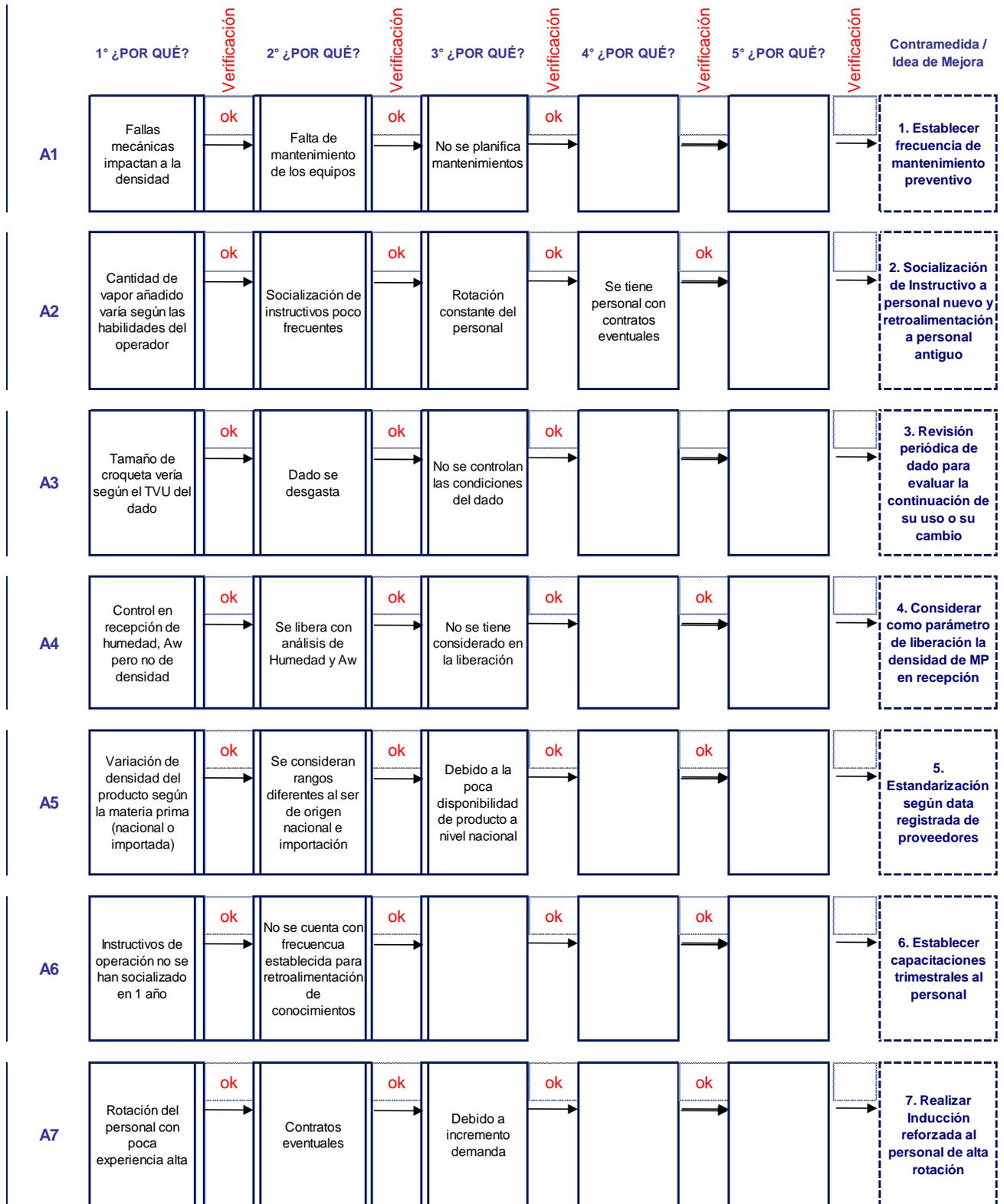


Figura 2.7 Análisis 5 por qué

Fuente: Autor

Tabla 2.5 Causas raíces y plan de acción

Ítem	Causas potenciales	Causas Raíces	Plan de acción
A1	Fallas mecánicas impactan a la densidad	Frecuencias de mantenimiento	Establecer nuevas frecuencias de mantenimiento
A2	Cantidad de vapor añadido varía según las habilidades del operador	Socialización de instructivos	Socialización de Instructivo a personal nuevo y retroalimentación a personal antiguo
A3	Tamaño de croqueta vería según el TVU del dado	Dado se desgasta	Revisión periódica de dado para evaluar la continuación de su uso o su cambio
A4	Control en recepción de humedad, Aw pero no de densidad	Se libera con análisis de Humedad y Aw	Considerar como parámetro de liberación la densidad de MP en recepción
A5	Variación de densidad del producto según la materia prima (nacional o importada)	Proveedores de MP de importación y nacional	Creación de FT en base a historial de densidades
A6	Instructivos de operación no se han socializado en 1 año	Retroalimentación de conocimientos con poca frecuencia	Establecer nuevas frecuencias de capacitaciones y retroalimentación
A7	Rotación del personal con poca experiencia alta	Contratos eventuales por temporada de alta demanda	Considerar ubicar en puestos de menor responsabilidad

