

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

Reducción del porcentaje de sobredosificación en el llenado de producto
terminado en una fábrica de polvo detergente

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

Ingenieras Industriales

Presentado por:

Josselyn Dalila Abarca Amoroso

María Fernanda Kuontay Cueva

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

AGRADECIMIENTOS

Es muy importante para mí agradecer a mi familia, que me ha apoyado constantemente durante toda esta etapa académica dentro de ESPOL y han sido un pilar fundamental en mi vida.

A mi tutora de tesis, M.Sc. Sofía López, por sus consejos y conocimientos necesarios que nos sirvieron para llevar a cabo este proyecto de la mejor manera posible.

Agradezco a mi compañera de tesis por su paciencia y esfuerzo, a su familia por la acogida en su hogar, haciendo de esta experiencia realmente gratificante e inolvidable.

Finalmente agradezco a nuestro coach en la empresa, Antonio Ochoa, quién nos dio la apertura necesaria para llevar a cabo este proyecto y con sus consejos y experiencias nos ayudó a nuestro crecimiento profesional.

Ma. Fernanda Kuontay

AGRADECIMIENTOS

Es esencial para mi agradecer a mi hermosa familia, les agradezco no solo por estar presentes en mi vida sino el apoyo incondicional y motivación en cada proyecto personal y profesional. Muchos de mis logros se los debo a ellos, en especial este.

Agradezco a mi tutora de tesis, quien, con sus conocimientos, paciencia y consejos, aportó sustancialmente en la culminación de mis estudios con éxito.

A mi compañera de tesis, por ser mi tranquilidad en momentos de estrés y por hacerme disfrutar de esta experiencia a pesar de las dificultades que se presentaron en el camino.

Agradezco a nuestro motivador personal, Antonio Ochoa, por ser esa persona que nos abrió las puertas de la empresa y nos dio la ayuda necesaria para la realización de este proyecto.

Finalmente, agradezco a mi ángel, mi papá, porque todo logro lleva su nombre.

Josselyn Abarca

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Josselyn Dalila Abarca Amoroso y María Fernanda Kuontay Cueva damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Josselyn Abarca

Josselyn Dalila Abarca
Amoroso

AUTOR 1

María F. Kuontay

María Fernanda Kuontay
Cueva

AUTOR 2

EVALUADORES



M.Sc. Sofía Anabel López Iglesias

PROFESOR DE LA MATERIA

TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto fue realizado en una fábrica de polvo detergente, ubicada en la ciudad de Guayaquil, cuyo objetivo fue disminuir el porcentaje de sobredosificación de producto terminado en una de las líneas envasadoras.

Mediante la metodología DMAIC, se logró mejorar el proceso partiendo por enfocar el problema en aquellos formatos que representaban la mayor pérdida en costos de no calidad para la compañía, es decir, los formatos donde se generaba la mayor sobredosificación de polvo detergente, siendo estos 340g y 1200g.

Teniendo el problema enfocado, se identificaron las causas raíces, se generaron soluciones a cada una de las mismas y se implementaron las que tenían mayor impacto en la reducción de la sobredosificación y menor esfuerzo para la compañía.

Con las soluciones implementadas se logró una reducción del 6,73% al 3,06% consiguiendo un ahorro aproximado de \$88,000 anuales, la reducción del consumo de energía para completar el plan de producción en 4% y la disminución del estrés laboral de los operadores de la línea.

Palabras claves: DMAIC, sobredosificación, detergente, calidad.

ABSTRACT

The present project was performed at a factory, located in Guayaquil, that produces detergent powder, and its objective was to decrease the average percentage of giveaway of finished product in one of the production lines.

Through the DMAIC methodology, the process was improved by focusing the problem on those formats that represented the largest loss in non-quality costs for the company, i.e. the formats where the greatest powder detergent giveaway was generated, these were 340g and 1200g.

Once the focused problem was established, the root causes were identified, solutions were generated to each of them and were implemented those that had the greatest impact on reducing giveaway and represented less effort for the company.

With the solutions implemented, a reduction of 6.73% to 3.06% was achieved, reaching an approximate saving of \$ 88,000 per year, the reduction of energy consumption to complete the production plan by 4% and the reduction of the labor stress of the operators of the line.

Key words: *DMAIC, giveaway, detergent, quality.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Justificación del problema.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Marco Teórico.....	5
CAPÍTULO 2.....	7
2. Metodología.....	7
2.1. Definición.....	7
2.2. Medición	13
2.2.1. Diagrama de Flujo del Proceso.....	13
2.2.2. Plan de Recolección de Datos.....	17
2.2.3. Verificación de datos	20
2.2.4. Criterios de estratificación.....	23
2.2.5. Análisis de capacidad	26
2.3. Análisis	27
2.3.1 Lluvia de ideas:.....	28
2.3.2 Diagrama de Ishikawa:	29
2.3.3 Matriz de causa y efecto:.....	30
2.3.4 Matriz de Impacto vs Control	33
2.3.5. Restablecimiento de condiciones básicas.....	35
2.3.6. Plan de verificación de causas.....	37
2.3.7. Verificación de causas.....	38
2.3.8. Resultado del plan de verificación de causas	44
2.3.9. Análisis de los 5 por qué.....	45

CAPÍTULO 3	47
3. Resultados y análisis de soluciones	47
3.1. Implementación y Control	47
3.2. Resultados	61
3.2.1. Resultados CTQ	61
3.2.2. Resultados CTQ Sostenibilidad	61
CAPÍTULO 4	62
4. Conclusiones y recomendaciones	62
4.1. Conclusiones	62
4.2. Recomendaciones	63
BIBLIOGRAFÍA	64

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
PD	Polvo detergente
PT	Producto Terminado
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
SIPOC	Suppliers, Input, Process, Output, Customers
VOC	Voz del cliente
CTQ	Critical to quality
AV	Added Value
NAV	Non-Added Value
H ₀ :	Hipótesis nula
H ₁ :	Hipótesis alterna
SOP	Standard Operational Procedure
EPP	Equipos de Protección Personal

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
#	Número
Min	Minuto
Ton	Toneladas
Hr	Horas
g	Gramos
GJ/ton	Gigajoule/tonelada

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Volumen de Ventas 2019	1
Figura 1.2. Diagrama Línea 305	2
Figura 1.3 Sobredosificación Oct-Nov Línea 305	3
Figura 1.4 Árbol de pérdidas	4
Figura 1.5 DMAIC	5
Figura 2.1. SIPOC	7
Figura 2.2. Voz del Cliente	9
Figura 2.3. Indicadores de la Triple Línea Base	10
Figura 2.4. % Sobredosificación Oct-Nov Línea 305	12
Figura 2.5. 4W + 1H	13
Figura 2.6. Diagrama de Flujo del Proceso	15
Figura 2.7. Proceso de envasado de polvo detergente.....	16
Figura 2.8. Plantilla de recolección de datos	19
Figura 2.9. Calibración de la máquina chequeadora de peso	19
Figura 2.10. Gemba walk	21
Figura 2.11. Envasado de polvo detergente	21
Figura 2.12. Chequeadora de peso	22
Figura 2.13. Resultados de la toma de datos estratificados	22
Figura 2.14. Diagrama de Pareto: Sobredosificación por formato	23
Figura 2.15. Diagrama de Pareto: Sobredosificación por operador formato 1200g.....	24
Figura 2.16. 4W + 1H: 1er problema enfocado.....	24
Figura 2.17. Diagrama de Pareto: Sobredosificación por operador formato 340g.....	25
Figura 2.18. 4W + 1H: 2do problema enfocado	25
Figura 2.19. Capacidad del proceso formato 1200g	26
Figura 2.20. Capacidad del proceso formato 340g	27
Figura 2.21. Lluvia de ideas de causas	28
Figura 2.22. Diagrama de Ishikawa	29
Figura 2.23. Diagrama de Pareto: Impacto de causas.....	33
Figura 2.24. Matriz Impacto vs Control	34
Figura 2.25. Diagrama de cajas: Recuperación de reproceso	39
Figura 2.26. Diagrama de cajas: Silo del cual se alimenta la línea	40

Figura 2.27. Diagrama de cajas: Variación de la densidad del producto	41
Figura 2.28. Diagrama de cajas: Desmotivación del personal	42
Figura 2.29. Diagrama de cajas: Desgaste de sistema dosificador	43
Figura 3.1. Matriz Impacto vs. Esfuerzo	50
Figura 3.2. SOP de recuperación de polvo de reproceso	52
Figura 3.3. Inspección de estándar de recuperación de reproceso.....	53
Figura 3.4. SOP de limpieza de silos de almacenamiento	54
Figura 3.5. Control de limpieza de los silos	55
Figura 3.6. Tablero de indicadores	56
Figura 3.7. Tablero de indicadores proyectados en el área de envasado	57
Figura 3.8. Formato de propuestas de mejora.....	57
Figura 3.9. Control de asistencia.....	58
Figura 3.10. SOP de limpieza del equipo dosificador	59
Figura 3.11. Control de estándar de limpieza del equipo dosificador.....	60
Figura 3.12. Antes y después % sobredosificación	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Plan de recolección de datos.....	18
Tabla 2.2 Desglose de costos	20
Tabla 2.3. Matriz de Causa y Efecto.....	31
Tabla 2.4. Priorización de causas.....	32
Tabla 2.5. Causas a verificar	35
Tabla 2.6. Restablecimiento de condiciones básicas	36
Tabla 2.7. Limpieza de piezas	37
Tabla 2.8. Plan de verificación de causas	38
Tabla 2.9. Resultado de verificación de causas.....	44
Tabla 2.10. Análisis de los 5 por qué.....	45
Tabla 2.11. Causas raíces.....	46
Tabla 3.1. Causas raíces y soluciones	47
Tabla 3.2. Matriz de impacto	48
Tabla 3.3. Matriz de esfuerzo	49

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del problema

El presente proyecto se desarrolló en una empresa multinacional que cuenta con una planta en la ciudad de Guayaquil, dedicada a la fabricación de productos para el hogar, específicamente dos tipos de detergente: en polvo y en barra.

La planta mencionada se encarga de fabricar 3 marcas de polvo detergente y una marca de detergente en barra. Como indica la figura 1.1, una de estas marcas de polvo detergente representa el 76% del volumen de ventas de la fábrica y más del 50% del total del volumen de ventas de la compañía en el Ecuador.

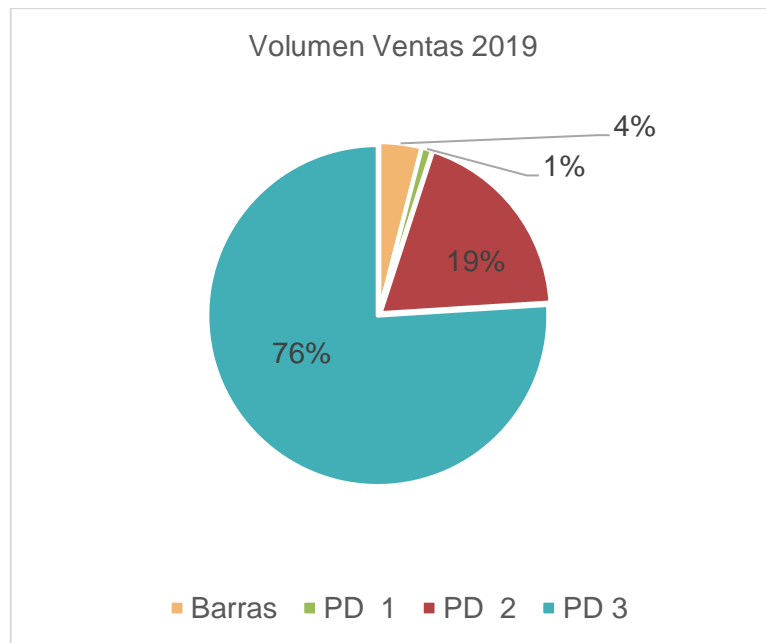


Figura 1.1. Volumen de Ventas 2019

Fuente: Registros de la compañía

Josselyn Abarca-María Fernanda Kuontay

La compañía es reconocida en el mercado por este producto estrella de polvo detergente, el cual llega a los hogares ecuatorianos por medio de los diferentes canales de distribución como supermercados y tiendas minoristas. Su misión es aportar vitalidad a la vida, y su visión es hacer crecer su negocio, a la vez que reducen el impacto ambiental

y aumentan su impacto social positivo. Además, cuenta con un Plan de Vida Sustentable que incluye: Salud y bienestar, Impacto ambiental y Mejora de la calidad de vida.

El proyecto se desarrolló en una línea de envasado de producto terminado denominada 305. Ésta se caracteriza por envasar las diferentes variantes y formatos de polvo detergente, que luego son apilados en pallets para ser enviados al Centro Nacional de Distribución.

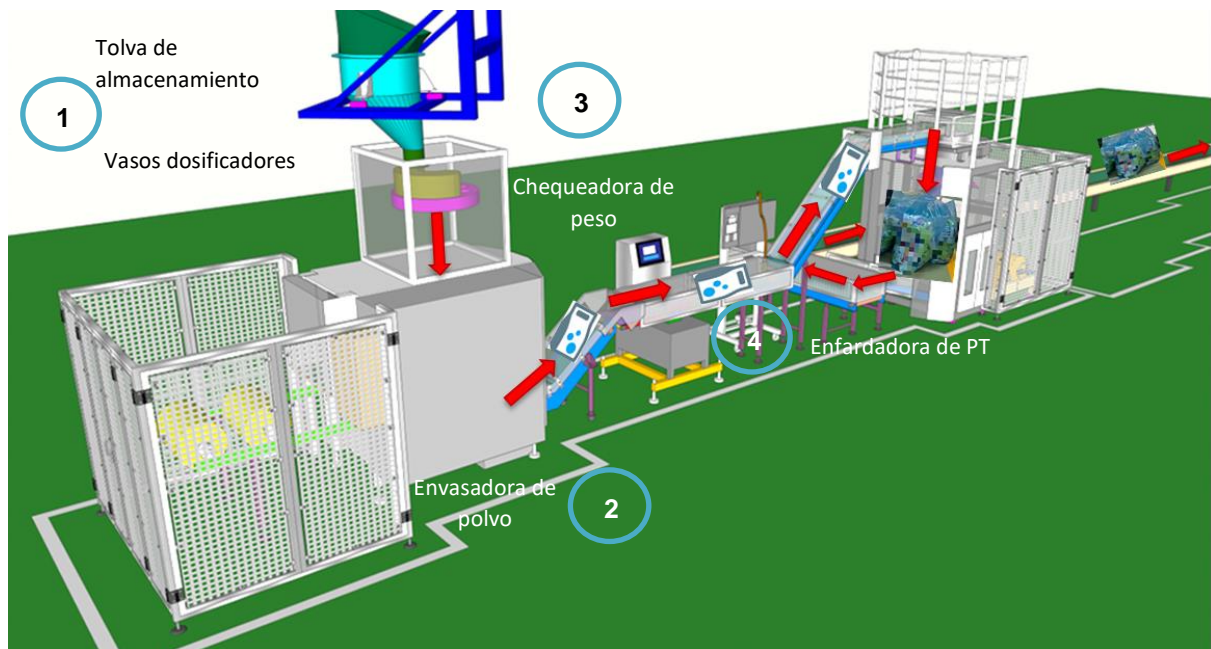


Figura 1.2. Diagrama Línea 305

Fuente: Elaboración propia
Josselyn Abarca-María Fernanda Kuontay

Como se puede observar en la figura 1.2, la línea 305 posee cuatro secciones principales. La primera sección es la parte de la tolva de almacenamiento temporal y la caja de carga de los vasos dosificadores, luego está la envasadora de fundas de producto de terminado, después éstas pasan por una chequeadora de peso para rechazar las que están fuera de las especificaciones, finalmente la enfardadora coloca las unidades en fardos que se paletizan al final de la línea.

Esta línea posee actualmente un porcentaje de sobredosificación promedio de 6,73%, lo cual se encuentra muy por encima del límite de la organización. El comportamiento de la sobredosificación, de los datos recolectados para observar la situación actual de la línea se puede visualizar en la figura 1.3.

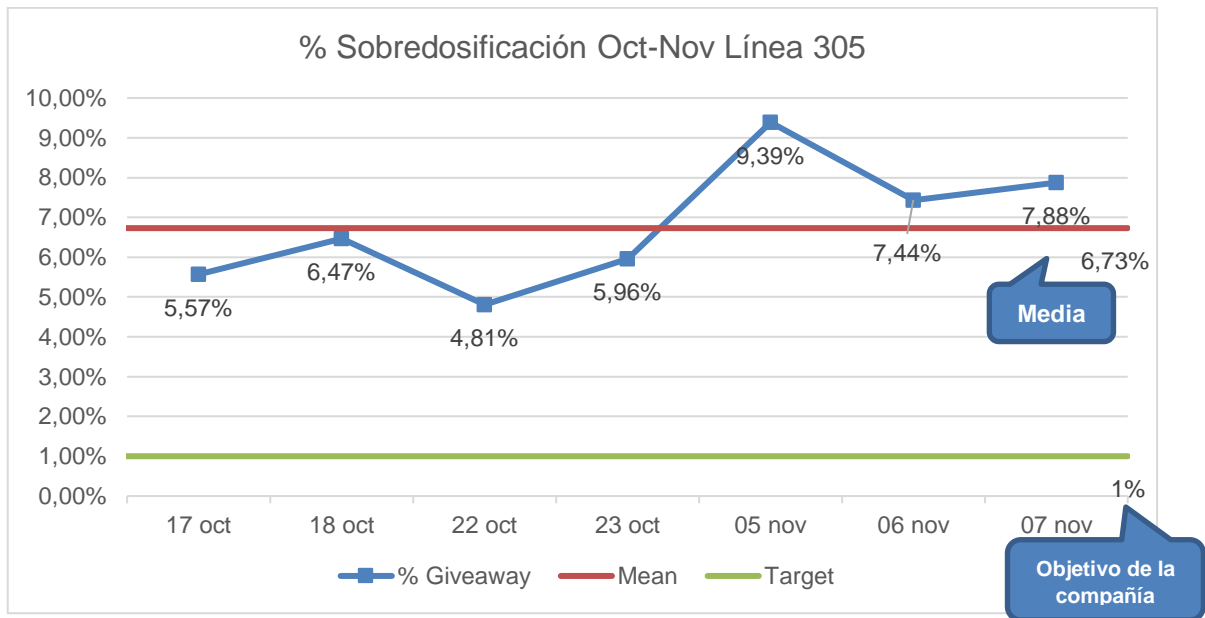


Figura 1.3 Sobredosificación Oct-Nov Línea 305

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca-María Fernanda Kuontay

1.2. Justificación del problema

En el año 2018, se identificó, en el árbol de pérdidas de la compañía (ver figura 1.4), que la mayor pérdida se hallaba en el costo de materia prima, específicamente en que el consumo real era muy elevado en comparación al consumo esperado de materiales y materia prima usados para cumplir con el plan de producción de polvo detergente. Es así como se determinó la existencia de sobredosificación en las fundas de producto terminado. Por lo tanto, el reducir la cantidad polvo detergente enviado al mercado por encima del límite de especificación es una prioridad para la empresa.

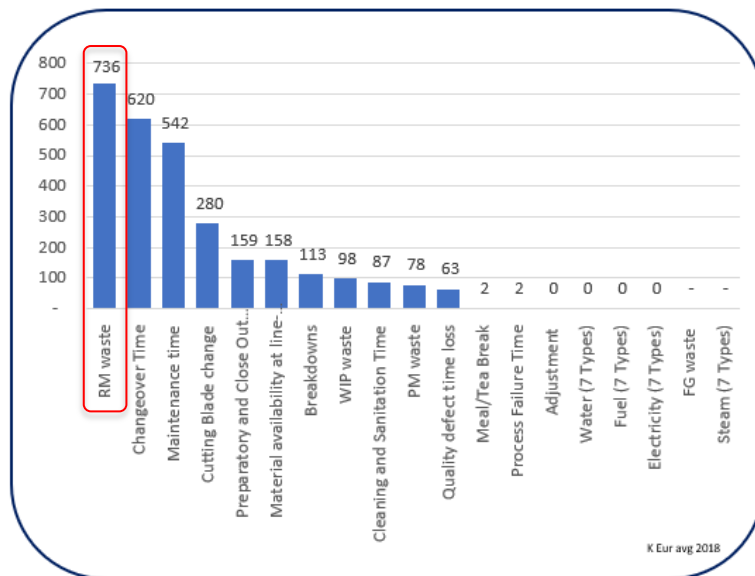


Figura 1.4 Árbol de pérdidas

Fuente: Registros de la compañía

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Reducir el porcentaje de sobredosificación de detergente en polvo al mejor valor de Octubre-Noviembre, de 6,73% a 4,81% de la producción en la línea 305 para finales de enero del 2020. Lo que representa aproximadamente \$ 55 mil en ahorros por año para la compañía.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Identificar las causas raíces asociadas a la sobredosificación de polvo detergente.
- ✓ Reducir el consumo de energía en transformar la materia prima a producto final para cumplir el plan de producción.
- ✓ Disminuir el retrabajo manual del operador por fundas de PT que no cumplen con los límites de especificación del peso.

1.4. Marco Teórico

DMAIC

DMAIC es una metodología estructurada que se utiliza para la mejora continua de procesos. En la figura 1.5 se puede observar que esta metodología consta de cinco etapas: *Definir* la situación actual del problema y delimitar los objetivos, restricciones y alcance del proyecto, *Medir* la variable crítica con el fin de estratificar el problema y obtener la información relevante del estudio en ejecución, *Analizar* toda la información recolectada, identificar y validar las causas raíces, *Mejorar* el proceso y validar las propuestas realizadas y finalmente *Controlar* la ejecución de las mejoras y monitorear el desempeño del plan de acción. Martínez, J. M. (2005).

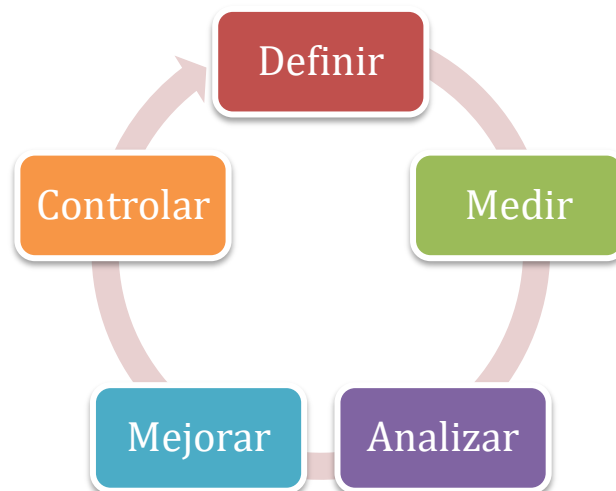


Figura 1.5 DMAIC

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca-María Fernanda Kuontay

Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una técnica gráfica que se utiliza para priorizar las causas del problema en estudio, sirve para determinar los poco vitales que tienen un mayor impacto en el problema. Esta herramienta se basa en el Principio de Pareto, el cual indica que el 20% de los elementos analizados representa el 80% de los efectos, es por esto que se puede asignar un orden de prioridades. Kume, H. (1992).

SIPOC

SIPOC es una herramienta con la cual se puede determinar los proveedores, entradas, salidas y clientes de las diferentes etapas de un proceso. Sus siglas en inglés hacen referencia a **S**upplier, **I**nput, **P**rocess, **O**utput y **C**ustomer. Este diagrama permite tener un mayor entendimiento de las distintas áreas, necesidades y entregas del proceso, ayudando a tener una mejor visión general de este y facilitando el establecimiento del alcance del proyecto. Marques, P. A., & Requeijo, J. G. (2009).

VOC

Es una herramienta que ayuda a identificar las necesidades y expectativas del cliente. La utilización de esta metodología permite reconocer los requerimientos y deseos más relevantes del cliente, es decir, lo que realmente le es importante.

Para captar la voz del cliente se puede hacer uso de diferentes métodos como: focus group, encuestas y entrevistas directas.

Con los resultados obtenidos de esta herramienta se puede evaluar qué es lo que se está haciendo para cumplir con las necesidades del cliente y como se podría mejorar. Cooper, R. G., & Dreher, A. (2010).

Diagrama de Ishikawa

Este diagrama, también conocido como Diagrama de Causa y Efecto, es una herramienta que permite conocer las posibles causas de un problema específico. Para determinar estos factores se proponen 6 categorías conocidas como las 6Ms, las cuales son: Máquina, Método, Materiales, Mano de obra, Medio ambiente y Medidas. Además, también es posible encontrar las subcausas que luego pueden ser verificadas según su impacto en el problema. Valenzuela, L. (2000).

Técnica de los cinco por qué

Es una técnica cuyo objetivo es encontrar la causa raíz de un problema. Se la pone en práctica realizando pregunta tras pregunta del porqué de una causa potencial hasta que se convierte en una causa raíz. Es una herramienta de gran utilidad en la etapa de análisis de un proyecto para identificar las causas que serán verificadas posteriormente. Ariza, B. (2015).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1. Definición

En la primera etapa de la metodología DMAIC, se estableció el alcance del proyecto, se recolectó las necesidades del cliente y se seleccionó la variable de respuesta del problema.

Para establecer el alcance del proyecto y conocer los clientes del proceso, se elaboró un diagrama de SIPOC.

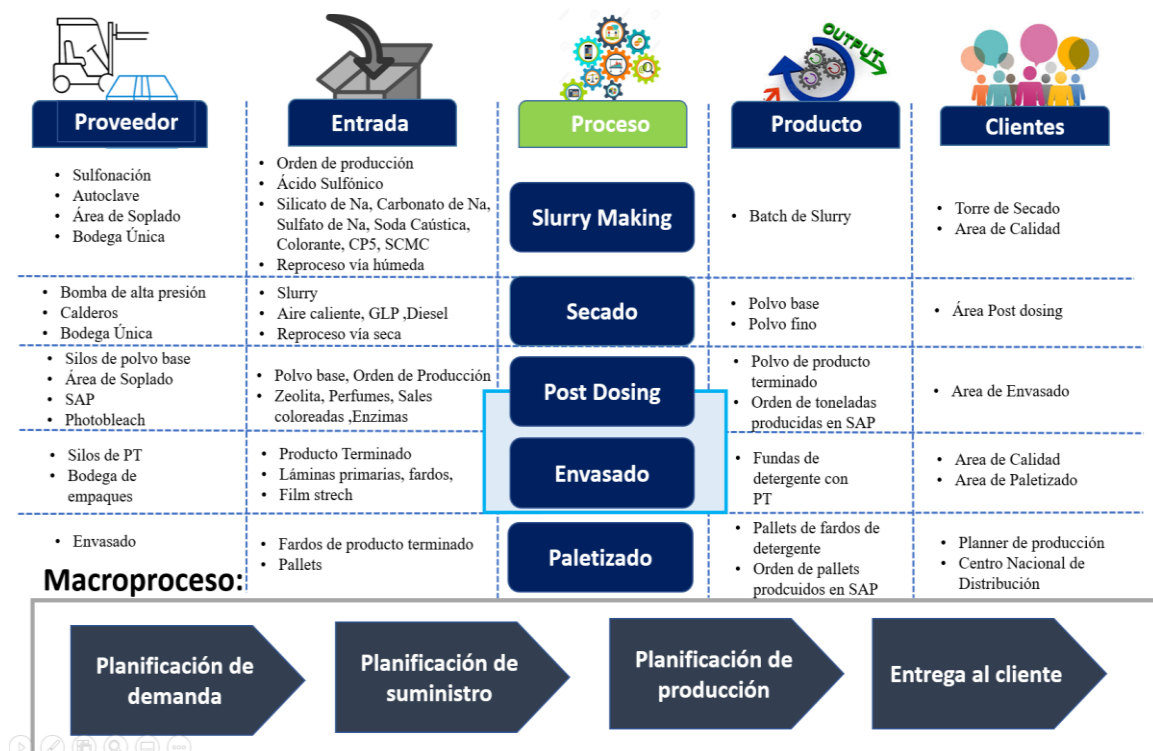


Figura 2.1. SIPOC

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca-María Fernanda Kuontay

Como se puede observar en la Figura 2.1, el proceso de elaboración de polvo detergente empieza con la mezcla de materias primas sólidas y líquidas para obtener un lote de pasta homogénea de base de detergente. Luego, esta pasta es convertida en polvo mediante atomización y calor. Posteriormente, el polvo base es transportado al área de

Postdosing donde se lo mezcla con las enzimas y perfumes para obtener el polvo de producto terminado, el cual es transportado al área de envasado para proceder al llenado de las fundas de detergente. Por último, las fundas de detergente son empacadas en fardos que son paletizados y llevados al Centro Nacional de Distribución.

Conociendo el macroproceso de la producción de polvo detergente, se determinó, junto al cliente, que la medición y análisis de la variable de respuesta se llevaría a cabo en el área de Postdosing y envasado.

Una vez obtenido el alcance, se formó un equipo de trabajo con aquellas personas de los principales procesos involucrados con el problema de estudio.

El equipo fue conformado por:

- Operadores de la línea 305
- Analista de Calidad
- Técnicos de Mantenimiento: Técnico eléctrico y técnico mecánico
- Coordinadores de producción
- Ingeniero de Producción
- Ingeniero de Procesos
- Jefe de finanzas
- Gerente de Manufactura

Con el equipo formado, se realizó el VOC para conocer sus principales necesidades y dentro de las necesidades recolectadas, se destacaron, por la frecuencia en su respuesta, las siguientes:

- Reducir la cantidad de polvo detergente por encima de los límites de especificación
- Reducir el consumo de energía para completar el plan de producción
- Reducir el costo de dar producto extra a los consumidores
- Evitar reproceso en el área de envasado
- Evitar defectos de calidad en el empaque del polvo detergente
- Disminuir el retrabajo manual de los operadores

- Disminuir el indicador de desperdicio en la fábrica

Para obtener una variable de respuesta que abarque el problema, se tradujeron las necesidades prioritarias de los clientes a variables críticas medibles y cuantificables. Estas variables fueron alineadas a la triple línea base de sostenibilidad de la empresa para que, en caso de mejorar el problema, se reflejen efectos positivos en el pilar económico, ambiental y social. Ver figura 2.2.