Fuente: Autor

2.3.4. Matriz de priorización de soluciones

En esta etapa se realiza el análisis de las causas potenciales, para la identificación de las posibles soluciones, con el objetivo de construir la matriz de impacto-control, para lo cual se otorga una identificación a cada causa para un análisis más simple como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7
Identificación de causas potenciales

Causas potenciales		Posibles soluciones	
A1	Fallas mecánicas impactan a la densidad	B1	Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo a las máquinas, para evitar fallas de máquina que afectan a la densidad
A2	Cantidad de vapor añadido varía según las habilidades del operador	B2	Establecer un plan de calibraciones, actualizar el manual de operación de la máquina y dar inducción a los operadores al respecto

A3	Tamaño de croqueta vería según el TVU del dado	B3	Actualizar el protocolo de cambio de dados, para que el cambio no sea empírico sino basado en datos.
A4	Control en recepción de humedad, Aw pero no de densidad	B4	Establecer planes de muestreo para controlar la densidad de la materia prima, específicamente las harinas de origen animal y vegetal
A5	Variación de densidad del producto según la materia prima (nacional o importada)	B5	Actualizar las especificaciones en base a la data histórica de densidades
A6	Instructivos de operación no se han socializado en 1 año	B6	Establecer un plan de capacitación con las actualizaciones realizadas en el manual de operación de la máquina
A7	Rotación del personal con poca experiencia alta	B7	Establecer puestos de trabajo estratégicos para personal eventual con capacitaciones adecuadas

Fuente: Autor

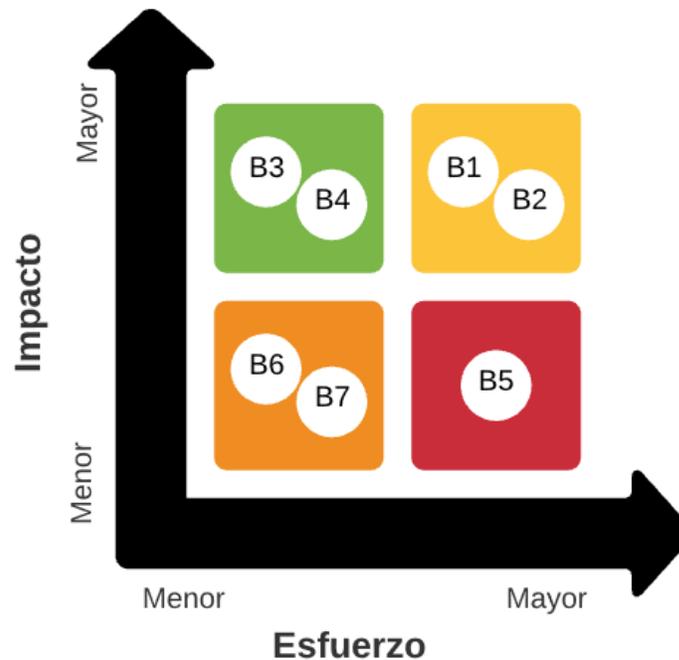


Figura 2.8 Matriz Impacto vs. Esfuerzo

Fuente: Autor

Luego de haber enlistado las causas potenciales que influyen en nuestra variable de interés y las posibles soluciones, se realiza la matriz de priorización, en la cual enfocaremos

nuestro esfuerzo para trabajar las causas del cuadrante verde B3 y B4 transformadas en posibles soluciones.

2.4. Mejora

2.4.1. Plan de implementación de soluciones

En este se lleva a cabo el plan de implementación de soluciones, donde se contempla la forma en cómo se va a realizar la implementación, en qué lugar y como se realiza el cumplimiento del mismo.

2.4.4.1. Creación del protocolo para cambio de dados (B3)

Se crea un protocolo para la realización del cambio de dado, en este se define las responsabilidades de cada equipo, siendo las más importantes la validación de las condiciones del proceso y la estabilización de la línea para realizar el envasado del producto a las diferentes condiciones mencionadas:

PLANIFICACIÓN

- La prueba se realizará durante la producción del turno 1 el día 03/01/2022 en la línea L12.
- Considerar la realización de 3 pallets para prueba luego de haber estabilizado el proceso.
- Separar los tiempos respectivos para la producción y limpieza.
- Separar los tiempos respectivos para la instalación y desinstalación de formadores.

CALIDAD

- Detener el producto y rotularlo como pruebas validación espacios de cabeza.
- Validar densidades del producto a envasar.
- En base a la densidad real, realizar el cálculo con densidad simulada para lograr el 12, 10 y 8% de espacios de cabeza.
- Validar el comportamiento de material de empaque durante proceso en línea.
- Realizar pruebas de impacto.
- Realizar prueba de estiba con destino Quito. (Test de Transporte)

PRODUCCIÓN

- Respaldo con información de las actividades de proceso.
- La información que se compartirá a Nutrición de cada una de las pruebas para evidencia, es la misma que se reflejará en los reportes de novedades de producción y la orden física con sus respaldos.
- Realizar pruebas de estiba y paletizado.
- Evaluar estabilidad y manejo.
- Rotular acorde a lo establecido por Calidad.
- Detallar los parámetros operacionales.
- Posterior a pruebas, confirmar set ups, ratios, mermas y producto no conforme
- Realizar entrega de producto a BPT.
- Evaluar-en conjunto con BPT-los pallets de producto al momento de despacho y recepción de retorno de Quito.

DISTRIBUCIÓN

- Coordinar logística para realizar envío de producto a la Agencia que se defina.
- Evaluar en conjunto con BPT y Producción- los pallets de producto al momento de despacho y recepción de retorno de Quito.

MANTENIMIENTO

- Realizar acompañamiento en caso de ser necesario.

2.4.4.2. Prueba piloto para validación del control de densidades (B4)

Para la ejecución de prueba en máquina, se necesita realizar la simulación de densidades para poder obtener espacios de cabeza con las especificaciones requeridas, como se muestra en la Tabla 8:

Tabla 8
Simulación de densidades

Densidad (g/L)		Peso (g)
Real	533.6	450
Simulada 13%	456	525
Simulada 12%	384	574
Simulada 10%	366.5	598
Simulada 8%	349	629

Fuente: Autor

2.4.4.3. Ejecución en maquina

En la ejecución en máquina, se busca realizar un llenado con la simulación de densidades, es decir, dentro del empaque de tamaño habitual, se le agregara producto hasta obtener los porcentajes de cabeza de interés. Esto con la finalidad de verificar el desempeño de la maquina a la velocidad que normalmente



Figura 2.9 Ejecución de prueba en máquina
Fuente: Autor

2.5. Control

Se documenta el método implementado, creando formatos de control, entrenamientos con los involucrados en la línea de alimento extruido. De esta forma también se realiza el cambio de medidas de la funda con las modificaciones requeridas, se monitorea el sistema implementado y se da seguimiento a los resultados obtenidos, para luego ser aplicado en otras presentaciones. Para esto, es de suma importancia llevar el control de las causas raíces para erradicarlas o evitarlas a futuro.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Resultado después de la implementación

Para reducir los espacios de cabeza, el área de desarrollo de productos y control de calidad crean el protocolo para la ejecución de la validación. En esta prueba se involucra a todas las áreas para tener soporte a diferentes eventualidades que puedan ocurrir durante el proceso.

Como podemos observar en la Tabla 2.11, la funcionabilidad del material de empaque es el adecuado en la simulación al 12 y al 10% de espacio de cabeza, sin embargo, el ratio baja por lo que la producción se ve afectada en unidades producidas por minuto. Por lo que se procede a realizar una corrida con la simulación al 13% donde se puede observar que el ratio se mantiene a 75bpm.

Tabla 9
Resultado después de la implementación

Densidad (g/L)	Peso (g)	Ratio (bpm)	
Real	533.6	450	75
Simulada 13%	456	525	75
Simulada 12%	384	574	50
Simulada 10%	366.5	598	20
Simulada 8%	349	629	0

Fuente: Autor

En cuanto a los costos de conversión, al realizar esta mejora con espacios de cabeza del 13% se puede evidenciar un ahorro del 4% únicamente en material de empaque tal como se muestra en la Tabla 10:

Tabla 10
Ahorro al aplicar la mejora

Rendimiento	Valor kg	Kg anual promedio ME	Und ME anuales
98 und/kg	\$6.25	62.400	6'115.200
102 und/kg			6'364.800

Fuente: Autor

Adicional, de igual forma, otras áreas se ven beneficiadas, como se muestra en la Figura 3.0