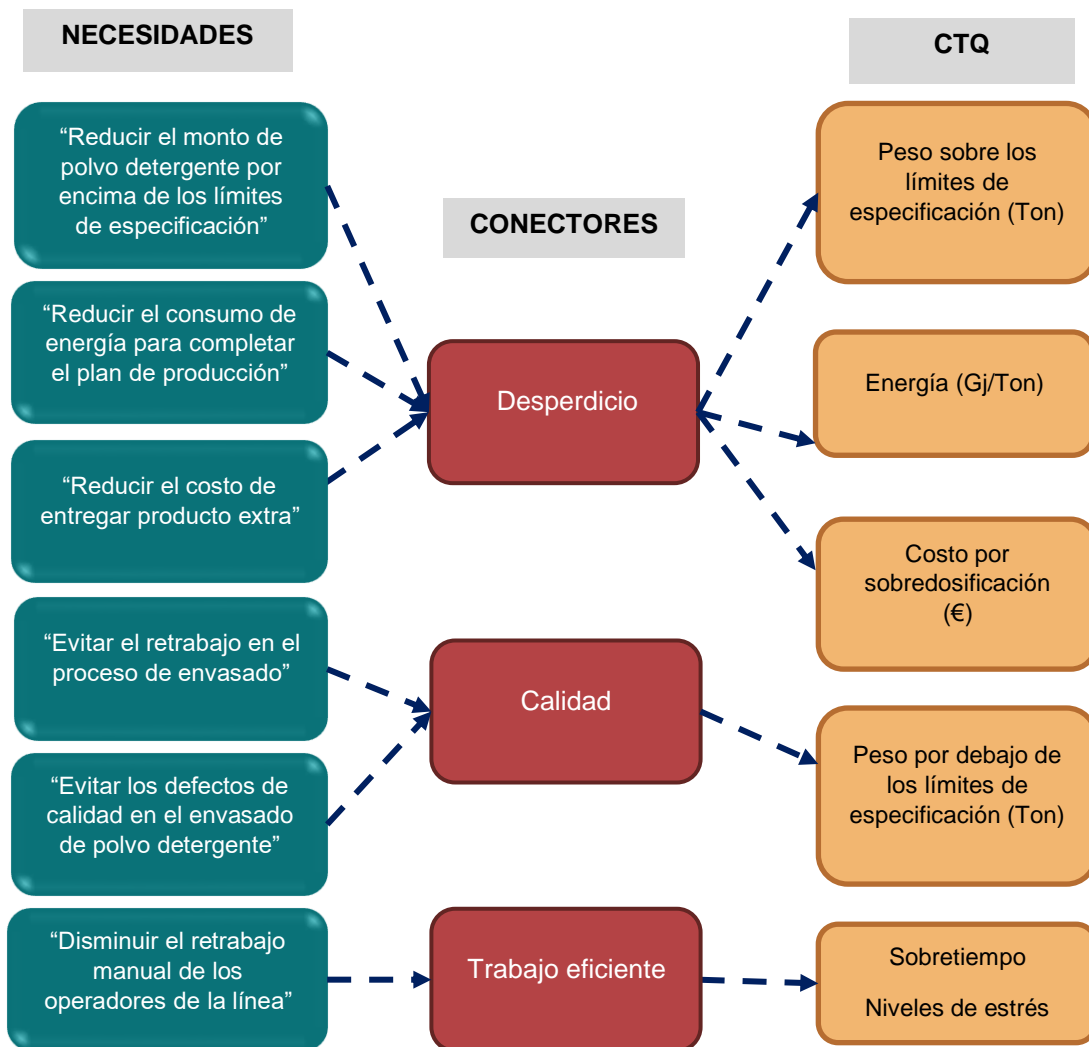
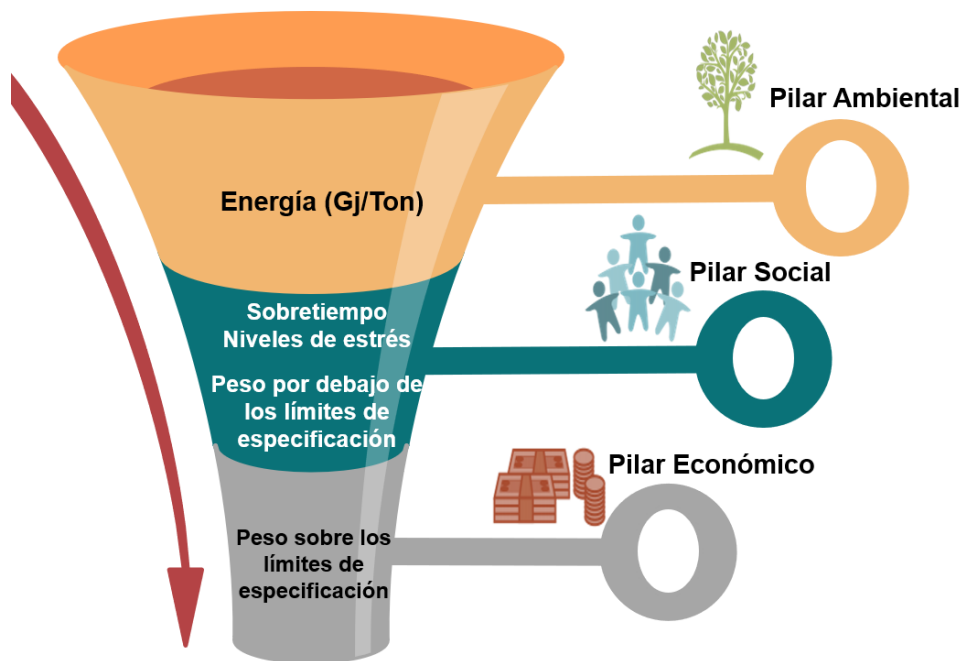


Figura 2.2. Voz del Cliente

Fuente: Elaboración propia
Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay



Y = % Sobredosificación

Figura 2.3. Indicadores de la Triple Línea Base

Fuente: Elaboración propia
Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Como se puede observar en la figura 2.3, se establecieron todas aquellas métricas que involucran las necesidades de los clientes debido a la variación de peso de las fundas de producto terminado, entre ellas, aquellas variables que se deben cuidar para evitar daños colaterales al momento de mejorar el proceso.

A continuación, se detalla la importancia de cada una de las variables críticas de calidad:

- **Peso sobre el límite de especificación (g):** La importancia de esta variable radica en conocer la cantidad de gramos de más que fueron entregadas por funda de producto terminado.
- **Energía (GJ/ton):** La energía forma parte de los costos de producción y además es un indicador ambiental para la compañía. Al entregar producto de más al mercado, la cantidad de toneladas planificadas no es suficiente para abastecer la demanda de fundas de producto terminado. Por lo tanto, hay un consumo extra de energía para completar el plan de producción con respecto a unidades de PT.
- **Costo por sobredosificación (\$):** La sobredosificación es considerada un desperdicio para la compañía y este desperdicio es calculado como pérdida

monetaria por haber consumido más materias primas que las planificadas para completar el plan de producción. Por lo tanto, es un indicador económico crucial para la compañía y es medido semanalmente para tener visibilidad del comportamiento de la fábrica.

- **Peso por debajo de los límites de especificación (g):** Este indicador es de suma importancia para el departamento de calidad, puesto que, por requerimientos legales no se puede entregar menos peso que el registrado como neto en el empaque. Además, hay que preservar la calidad de los productos de la marca. Por lo tanto, es un valor que hay que cuidar que no se desplome por mejorar el límite superior de especificación.
- **Sobretiempo:** Como en el caso de energía, la mano de obra también está involucrada directamente con la producción de polvo detergente, por lo tanto, se programan horas extras para cumplir con aquellas toneladas de polvo detergente que se entregaron por sobredosificación al mercado.
- **Niveles de estrés:** El tener que tomar decisiones diarias entre eficiencia de la línea y cantidad de producto rechazado por no cumplir con los límites de especificación, genera altos niveles de estrés a los operadores.

Luego de establecer los CTQ's, se determinó una variable de respuesta, ecuación 2.1, que refleje un beneficio en la triple línea base de sustentabilidad si se reduce su valor. Esta métrica calcula el % de la diferencia de peso entre el peso real y el peso neto declarado en las fundas de producto terminado.

$$\% \text{ sobredosificación} = \frac{\text{Peso real} - \text{peso declarado}}{\text{peso declarado}} \times 100 \quad (2.1)$$

Es importante aclarar que este valor es calculado tomando la variación del peso con respecto al peso neto. Es decir, es un valor relativo, mas no absoluto. Puesto que, así como hay fundas de detergente con peso extra, también hay fundas con peso menor al neto pero que se encuentra dentro del límite legal. Por lo tanto, para registrar un valor real de toneladas faltantes para completar el plan de producción, se suman todas las toneladas entregadas y se las diferencia con las toneladas que debieron ser entregadas teóricamente.

Una vez definido el % de sobredosificación como la variable respuesta, se levantó información cuantitativa para conocer la situación actual y el comportamiento de la Y en la línea 305.

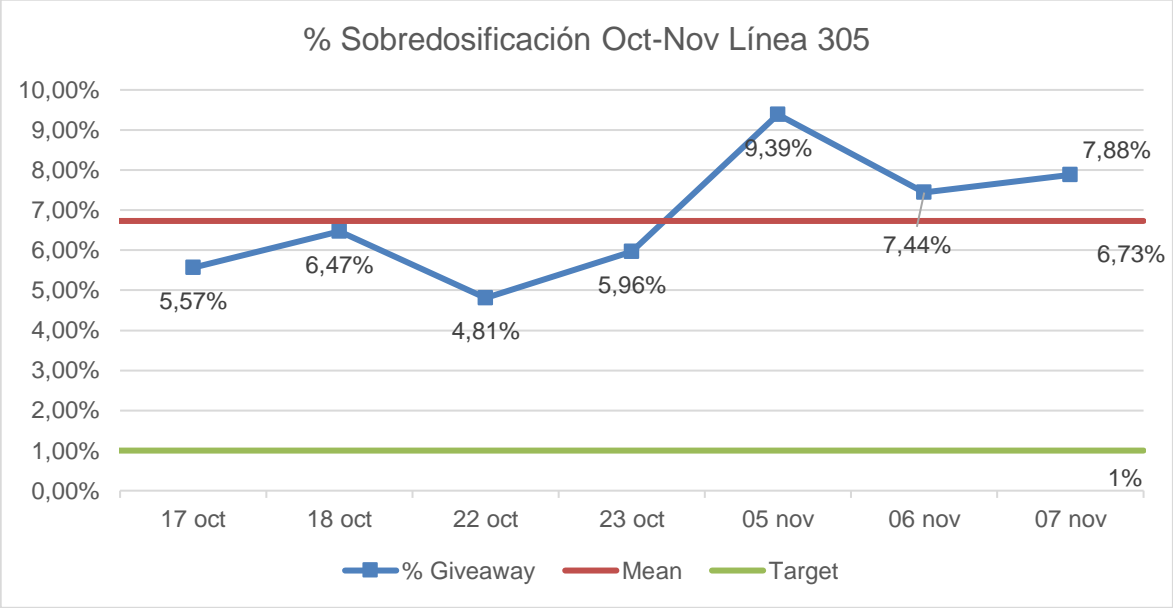


Figura 2.4. % Sobredosificación Oct-Nov Línea 305

Fuente: Elaboración propia
 Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Con los datos recolectados de 7 días de producción de nuestro producto en estudio, se elaboró una serie de tiempo para comprobar la existencia del problema.

Como se puede observar en la figura 2.4, se obtuvo un valor promedio de 6.73% de sobredosificación en la línea 305 y se descubrió que el mejor valor del comportamiento de la métrica es de 4.81%, cuando la empresa busca tener un valor no mayor al 1%.

A partir de estos datos, se construyó la definición del problema con la ayuda de la herramienta 4W+1H como muestra la figura 2.5.

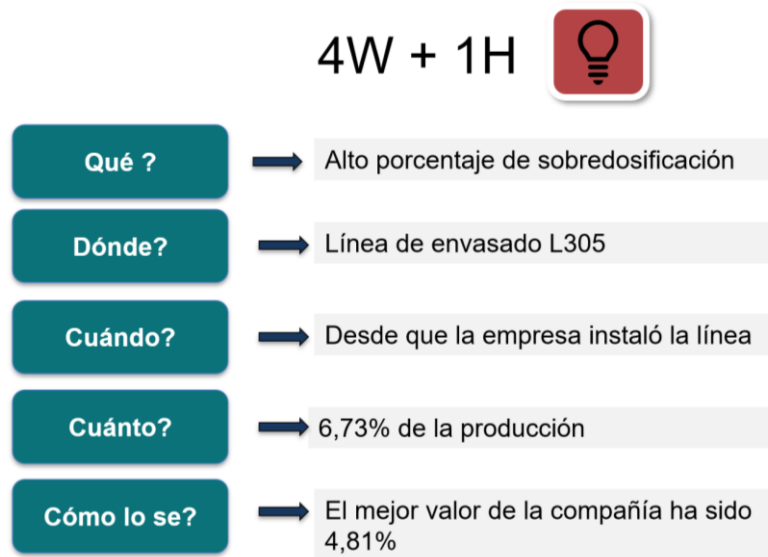


Figura 2.5. 4W + 1H

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Estableciendo el problema de la siguiente manera:

“Desde que la empresa instaló la línea de envasado 305, ha tenido un alto nivel de sobredosificación. Según los datos recolectados de Oct-Nov del 2019, el porcentaje medio de sobredosificación en la línea 305 de envasado es del 6,73% cuando el mejor valor de la empresa ha sido del 4,81%”.

2.2. Medición

En la segunda etapa de la metodología DMAIC se llevó a cabo la medición de la variable de respuesta, que en este caso es el % de Sobredosificación de las fundas de polvo detergente, con la finalidad de conocer más a fondo el problema, poder estratificarlo y enfocararlo.

2.2.1. Diagrama de Flujo del Proceso

Se realizó el diagrama de flujo del proceso de envasado de polvo detergente en la línea 305 con el objetivo de conocer el paso a paso de este e identificar las áreas críticas que pueden influir en el dosificado de las fundas.

En la Figura 2.6, se puede observar el diagrama de flujo, el cual está dividido en 4 áreas:

- Planificación: Se encarga de hacer el plan de producción de polvo terminado, además de hacer los requerimientos de semielaborados y materias primas.
- Bodega: Se encarga de almacenar los diferentes materiales y materias primas para posteriormente hacer el traslado hacia las áreas que los necesitan.
- Postdosing: En esta área se realiza la mezcla de los diferentes perfumes y enzimas del polvo detergente y se almacena el polvo terminado en los silos.
- Envasado: Finalmente se envasa el producto en las líneas de envasado, de acuerdo con el formato de gramaje establecido por el área de planificación.

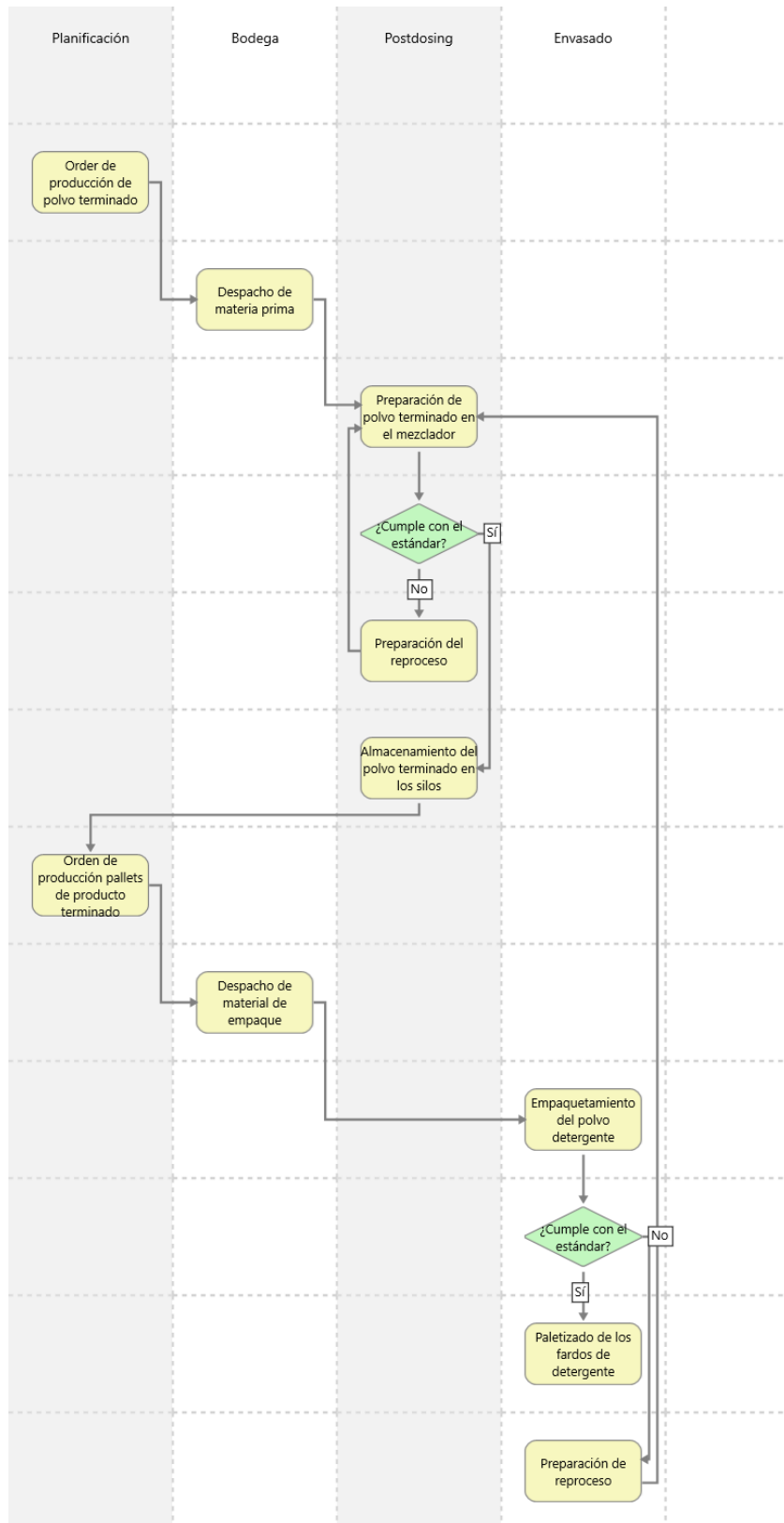


Figura 2.6. Diagrama de Flujo del Proceso

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Adicionalmente, se realizó un diagrama detallado del recorrido del polvo desde que se libera del área de Postdosing hasta que el peso de la funda con producto terminado es chequeado.