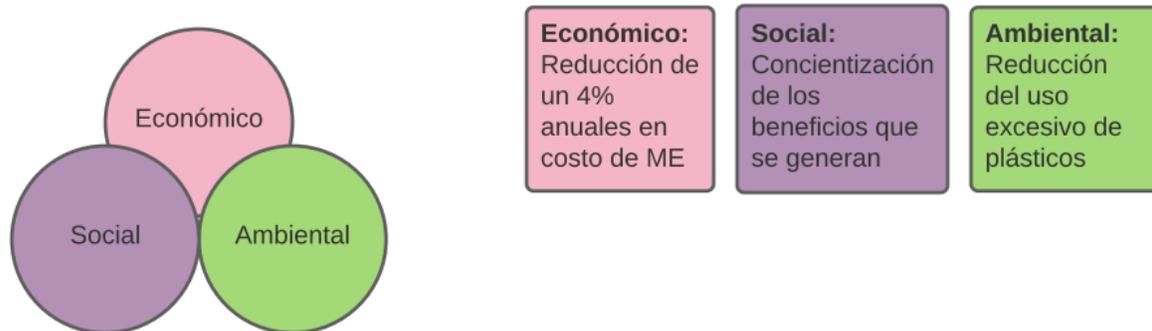


Figura 3.0 Beneficios del proyecto

Fuente: Autor

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

1. Se logro identificar las causas raíces del origen del problema, tomando medidas de control a través del uso de la metodología DMAIC.
2. A través de la metodología DMAIC, se evalúan 7 posibles soluciones al problema planteado, trabajando sobre 2 de estas que son los que generan mayor impacto e implican menor esfuerzo.
3. Se realizó la implementación de un plan de mejora, donde se realizaron varios ajustes para obtener hasta el 8% de cabeza, sin embargo, a escala real, no pudo ser efectuada. Por lo que se continuo con el 10, 12 y 13%.
4. Al realizar la prueba con 10 y 12% la velocidad de la maquina debía disminuir ya que, a la velocidad normal, se veía afectado el empaque.
5. Con el 13% de espacio de cabeza, se logró obtener empaques sin afectaciones de calidad a la velocidad establecida normalmente
6. Adicional, se logra un ahorro económico de 4% anuales, este sin contar los beneficios sociales y ambientales que puede generar.

4.2. Recomendaciones

1. Se sugiere mantener luego de la implementación el proceso de control, para evaluar continuamente las causas raíces.
2. Se recomienda la reducción de 1cm de la lámina de PEBD para la generación del ahorro del 4%.
3. Se sugiere mantener los ajustes de limpieza y calibración de máquina, para que el empackado nos permita mantener la velocidad requerida para el proceso.

BIBLIOGRAFÍA

- Castro, J. (2015). *Análisis de los requerimientos y características de materiales poliméricos de empaque en el sector de la industria de alimentos en Costa Rica*. San Jose, Costa Rica.
- Garza. R, Gonzáles. C, Rodriguez. E & Hernández. C. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. *REVISTA DE METODOS CUANTITATIVOS PARA LA ECONOMÍA Y LA EMPRESA*, 16-35. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2331/233148815002.pdf>
- H. Gutierrez. (2010). *Calidad total y productividad* (Tercera edicion ed.). Mc Graw Hill Educación. Obtenido de www.xlibros.com
- K. Satyam, D. Prakash, S. Kumar & R. Ohdar. (2021). Parametric optimization of hot forging process: a six sigma based approach. *ICMED*, 309. Obtenido de <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130901159>
- L. Torres. (2019). Sistemas de gestión de calidad de movimientos de tierra y redes tecnicas exteriores en la ECOING 25. Santa Clara, Cuba. Obtenido de <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/11952>
- Navia. P, Ayala. A & Villada Samuel. (27 de junio de 2014). *SCIELO*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v13n25/v13n25a08.pdf>
- Perez R, Torres A & Candal M. (noviembre de 2014). *Revista Iberoamericana de Polimeros*. Obtenido de <https://www.observatorioplastico.com/ficheros/articulos/153464512206033805.pdf>
- S Kusuma Dewi & D Maslahatul Ummah. (2019). PERBAIKAN KUALITAS PADA PRODUK GENTENG DENGAN METODE SIX SIGMA. *Jurnal Teknik Industri*. Obtenido de <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jgti/article/view/20678/15735>
- Tello. J & Aguirre. M. (20 de agosto de 2019). *Pro-Sciences: Revista de producción, ciencias e investigación*. Obtenido de <http://www.journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/152/166>