En la figura 2.7 se puede apreciar cada actividad realizada en las máquinas para que fluya el polvo, entre las cuales, la dosificación del polvo detergente en la funda de empaque es la actividad que agrega valor al cliente.

Diagrama	Entrada	Actividad	Salida	Especificaciones	Equipos	VA/NAV
	Orden del coordinador de producción	Abrir las válvulas 110/106 para dosificar la línea de empaque	Válvulas 110/106 abiertas	-	Panel de Control	NAV/N
	Movimiento de la banda transportadora	Alimentar el Silo 101/102	Silo lleno de producto	Silo 101/102 Capacidad : 17 tons	Banda transportadora	NAV
	Arranque del Extractor	Alimentar la tolva DS101/102	Tolva DS101/102 llena	*Tolva DS101/102 Capacidad :150 kg *Extractor Th: 15 tons/h	Extractor	NAV
	Arranque del Manotube	Alimentar la tolva DS107	Tolva DS107 llena	Tolva DS107 Capacidad : 40 kg Manotube TH: 6 Tonsth	Manotube	NAV
	Suficiente polvo en la Arranque de la envasadora Lámina Aire Velocidad de la línea Temperatura de sellado térmico	Dosificar el polvo de detergente en la funda	Funda sellada con el peso requerido de polvo detergente	- - 21 m 75 PSI 70 hpm 80 ° C	Máquina de emvasado Bosch	AV
	Funda de producto terminado	Chequeo de peso	Fundas de polvo detergente que cumplen con los límites de especificación Fundas de polvo detergente que no cumplen con los límites de especificación Peso de la funda de producto terminado	Regulación INEN Regulación INEN Peso neto	Máquina chequeadora de peso	NAV

Figura 2.7. Proceso de emvasado de polvo detergente

Fuente: Elaboración propia
Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

El proceso empieza con la orden de producción del coordinador de turno al cuarto de control de Postdosing, aquí el operador del área realiza la apertura de válvulas desde el panel de control y permite que el polvo pase a las bandas transportadoras que alimentarán los silos de almacenamiento. Luego, el extractor arranca para alimentar la tolva conectada a los silos y posteriormente el polvo es transportado por la banda denominada Manotube que se encuentra ubicada arriba de la línea de envasado. El Manotube alimenta la tolva, ubicada encima del sistema dosificador que está conformado por 6 vasos y una caja de carga, y el polvo es dosificado según el formato en las láminas primarias. Una vez obtenido el producto terminado, este es transportado por una banda al sistema chequeador de peso para asegurar que el producto cumpla con los límites de especificación.

2.2.2. Plan de Recolección de Datos

Con el plan de recolección de datos se definió los factores de estratificación con los que se iba a realizar las mediciones respectivas para obtener toda la información necesaria en esta etapa.

En la tabla 2.1 se puede observar: qué fue lo que se midió, las unidades de los factores, si los datos son continuos o discretos, cómo se midieron, la muestra que se tomó, donde se registraron, quién estaba encargado del registro, cuándo se registraron y el porqué era importante este registro.

Tabla 2.1. Plan de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Plan de recolección de datos								
¿Qué?	Unidades	Tipo de datos	¿Cómo medir?	Muestra/Método de recolección	¿Dónde se registra?	¿Quién registra?	¿Cuándo se registra?	¿Por qué se registra?
Peso del producto terminado por formato	gr	Continuos	Peso de las fundas de detergente en polvo según su formato	523 datos obtenidos de la chequeadora de pesos	Plantilla de Excel/ Formato de sobredosificación	Operador/ Josselyn Abarca - Ma. Fernanda Kuontay	En cada turno	Permite estratificar la variable de respuesta
Peso del producto terminado por variante	gr	Continuos	Peso de las fundas de detergente en polvo según su variante	523 datos obtenidos de la chequeadora de pesos	Plantilla de Excel/ Formato de sobredosificación	Operador/ Josselyn Abarca - Ma. Fernanda Kuontay	En cada turno	Permite estratificar la variable de respuesta
Peso del producto terminado por turno	gr	Continuos	Peso de las fundas de detergente en polvo según el turno	523 datos obtenidos de la chequeadora de pesos	Plantilla de Excel/ Formato de sobredosificación	Operador/ Josselyn Abarca - Ma. Fernanda Kuontay	En cada turno	Permite estratificar la variable de respuesta
Peso del producto terminado por operador	gr	Continuos	Peso de las fundas de detergente en polvo según el operador	523 datos obtenidos de la chequeadora de pesos	Plantilla de Excel/ Formato de sobredosificación	Operador/ Josselyn Abarca - Ma. Fernanda Kuontay	En cada turno	Permite estratificar la variable de respuesta
Productos por debajo del límite inferior de especificación	Unidades	Discretos	Medir el número de fundas de producto terminando	523 datos obtenidos de la chequeadora de pesos	Plantilla de Excel	Operador/ Josselyn Abarca - Ma. Fernanda Kuontay	En cada turno	Variable crítica que permite medir el impacto en la variable de respuesta
Costo de sobredosificación por tonelada	€/Ton	Continuos	Medir el costo de las toneladas extras	Reporte de sobredosificación	Plantilla de Finanzas	Analista Financiero	Semanal	Permite conocer los gastos reales de la empresa debido a la sobredosificación del producto
Energía por Ton	GJ/Ton	Continuos	Medir la cantidad de energía utilizada para producir toneladas adicionales	Reporte de energía	Plantilla de Energía	Analista de Medio Ambiente	Semanal	Permite conocer el consumo real de energía debido a la sobredosificación del producto

Para obtener las muestras necesarias para el análisis se utilizó la máquina chequeadora de peso. Esta máquina pesa automáticamente, en la línea de envasado, las fundas de producto terminado de polvo detergente, por lo que para obtener la información se conectó una laptop a la chequeadora de peso y se creó un formato de recolección de datos que se muestra en la figura 2.8 con el fin de facilitar esta tarea.

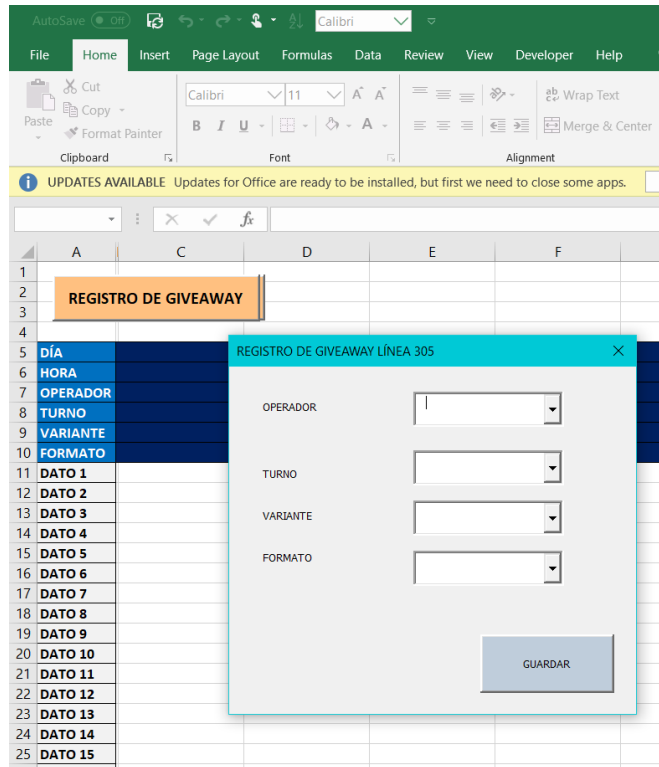


Figura 2.8. Plantilla de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

También previo a la toma de datos se realizó una verificación de la máquina chequeadora de peso, como se muestra en la figura 2.9, para garantizar la correcta calibración y almacenamiento de la información.



Figura 2.9. Calibración de la máquina chequeadora de peso

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Además, se conversó con el analista financiero y el analista de medio ambiente para determinar el costo para la compañía de entregar producto sobredosificado, incluyendo los servicios básicos como energía y combustible que están dentro de los indicadores de la triple línea base. El desglose de estos costos se detalla en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Desglose de costos

Fuente: Registros de la compañía
Josselyn Abarca-María Fernanda Kuontay

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Promedio
Materia Prima	442,44	510,45	519,50	514,33	496,68
Empaque	-	-	-	-	-
Mano de Obra	12,54	17,49	16,14	22,77	17,24
Servicios Básicos	22,62	21,77	22,84	22,26	22,37
Otros	17,86	18,37	18,75	18,57	18,39
Depreciación	26,29	25,12	25,28	26,74	25,86
Mantenimiento	3,57	3,65	4,95	2,76	3,73
Almacenamiento	0,79	0,90	1,09	1,41	1,05
Servicios Indirectos	103,77	32,96	11,10	1,41	37,31
	629,88	630,71	619,65	610,25	622,62

2.2.3. Verificación de datos

Como se puede observar en la figura 2.10 y figura 2.11, para la verificación de los datos se procedió a realizar observaciones directas en el piso de envasado de polvo detergente, donde se obtuvieron las siguientes afirmaciones:

- La máquina chequeadora de peso registra los datos del peso neto de las fundas de polvo detergente. Ver figura 2.12.
- Se observa un comportamiento variable de los pesos con respecto al tiempo.
- Se aseguró la toma de datos con el formato implementado en la línea de envasado.



Figura 2.10. Gemba walk

Fuente: Elaboración propia
Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay



Figura 2.11. Envasado de polvo detergente

Fuente: Elaboración propia
Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

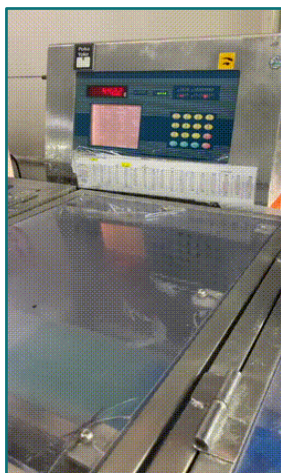


Figura 2.12. Chequeadora de peso

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Con los resultados obtenidos de la medición se verificó que el porcentaje de sobredosificación de polvo detergente según los diferentes factores determinados previamente, están por encima del mejor valor histórico de 4,81%, lo cual se observa en la figura 2.13 a continuación:

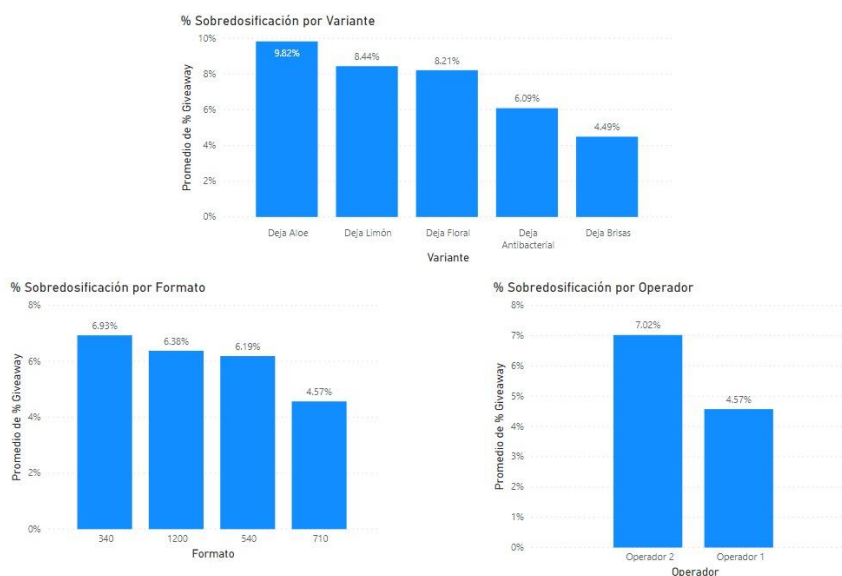


Figura 2.13. Resultados de la toma de datos estratificados

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

2.2.4. Criterios de estratificación

Con los resultados obtenidos se procedió a conversar con el cliente para determinar la mejor opción para enfocar el problema. Se decidió empezar la estratificación por los diferentes tipos de formato que tiene las presentaciones del polvo detergente, ya que al momento de cambiar de un formato de menor a mayor gramaje o viceversa, se realizan cambios significativos en las piezas y calibraciones de la máquina envasadora de producto.

Como se puede observar en la Figura 2.14, que los formatos que más aportan a la sobredosificación de polvo detergente son el formato de 1200g y 340g, sumando un total del 76% de las pérdidas de la empresa.

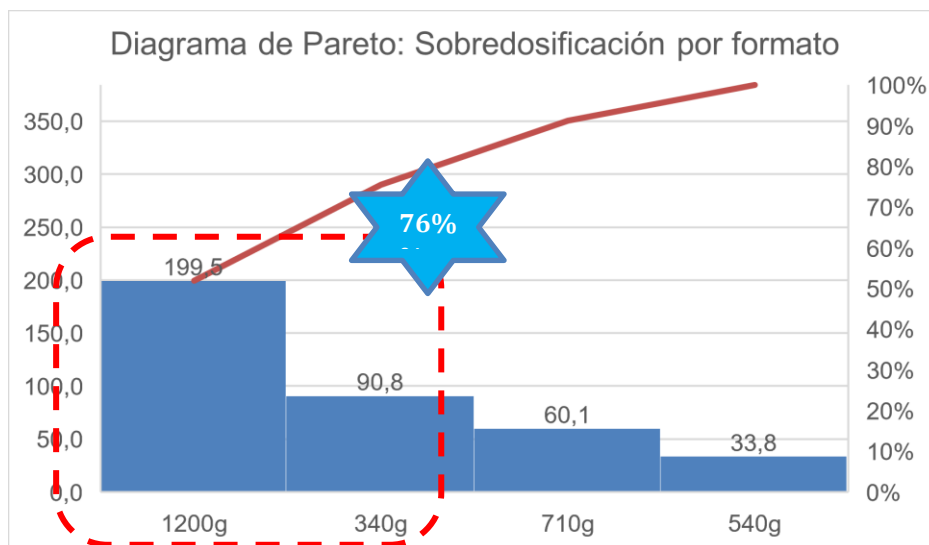


Figura 2.14. Diagrama de Pareto: Sobredosificación por formato

Fuente: Elaboración propia
Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Continuando con la focalización del problema se decidió analizar con qué operador se obtiene la mayor sobredosificación según estos dos formatos. Empezando con el formato de 1200g, como se muestra en la figura 2.15, se obtuvo que el 63% de las pérdidas están dadas por el operador 2.

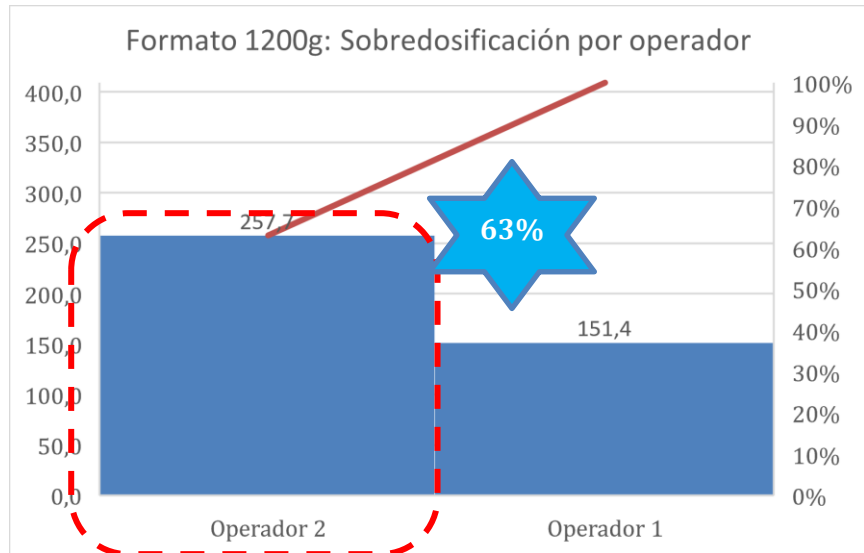


Figura 2.15. Diagrama de Pareto: Sobredosificación por operador formato 1200g

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Con estos resultados se determinó el primer problema enfocado el cual se detalla en la figura 2.16 con la herramienta 4W+1H.

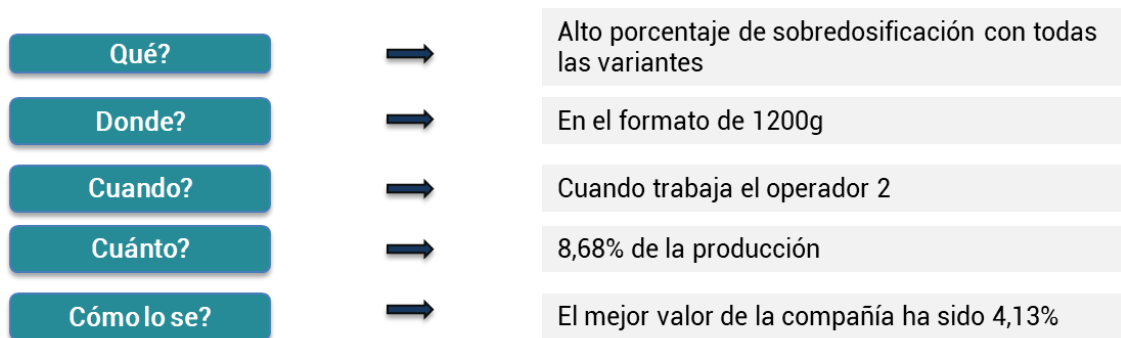


Figura 2.16. 4W + 1H: 1er problema enfocado

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

“Desde que la empresa instaló la línea de envasado 305, ha tenido un alto nivel de sobredosificación. Según los datos recolectados de noviembre del 2019, el porcentaje promedio de sobredosificación de todas las variantes con el formato de 1200g cuando está trabajando el operador 2 es 8,68% cuando el mejor valor de la empresa ha sido del 4,13%”.

Para este problema enfocado se redefinió el objetivo como:

“Reducir el porcentaje de sobredosificación de detergente en polvo al mejor valor de Octubre-Noviembre, de 8,68% a 4,13% de la producción en la línea 305 para finales de enero del 2020”.

Asimismo, se realizó el análisis para el formato de 340g, donde en la figura 2.17 se puede observar que nuevamente el operador 2 representa el 58% de las pérdidas.

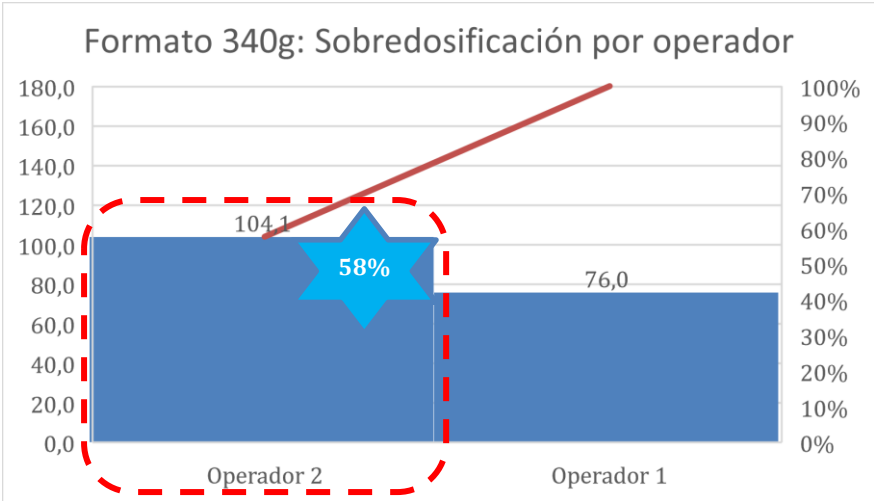


Figura 2.17. Diagrama de Pareto: Sobredosificación por operador formato 340g

Fuente: Elaboración propia
 Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Con estos resultados se determinó el segundo problema enfocado, el cual se detalla en la figura 2.18 a continuación:

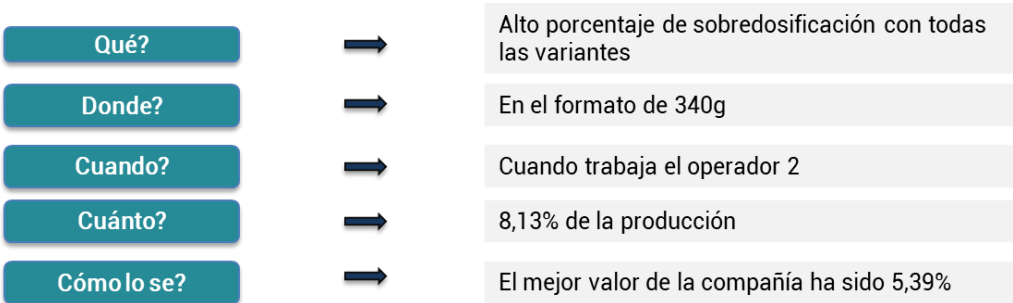


Figura 2.18. 4W + 1H: 2do problema enfocado

Fuente: Elaboración propia
 Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

“Desde que la empresa instaló la línea de envasado 305, ha tenido un alto nivel de sobredosificación. Según los datos recolectados de noviembre del 2019, el porcentaje promedio de sobredosificación de todas las variantes con el formato de 340g cuando está trabajando el operador 2 es 8,13% cuando el mejor valor de la empresa ha sido del 5,39%”.

Para el cuál el nuevo objetivo será:

“Reducir el porcentaje de sobredosificación de detergente en polvo al mejor valor de Octubre-Noviembre, de 8,13% a 5,39% de la producción en la línea 305 para finales de enero del 2020”.

2.2.5. Análisis de capacidad

Se realizó el análisis de capacidad del proceso para conocer el Cp y Cpk de los dos problemas enfocados.

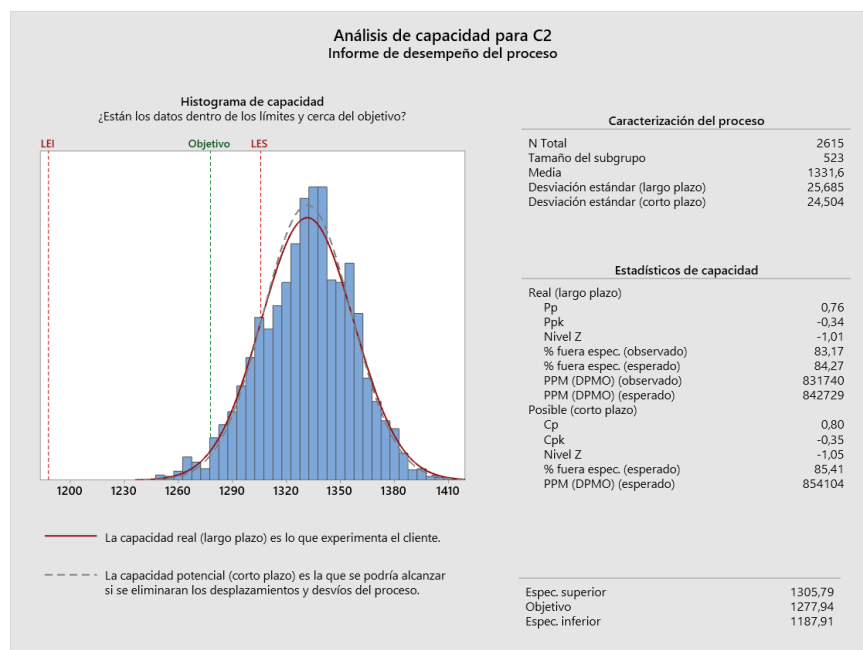


Figura 2.19. Capacidad del proceso formato 1200g

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Para el formato de 1200g se muestran los resultados en la figura 2.19, donde se puede observar que el valor de Cp es de 0,80 y el Cpk de -0,35, por lo que se puede concluir que el proceso tiene una oportunidad de mejora.

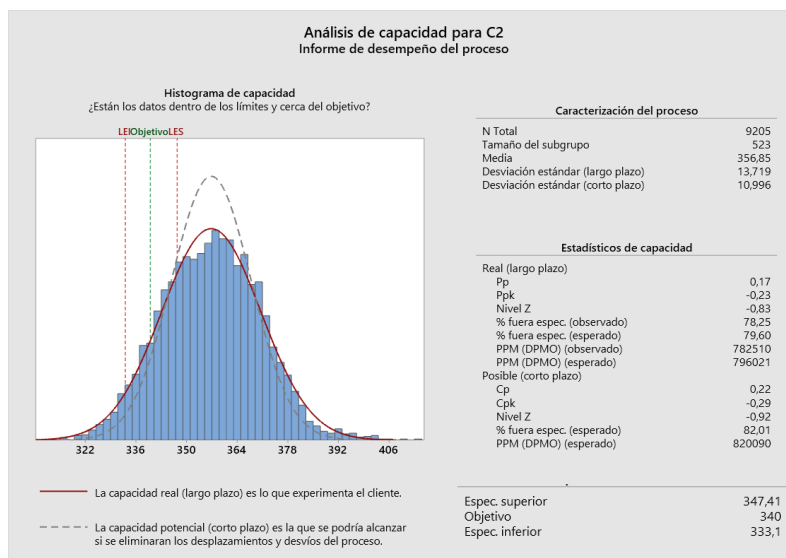


Figura 2.20. Capacidad del proceso formato 340g

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Igualmente, para el formato de 340g se observa en la figura 2.20 que el Cp es 0,22 y Cpk de -0,29 por lo que también se puede concluir que el proceso tiene oportunidad de mejora.

En ambos análisis se puede ver que los procesos están fuera de los límites de especificación, y se encuentran concentrados a la derecha del valor nominal del formato por lo que evidencia claramente el problema de la sobredosificación de polvo detergente.

2.3. Análisis

En la tercera fase de la metodología DMAIC, se realizó una lluvia de ideas junto al equipo del proyecto para determinar las causas que originan los problemas enfocados, luego se priorizaron las mismas según el impacto y el nivel de control para determinar las causas potenciales. Posteriormente, se verificaron cada una de las causas potenciales con herramientas estadísticas para obtener las causas significativas. Y finalmente, junto al equipo y la herramienta de los 5 por qué, se determinó la causa raíz de cada una de las causas significativas.

Las actividades mencionadas, fueron ejecutadas para dos problemas enfocados:

1. “Desde que la empresa instaló la línea de envasado 305, ha tenido un alto nivel de sobredosificación. Según los datos recolectados de noviembre del 2019, el porcentaje promedio de sobredosificación de todas las variantes con el formato de 1200g cuando está trabajando el operador 2 es 8,68% cuando el mejor valor de la empresa ha sido del 4,13%”.
2. “Desde que la empresa instaló la línea de envasado 305, ha tenido un alto nivel de sobredosificación. Según los datos recolectados de noviembre del 2019, el porcentaje promedio de sobredosificación de todas las variantes con el formato de 340g cuando está trabajando el operador 2 es 8,13% cuando el mejor valor de la empresa ha sido del 5,39%”.

2.3.1 Lluvia de ideas:

La herramienta de lluvia de ideas, figura 2.21 permitió captar opiniones de todos los miembros del equipo sobre cuáles podrían ser las posibles causas potenciales que generan el alto porcentaje de sobredosificación en la línea.

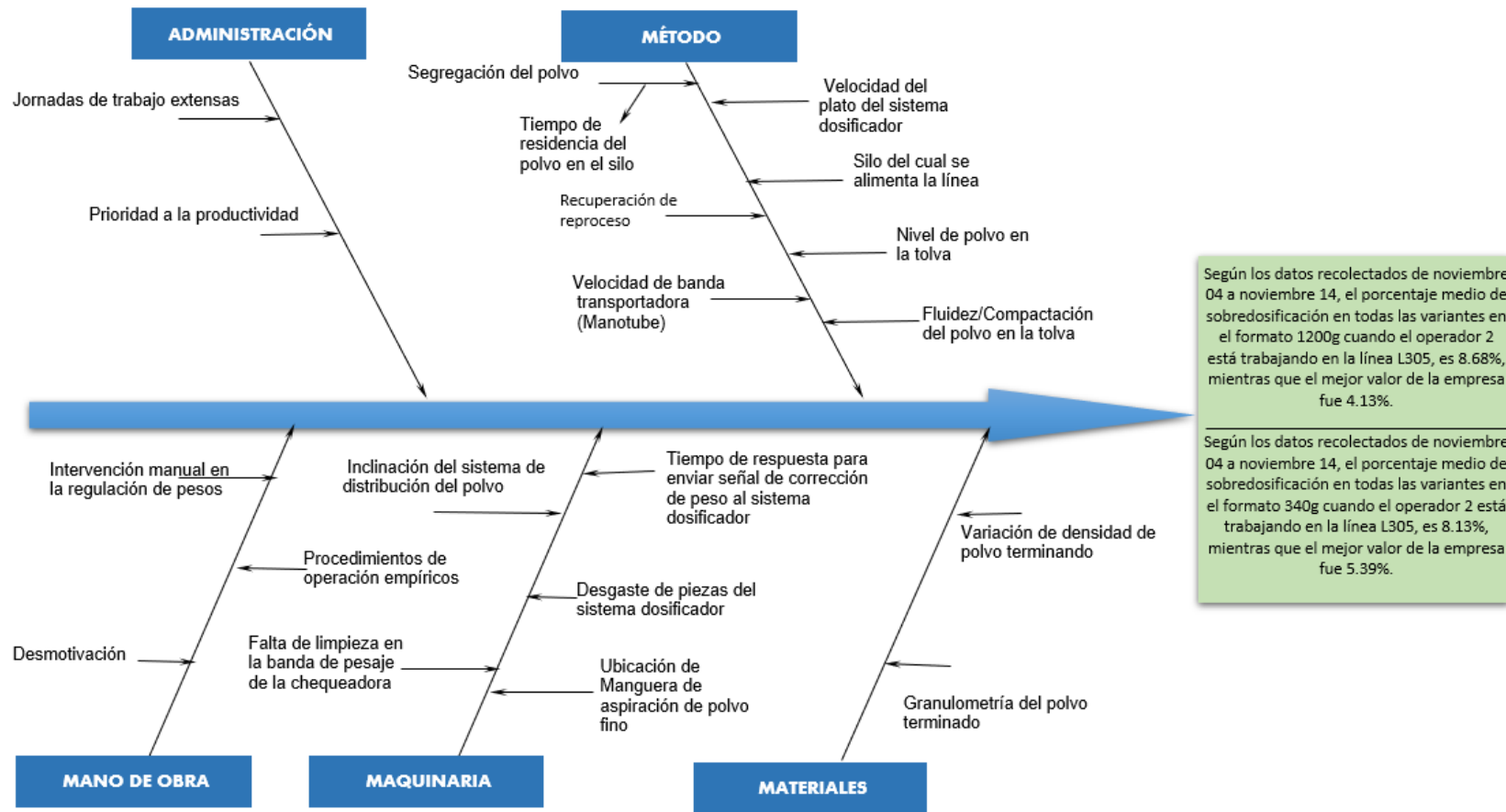


Figura 2.21. Lluvia de ideas de causas

Fuente: Elaboración propia
 Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

En este ejercicio, se identificó que las mismas causas afectaban a los dos problemas enfocados.

2.3.2 Diagrama de Ishikawa:



Según los datos recolectados de noviembre 04 a noviembre 14, el porcentaje medio de sobredosificación en todas las variantes en el formato 1200g cuando el operador 2 está trabajando en la línea L305, es 8.68%, mientras que el mejor valor de la empresa fue 4.13%.

Según los datos recolectados de noviembre 04 a noviembre 14, el porcentaje medio de sobredosificación en todas las variantes en el formato 340g cuando el operador 2 está trabajando en la línea L305, es 8.13%, mientras que el mejor valor de la empresa fue 5.39%.

Figura 2.22. Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Luego, como se puede observar en la figura 2.22, se clasificaron aquellas causas en el Diagrama de Ishikawa considerando las siguientes ramas principales:

- Administración
- Mano de obra
- Método
- Maquinaria
- Materiales

2.3.3 Matriz de causa y efecto:

Con las causas clasificadas, se procedió a usar la matriz de causa y efecto para identificar aquellas causas potenciales que generan un mayor efecto en la variable respuesta. Esta herramienta consiste en calificar cada causa con el valor de 1, 3 o 9, donde 1 equivale a que la causa no ocurre tan a menudo o que tiene poco impacto sobre la variable Y, el 3 equivale a una causa que ocurre con más recurrencia y que tiene mediano impacto, y 9 cuando la causa tiene alto impacto en la variable de estudio.

La evaluación se la realizó de manera individual y privada a cada uno de los miembros del equipo, dando como resultado los valores que se muestran en la tabla 2.3. Una vez obtenida la respuesta de todos, se seleccionó la moda de las calificaciones para cada causa.

Tabla 2.3. Matriz de Causa y Efecto

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

	Causas	Efecto	Elevado % de giveaway en los formatos 1200g y 340g de todas las variantes, cuando el operador Edwin Mejía se encuentra trabajando en la línea 305.									Impacto	
			Ingeniero de Procesos	Ingeniero de Producción	Analista de Calidad	Técnico Eléctrico	Técnico Mecánico	Coordinador de Turno 1	Coordinador de Turno 2	Coordinador de Turno 3	Operador 1		Operador 2
X1	Recuperación de reproceso		1	1	9	3	9	9	9	3	9	9	9
X2	Nivel de polvo en la tolva		9	1	1	9	9	1	9	3	3	3	9
X3	Silo del cual se alimenta la línea		1	3	3	9	9	9	1	3	3	9	9
X4	Inclinación del sistema de distribución del polvo		9	3	1	9	9	3	1	9	9	9	9
X5	Variación de densidad de polvo terminando		1	3	9	9	3	9	9	9	9	9	9
X6	Granulometría del polvo terminado		1	1	9	9	3	9	1	9	9	9	9
X7	Variación de densidad en postdosing		3	9	3	9	3	9	1	9	3	9	9
X8	Desmotivación del personal		3	1	1	9	9	1	1	3	1	9	9
X9	Desgaste de piezas del sistema dosificador		3	3	3	9	3	3	1	3	9	1	3
X10	Velocidad de banda transportadora (Manotube)		9	1	3	3	9	3	1	3	3	1	3
X11	Falta de limpieza en la banda de pesaje de la chequeadora		3	3	1	9	9	3	1	3	3	1	3
X12	Nivel de polvo en el silo		3	1	3	3	9	3	1	9	3	9	3
X13	Incorrecta Ubicación de Manguera de aspiración de polvo fino en el Manotube		9	1	1	3	3	3	1	3	3	1	3
X14	Jornadas de trabajo extensas		9	3	1	1	3	3	1	9	3	1	3
X15	Procedimientos de operación empíricos		3	9	1	3	3	1	1	3	3	3	3
X16	Velocidad del plato del sistema dosificador		3	3	3	1	3	3	1	3	3	3	3
X17	Prioridad en la productividad (Fundas de PT/día) de la línea		1	9	3	1	3	3	3	3	9	1	3
X18	Intervención manual en la regulación de pesos		3	3	1	1	3	3	1	9	3	3	3
X19	Sobrecarga de trabajo al operador		3	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3
X20	Tiempo de respuesta para enviar señal de corrección de peso al sistema dosificador		1	9	1	3	9	3	1	9	3	1	1

Tabla 2.4. Priorización de causas

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

	Causas	Impacto
X1	Recuperación de reproceso	9
X2	Nivel de polvo en la tolva	9
X3	Silo del cual se alimenta la línea	9
X4	Inclinación del sistema de distribución del polvo	9
X5	Variación de densidad de polvo terminando	9
X6	Granulometría del polvo terminado	9
X7	Variación de densidad en postdosing	9
X8	Desmotivación del personal	9
X9	Desgaste de piezas del sistema dosificador	3
X10	Velocidad de banda transportadora (Manotube)	3
X11	Falta de limpieza en la banda de pesaje de la chequeadora	3
X12	Nivel de polvo en el silo	3
X13	Procedimientos de operación empíricos	3
X14	Jornadas de trabajo extensas	3
X15	Incorrecta Ubicación de Manguera de aspiración de polvo fino en el Manotube	3
X16	Velocidad del plato del sistema dosificador	3
X17	Prioridad en la productividad (Fundas de PT/día) de la línea	3
X18	Intervención manual en la regulación de pesos	3
X19	Sobrecarga de trabajo al operador	3
X20	Tiempo de respuesta para enviar señal de corrección de peso al sistema dosificador	1

Ya culminada la selección de la moda por cada causa, se realizó un diagrama de Pareto con el orden indicado en la tabla 2.4, para identificar cuáles son las causas que tienen mayor impacto en la sobredosificación de los formatos 340g y 1200g.

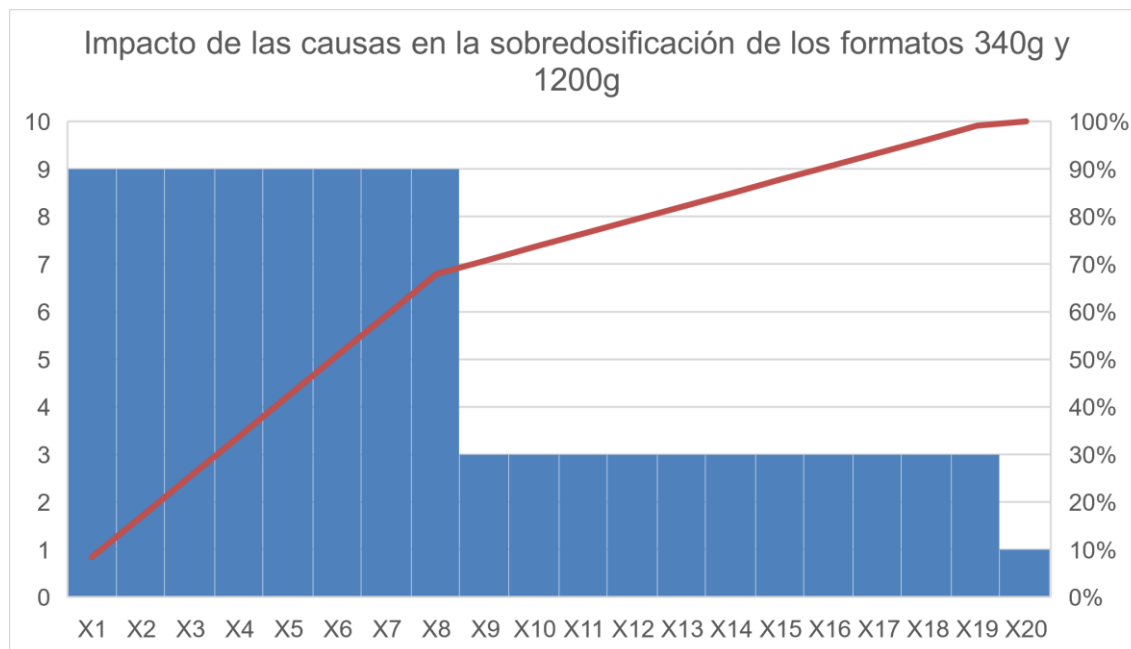


Figura 2.23. Diagrama de Pareto: Impacto de causas

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

En el diagrama de Pareto, Figura 2.23, se observa que 13 causas representan el 80% de alto impacto, según el criterio del equipo, en la variable respuesta. A partir de la información resultante del Pareto se procede a realizar la matriz de impacto vs control para determinar las causas potenciales que serán verificadas.

2.3.4 Matriz de Impacto vs Control

La matriz de impacto vs control ayuda a determinar aquellas causas que tienen un alto impacto en la variable de respuesta y a su vez que sean más fáciles de controlar para los dueños del proceso.

Las causas analizadas en la matriz fueron las siguientes:

1. Recuperación de reproceso
2. Nivel de polvo en la tolva
3. Silo del cual se alimenta la línea
4. Inclinação del sistema de distribución del polvo
5. Variación de densidad de polvo terminando
6. Granulometría del polvo terminado
7. Variación de densidad en postdosing

8. Desmotivación del personal
9. Desgaste de piezas del sistema dosificador
10. Velocidad de banda transportadora (Manotube)
11. Falta de limpieza en la banda de pesaje de la chequeadora
12. Nivel de polvo en el silo
13. Procedimientos de operación empíricos

El grado de control fue determinado con el ingeniero en procesos y el ingeniero en producción, además de la asistencia de los operadores.

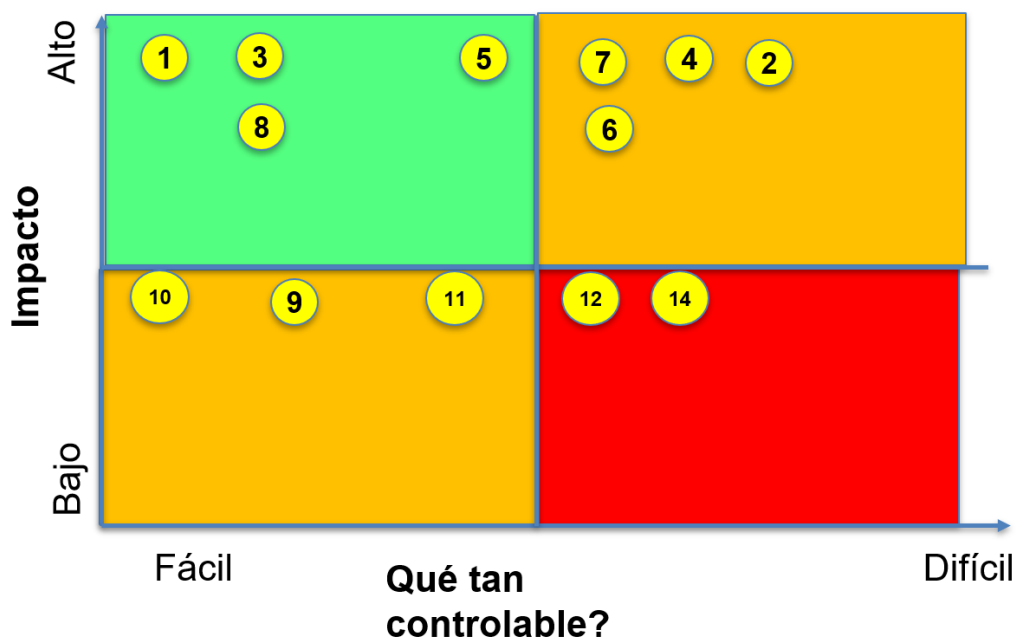


Figura 2.24. Matriz Impacto vs Control

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Se puede observar en la matriz de priorización de la figura 2.24, que las causas ubicadas en la sección verde son las que representan potencial para ser verificadas puesto que generan un alto impacto en la variable respuesta y son fáciles de controlar. Además de esas causas, se seleccionaron las causas de fácil control y mediano impacto debido a la disponibilidad del equipo para verificarlas. En general, las causas a ser verificadas son las indicadas en la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Causas a verificar

Fuente: Elaboración propia
Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

X's	Causas	Impacto
X1	Recuperación de reproceso	9
X2	Nivel de polvo en la tolva	9
X3	Silo del cual se alimenta la línea	9
X4	Inclinación del sistema de distribución del polvo	9
X5	Variación de densidad de polvo terminando	9
X6	Granulometría del polvo terminado	9
X7	Variación de densidad en postdosing	9
X8	Desmotivación del personal	9
X9	Desgaste de piezas del sistema dosificador	3
X10	Velocidad de banda transportadora (Manotube)	3
X11	Falta de limpieza en la banda de pesaje de la chequeadora	3
X12	Nivel de polvo en el silo	3
X13	Procedimientos de operación empíricos	3
X14	Jornadas de trabajo extensas	3
X15	Incorrecta Ubicación de Manguera de aspiración de polvo fino en el Manotube	3
X16	Velocidad del plato del sistema dosificador	3
X17	Prioridad en la productividad (Fundas de PT/día) de la línea	3
X18	Intervención manual en la regulación de pesos	3
X19	Sobrecarga de trabajo al operador	3
X20	Tiempo de respuesta para enviar señal de corrección de peso al sistema dosificador	1

2.3.5. Restablecimiento de condiciones básicas

Antes de comenzar cualquier análisis complejo, se debe asegurar que la limpieza, lubricación y procedimientos de ajuste sean efectivos, estableciendo buenas condiciones básicas de los equipos.

Se pudo observar que, dentro de las causas identificadas con mediano impacto, se encontraban condiciones básicas a restaurar que podían ser solucionadas con un plan de acción inmediato.

1. Desgaste de piezas del sistema dosificador

Con la asistencia del técnico mecánico, se realizó la inspección del funcionamiento del sistema dosificador y la limpieza del mismo. En el ejercicio se

pudo evidenciar un desnivel en uno de los anillos raspadores y desgaste en un vaso dosificador. Observar tabla 2.6.

Tabla 2.6. Restablecimiento de condiciones básicas

Fuente: Elaboración propia
Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay



Adicionalmente, se realizó mantenimiento a la caja de carga y limpieza a las mangueras de aspiración.

2. Falta de limpieza en la banda de pesaje de la chequeadora

En el caso de la banda de pesaje de la chequeadora de peso, el técnico mecánico informó que no existía acumulación significativa de polvo en los rodillos, sin embargo, la limpieza fue realizada para restaurar su condición básica. Observar tabla 2.7.

Tabla 2.7. Limpieza de piezas

Fuente: Elaboración propia
Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay



2.3.6. Plan de verificación de causas

El plan de verificación de causas es usado con el objetivo de conocer, mediante la teoría de impacto, en qué dirección cada una de las causas potenciales afectan a la variable respuesta; además, indica que tipo de herramienta ingenieril se utilizará para su verificación y en qué estado de ejecución se halla. El plan de verificación fue socializado con el equipo para la asignación de responsabilidades y determinación de fechas ideales para realizarlo. Observar tabla 2.8.

Tabla 2.8. Plan de verificación de causas

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

X's	Causas potenciales	Teoría de impacto	Cómo verificar	Método	Cuándo	Estado
X1	Recuperación de reproceso	La recuperación del reproceso de otro polvo base influye en el incremento de la sobredosificación	Recolectar datos de producción sin recuperación de reproceso durante 1 turno vs datos de producción con recuperación de reproceso durante 1 turno	Prueba de hipótesis de comparación de medias	26/11/2019	Completado
X3	Silo del cual se alimenta la línea	El silo del cual se alimenta la línea influye al incremento de sobredosificación	Alimentar la línea solo del silo 101 durante 4 horas y obtener los datos de los pesos de producto terminado (Mismo procedimiento para el silo 102)	Prueba de hipótesis de comparación de medias	27/11/2019	Completado
X5	Variación de densidad de polvo terminando	La variación en la densidad del polvo afecta a la variación de sobredosificación	Se toma 1 muestra (según el formato) cada 20 min para registrar el peso de la funda con la ayuda de la balanza digital y se lleva la muestra al laboratorio de calidad para determinar la densidad del polvo terminado	Prueba de correlación	28/11/2019	Completado
X8	Desmotivación del personal	La desmotivación del personal influye al incremento de sobredosificación	Comparación de datos de sobredosificación del antes y después de mostrar el comportamiento de la variable en la línea de estudio	Prueba de hipótesis de comparación de medias	26/11/2019	Completado
X9	Desgaste de piezas del sistema dosificador	El desgaste de piezas del sistema dosificador afecta en la precisión de dosificación en las fundas detergente provocando aumento del sobredosificación	Inspección con el técnico mecánico durante el mantenimiento	Prueba de hipótesis de comparación de medias	27/11/2019	Completado
X11	Falta de limpieza en la banda de pesaje de la chequeadora	Acumulación de polvo en la banda de pesaje de la chequeadora afecta al aumento de sobredosificación	Inspección con el técnico mecánico durante el mantenimiento	Prueba de hipótesis de comparación de medias	27/11/2019	Completado

2.3.7. Verificación de causas

X1: Recuperación de reproceso

Prueba T e Intervalo de Confianza de dos muestras

H_0 : La media del peso con formulación normal es igual a la media del peso con recuperación de reproceso

H_1 : La media del peso con formulación normal es distinta a la media del peso con recuperación de reproceso

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T GL Valor p

-55,42 580 0,000

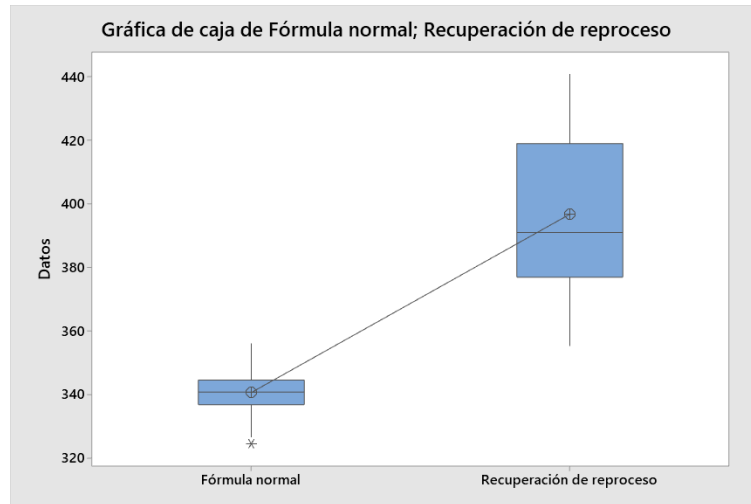


Figura 2.25. Diagrama de cajas: Recuperación de reproceso

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Como se puede observar en la figura 2.25, con un 95% de confianza se tiene un valor p de 0, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se puede concluir que la media de los pesos de las fundas de polvo detergente con la formulación normal difiere de la media de los pesos de las fundas de polvo detergente cuando se tiene recuperación de reproceso.

Por lo tanto, la causa de recuperación de reproceso de polvo detergente queda verificada.

X3: Silo del cual se alimenta la línea

Prueba T e Intervalo de Confianza de dos muestras

H_0 : La media del peso cuando la envasadora se alimenta del Silo 101 es igual a la media del peso cuando la envasadora se alimenta del Silo 102

H_1 : La media del peso cuando la envasadora se alimenta del Silo 101 difiere a la media del peso cuando la envasadora se alimenta del Silo 102

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T GL Valor p

-1,60 665 0,110

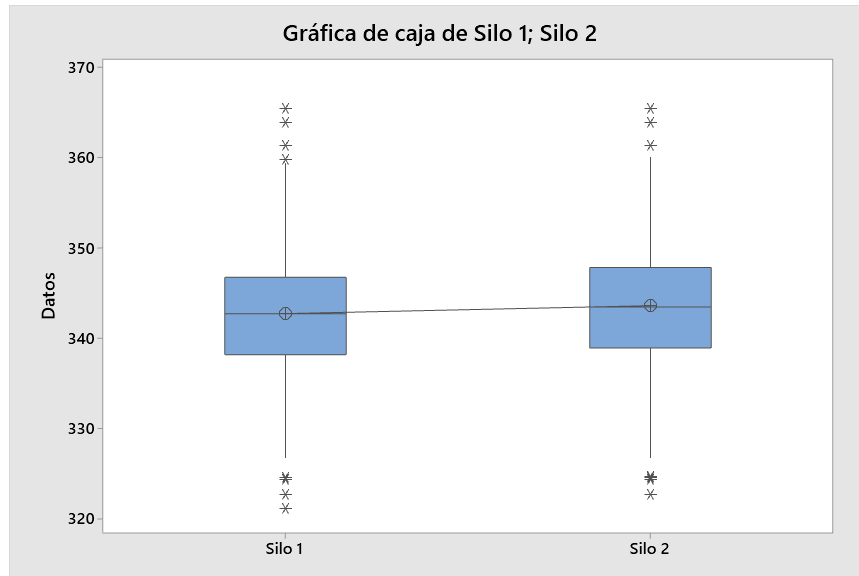


Figura 2.26. Diagrama de cajas: Silo del cual se alimenta la línea

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Como se puede observar en la figura 2.26, con un 95% de confianza se obtuvo un valor $p > 0$, por lo que no se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y se puede concluir que la media del peso cuando la envasadora se alimenta del Silo 101 es igual a la media del peso cuando la envasadora se alimenta del Silo 102.

Por lo tanto, la causa de alimentación de silo de polvo detergente queda descartada.

X5: Variación de densidad del polvo terminado

Prueba de correlación

H_0 : La correlación del peso y la densidad es 0

H_1 : La correlación del peso y la densidad es diferente de 0

Correlación

Correlación de Pearson = 0.851

Valor $p = 0.000$

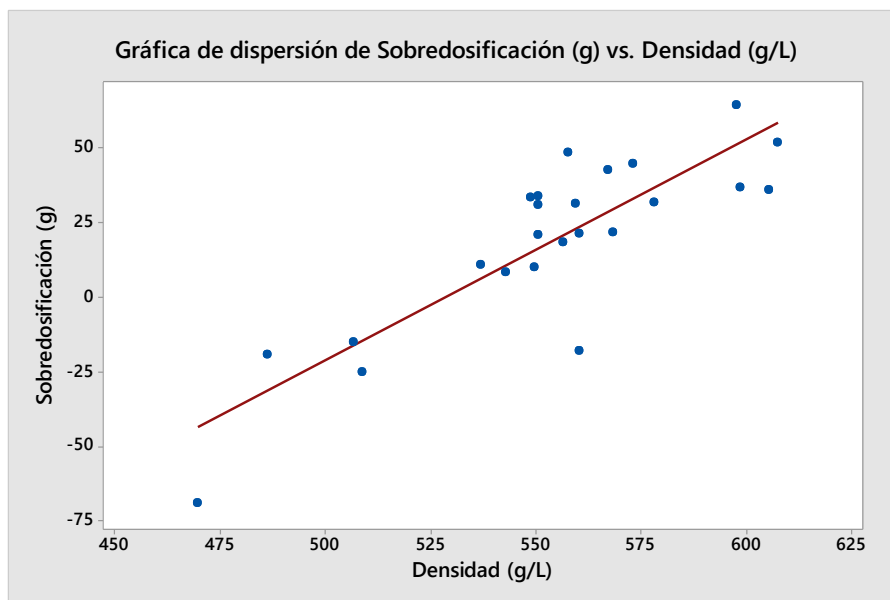


Figura 2.27. Diagrama de cajas: Variación de la densidad del producto

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Como se puede observar en las figura 2.27, con un 95% de confianza se tiene un valor p de 0, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se puede concluir que la correlación del peso y la densidad es diferente de 0.

Por lo tanto, la causa de variación de densidad del polvo detergente queda verificada.

X8: Desmotivación del personal

Prueba T e Intervalo de Confianza de dos muestras

H_0 : La media del peso antes de hablar con el personal es igual a la media del peso después de hablar con el personal

H_1 : La media del peso antes de hablar con el personal difiere a la media del peso después de hablar con el personal

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T GL Valor p

7,31 77 0,000

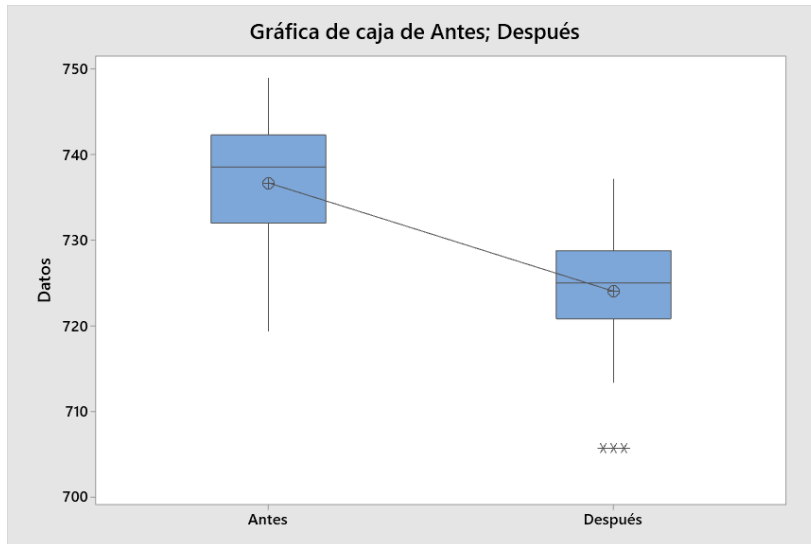


Figura 2.28. Diagrama de cajas: Desmotivación del personal

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Como se puede observar en la figura 2.28, con un 95% de confianza se tiene un valor p de 0, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se puede concluir que la media del peso antes de hablar con el personal difiere a la media del peso después de hablar con ellos.

Por lo tanto, la causa de desmotivación del personal queda verificada.

X9: Desgaste de piezas del sistema dosificador

Prueba T e Intervalo de Confianza de dos muestras

H_0 : La media del peso antes de corregir las piezas del sistema dosificador es igual a la media del peso después de corregir las piezas del sistema dosificador

H_1 : La media del peso antes de corregir las piezas del sistema dosificador difiere a la media del peso después de corregir las piezas del sistema dosificador

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T GL Valor p

4,28 1070 0,000

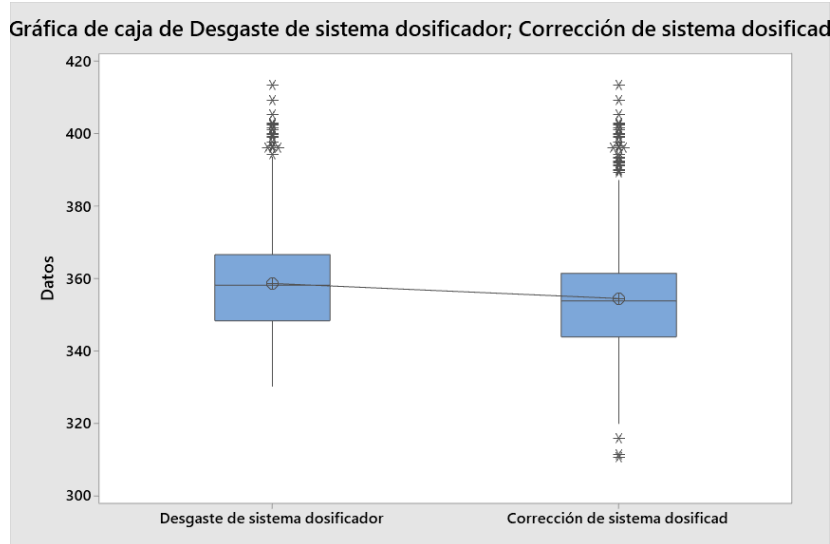


Figura 2.29. Diagrama de cajas: Desgaste de sistema dosificador

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Como se puede observar en la figura 2.29, con un 95% de confianza se tiene un valor p de 0, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se puede concluir que la media del peso antes de corregir las piezas del sistema dosificador difiere a la media del peso después de corregir las piezas del sistema dosificador.

Por lo tanto, la causa de desgaste de piezas del sistema dosificador queda verificada.

X11: Falta de limpieza en la banda de pesaje de la chequeadora

Prueba T e Intervalo de Confianza de dos muestras

H_0 : La media del peso antes de limpiar la banda de pesaje de la chequeadora es igual a la media del peso después de limpiar la banda de pesaje de la chequeadora

H_1 : La media del peso antes de limpiar la banda de pesaje de la chequeadora difiere a la media del peso después de limpiar la banda de pesaje de la chequeadora

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T GL Valor p

1,91 49 0,062

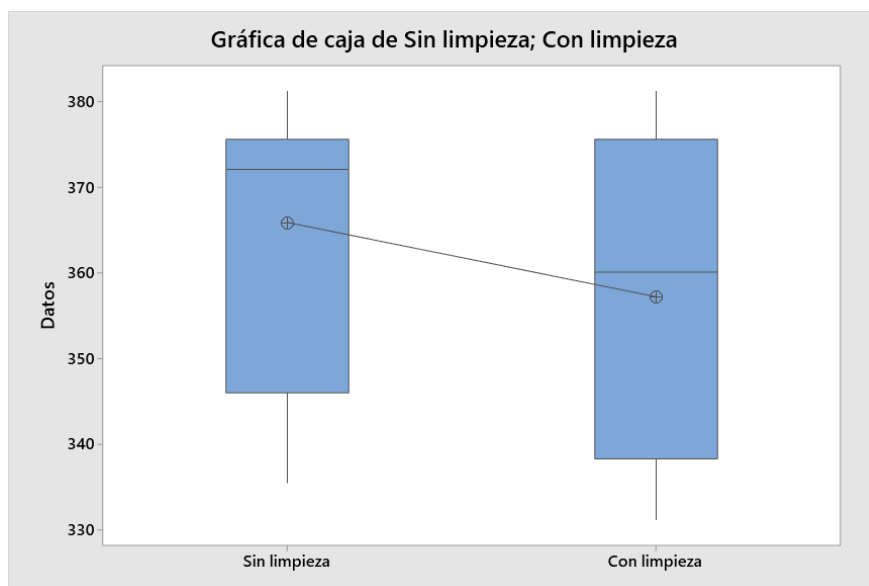


Figura 2.30. Diagrama de caja: Falta de limpieza de banda de chequeadora

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Como se puede observar en la figura 2.30, con un 95% de confianza se obtuvo un valor $p > 0$, por lo que no se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y se puede concluir que la media del peso antes de limpiar la banda de pesaje de la chequeadora es igual a la media del peso después de limpiar la banda de pesaje de la chequeadora.

Por lo tanto, la causa de falta de limpieza en la banda de pesaje de la chequeadora queda descartada.

2.3.8. Resultado del plan de verificación de causas

En la tabla 2.9 se puede observar que el silo del cual se alimenta la línea y la falta de limpieza en la banda de pesaje de la chequeadora, no tienen influencia significativa en sobredosificación de polvo detergente.

Tabla 2.9. Resultado de verificación de causas

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

X's	Causas potenciales	Influencia
X1	Recuperación de reproceso	SI
X3	Silo del cual se alimenta la línea	NO
X5	Variación de densidad de polvo terminando	SI
X8	Desmotivación del personal	SI
X9	Desgaste de piezas del sistema dosificador	SI
X11	Falta de limpieza en la banda de pesaje de la chequeadora	NO

2.3.9. Análisis de los 5 por qué

Tabla 2.10. Análisis de los 5 por qué

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

1 Por qué	Causa Raíz?	2 Por qué	Causa Raíz?	3 Por qué	Causa Raíz?	4 Por qué	Causa Raíz?	5 Por qué	Causa Raíz?
Recuperación de reproceso	No	Se recupera el reproceso en proporciones aleatorias	Si						
Variación de la densidad en el polvo terminado	No	Existe segregación de polvo fino y polvo normal	No	Rugosidad de las paredes internas en los silos	Si				
				Inclinación inapropiada del ducto de alimentación de polvo a la envasadora	Si				
Desmotivación de los operadores	No	Desconocimiento de los resultados de su línea	Si						
		Las propuestas de mejora de los operadores no son consideradas	No	Desorganización en la presentación de propuestas de mejora	Si				
Desgaste del sistema dosificador	No	Acumulación de grumos en el sistema dosificador	Si						

En la tabla 2.10 se puede observar cómo se utilizó la herramienta de los 5 por qué, para identificar las causas raíces de cada una de las causas potenciales, obteniendo como resultado lo que se muestra a continuación en la tabla 2.11.

Tabla 2.11. Causas raíces

Fuente: Elaboración propia
Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Causas Potenciales	Causas Raíces
Recuperación de reproceso	Se recupera el reproceso en proporciones aleatorias
Variación de la densidad en el polvo terminado	Rugosidad de las paredes internas en los silos
	Inclinación inapropiada del ducto de alimentación de polvo a la envasadora
Desmotivación de los operadores	Desconocimiento de los resultados de su línea
	Desorganización en la presentación de propuestas de mejora
Desgaste del sistema dosificador	Acumulación de grumos en el sistema dosificador

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES

3.1. Implementación y Control

En esta fase primero se realizó una lluvia de ideas con la ayuda del equipo involucrado en el proyecto, la cual permitió obtener posibles soluciones para cada una de las causas raíces encontradas. Como se puede observar en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Causas raíces y soluciones

Fuente: Elaboración propia
Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

	Causas raíces	Soluciones	
1	Se recupera el reproceso en proporciones aleatorias	Estándar de operación de recuperación de reproceso	1
2	Rugosidad de las paredes internas en los silos	Estándar de limpieza de los silos	2
		Instalar fluidizadores de aire en los silos de polvo terminado	2
		Recubrimiento de los silos de polvo terminado con material epóxico	2
3	Desconocimiento de los resultados de su línea	Visibilidad de los indicadores de la línea por turno	3
4	Desorganización en la presentación de propuestas de mejora	Skill training de presentación de propuestas	4
5	Acumulación de grumos en el sistema dosificador	Estándar de limpieza en mantenimiento autónomo del equipo de dosificación	5
		Estándar de mantenimiento del equipo de dosificación	5
6	Inclinación inapropiada del ducto de alimentación de polvo a la envasadora	Reubicación de las máquinas envasadoras	6
		Implementar elevador de cangilones para alimentar la máquina envasadora	6

Con las posibles soluciones se realizó dos matrices para determinar el impacto y esfuerzo que estas tendrían. Por lo que, junto al equipo se evaluó el impacto que cada solución tendría en la triple línea base de sostenibilidad, lo que incluye los indicadores sociales, económicos y ambientales, a los cuáles se les otorgó un peso de importancia. Los miembros del equipo calificaron con valores del 1 al 5 para establecer si la solución era de muy bajo impacto a muy alto impacto respectivamente, como se muestra en la tabla 3.2

Tabla 3.2. Matriz de impacto

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Causa Raíz	Solución	IMPACTO			
		Criterios			Total
		Social	Ambiental	Económico	
3	3	5			
Se recupera el reproceso en proporciones aleatorias	Estándar de operación de recuperación de reproceso	4	4	5	49
Rugosidad de las paredes internas en los silos	Estándar de limpieza de los silos	2	4	4	38
	Instalar fluidizadores de aire en los silos de polvo terminado	3	1	5	37
	Recubrimiento de los silos de polvo terminado con material epóxico	5	1	5	43
Desconocimiento de los resultados de su línea	Visibilidad de los indicadores de la línea por turno	3	1	5	37
Desorganización en la presentación de propuestas de mejora	Skill training de presentación de propuestas	5	1	5	43
Acumulación de grumos en el sistema dosificador	Estándar de limpieza en mantenimiento autónomo del equipo de dosificación	2	5	3	36
	Estándar de mantenimiento del equipo de dosificación	2	3	4	35
Inclinación inapropiada del ducto de alimentación de polvo a la envasadora	Reubicación de las máquinas envasadoras	5	4	5	52
	Implementar elevador de cangilones para alimentar la máquina envasadora	5	4	5	52

Asimismo, para la matriz de esfuerzo se utilizaron los criterios de rapidez de implementación, dificultad y costo. Donde el equipo también calificó a cada posible solución con los valores del 1 a 5 como se muestra en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Matriz de esfuerzo

Fuente: Elaboración propia
Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Causa raíz	Soluciones	ESFUERZO			
		Criterios			Total
		Velocidad	Dificultad	Costo	
		3	3	5	
Se recupera el reproceso en proporciones aleatorias	Estándar de operación de recuperación de reproceso	1	1	1	11
Rugosidad de las paredes internas en los silos	Estándar de limpieza de los silos	2	4	2	28
	Instalar fluidizadores de aire en los silos de polvo terminado	4	4	4	44
	Recubrimiento de los silos de polvo terminado con material epóxico	2	3	1	20
Desconocimiento de los resultados de su línea	Visibilidad de los indicadores de la línea por turno	3	4	4	41
Desorganización en la presentación de propuestas de mejora	Skill training de presentación de propuestas	2	1	1	14
Acumulación de grumos en el sistema dosificador	Estándar de limpieza en mantenimiento autónomo del equipo de dosificación	2	3	2	25
	Estándar de mantenimiento del equipo de dosificación	3	2	3	30
Inclinación inapropiada del ducto de alimentación de polvo a la envasadora	Reubicación de las máquinas envasadoras	5	5	5	55
	Implementar elevador de cangilones para alimentar la máquina envasadora	5	4	5	52

Con estos resultados se procedió a realizar la matriz Impacto vs. Esfuerzo para determinar aquellas soluciones que tienen un mayor impacto y menor esfuerzo.

Las soluciones analizadas en la matriz fueron:

1. Estándar de operación de recuperación de reproceso.
2. Estándar de limpieza de los silos.
3. Instalar fluidizadores de aire en los silos de polvo terminado.
4. Recubrimiento de los silos de polvo terminado con material epóxico.
5. Visibilidad de los indicadores de la línea por turno.
6. Skill training de presentación de propuestas.
7. Estándar de limpieza en mantenimiento autónomo del equipo de dosificación.
8. Estándar de mantenimiento del equipo de dosificación.
9. Reubicación de las máquinas envasadoras.
10. Implementar elevador de cangilones para alimentar la máquina envasadora.

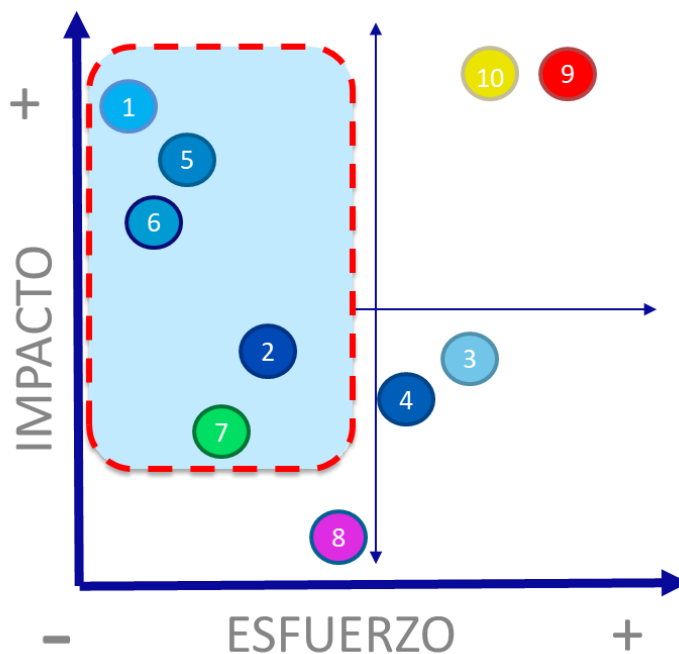


Figura 3.1. Matriz Impacto vs. Esfuerzo

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

De acuerdo a la matriz indicada en la figura 3.1, se seleccionaron las soluciones que tendrían un mayor impacto y menor esfuerzo además de dos soluciones que tendrían un mediano impacto, pero a su vez bajo esfuerzo, las cuáles fueron:

1. Estándar de operación de recuperación de reproceso.
2. Estándar de limpieza de los silos.
3. Visibilidad de los indicadores de la línea por turno.
4. Skill training de presentación de propuestas.
5. Estándar de limpieza en mantenimiento autónomo del equipo de dosificación.

Para la primera solución, estándar de operación de recuperación de reproceso, se determinó con el equipo de calidad y producción cuál debería ser la frecuencia y cantidad adecuada de reproceso a recuperar para no afectar la fórmula original del detergente, con esto se procedió a describir el proceso estándar que se debe seguir, el cual se detalla a continuación:

Estándar de procedimiento de operación		
Tipo de SOP	Título del SOP	Categoría
Productividad	Recuperación de polvo de reproceso	Polvos
		
Antes		Después
EPP's Requeridos		
		
Herramientas Requeridas		
Espátula	Escoba	Recogedor
No. de personas requeridas	Duración de la tarea	Frecuencia
1	16 min	1 big bag/hora
Tarea		Herramienta
Verificar que la válvula que alimenta el transportador inclinado se encuentra abierta al 5,5%		N/A
Llevar el material a recuperar hacia el punto de elevación del tecle		N/A
Enganchar el big bag en la araña del tecle		N/A
Llevar el big bag hacia la tolva de recuperación		N/A
Abrir la compuerta de la tolva para desamarrar el big bag con polvo recuperado		Espátula
Esperar la caída del polvo en la tolva		N/A
Bajar el big bag vacío y almacenarlo		N/A
Limpiar con la escoba y recogedor los residuos que hayan caído en el piso		Escoba y recogedor
Responsables:	Operador de reproceso y coordinador de turno	

Figura 3.2. SOP de recuperación de polvo de reproceso

Fuente: Elaboración propia
Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Con el estándar de recuperación documentado, indicado en la figura 3.2, se reunió a todo el personal involucrado para capacitarlos y socializar las actividades, frecuencia y herramientas que necesitarán los operadores de reproceso y coordinadores de turno,

dejando en claro la importancia de cumplir con el procedimiento, sus roles y responsabilidades para evitar futuras variaciones en la formulación del polvo.

El control diario que se llevará a cabo para el cumplimiento del estándar de recuperación de reproceso es el siguiente:

Inspección de cumplimiento de estándar de recuperación de reproceso				
Turno	Fecha	Hora	Big bag recuperado	Firma coordinador de turno
1		7:00		
1		8:00		
1		9:00		
1		10:00		
1		11:00		
1		12:00		
1		13:00		
1		14:00		
2		15:00		
2		16:00		
2		17:00		
2		18:00		
2		19:00		
2		20:00		
2		21:00		
2		22:00		
3		23:00		
3		0:00		
3		1:00		
3		2:00		
3		3:00		
3		4:00		
3		5:00		
3		6:00		

Figura 3.3. Inspección de estándar de recuperación de reproceso

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Mediante el uso del tablero indicado en la figura 3.3, se controlará el cumplimiento del estándar de reproceso, en donde la responsabilidad de los coordinadores será verificar que se cumpla con la frecuencia y cantidad establecida previamente.

Para la segunda solución a implementar, estándar de limpieza de los silos de almacenamiento, se determinó junto al equipo de mantenimiento cual sería la frecuencia

y actividades necesarias para llevar a cabo la limpieza de los silos de almacenamiento, lo que se detalla en la figura 3.4.

Estándar de procedimiento de operación			
Tipo de SOP	Título del SOP		Categoría
Productividad	Limpieza de silos de almacenamiento		Polvos
			
Antes		Después	
EPP's Requeridos			
			
Herramientas Requeridas			
Espátula	Sacos	Cabos	Recogedor
No. de personas requeridas	Duración de la tarea		Frecuencia
2	100 min		Quincenal
Tarea			Herramienta
Aplicar bloqueo LOTO a la banda extractora de polvo terminado			N/A
Difusión de permiso de trabajo por parte del coordinador			N/A
Acceder al silo de almacenamiento de polvo terminado			N/A
Limpiar el interior de las paredes del silo			Espátula
Recoger los desechos en sacos			Sacos y recogedor
Retirar los sacos con ayuda de cabos			Cabos
Quitar el bloqueo LOTO de la banda extractora			N/A
Responsables:			Operadores y coordinador de turno

Figura 3.4. SOP de limpieza de silos de almacenamiento

Fuente: Elaboración propia
 Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Asimismo, se reunió a todo el personal involucrado, operadores y coordinadores, para socializar el nuevo estándar de limpieza. Para controlar su cumplimiento se diseñó el tablero anual de la figura 3.5:

Cumplimiento del estándar de limpieza de silos de almacenamiento de polvo terminado				
Rutina de limpieza deberá ser completada una vez cada 15 días				
Semana	Fecha	Hora	Limpieza completa	Firma coordinador de turno
1				
3				
5				
7				
9				
11				
13				
15				
17				
19				
21				
23				
25				
27				
29				
31				
33				
35				
37				
39				
41				
43				
45				
47				
49				
51				

Figura 3.5. Control de limpieza de los silos

Fuente: Elaboración propia
 Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Con este tablero se controlará visualmente que se cumpla la limpieza de los silos cada quince días, donde la responsabilidad del coordinador de turno es verificar que se cumpla adecuadamente.

Como tercera solución, con el equipo de producción se determinó cual sería el tablero de indicadores para mostrar a los operadores su desempeño con respecto a la sobredosificación de acuerdo con su línea y turno. Lo que se muestra en la figura 3.6.



Figura 3.6. Tablero de indicadores

Fuente: Elaboración propia
 Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Este tablero de indicadores es proyectado en un televisor en el área de envasado, como se muestra en la figura 3.7, lo que permite tener un control visual de la sobredosificación de la línea y ver el desempeño de los operadores, ya que será actualizado constantemente con la información correspondiente.

Gracias al trabajo realizado con el presidente del sindicato de operadores de la fábrica se pudo obtener una respuesta positiva a este cambio realizado en la planta. Obteniendo una aceptación de todos los operadores para colaborar y disminuir el desperdicio de la compañía dado por el producto regalado en las fundas de polvo terminado.



Figura 3.7. Tablero de indicadores proyectados en el área de envasado

Fuente: Elaboración propia
 Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Para la cuarta propuesta, se definió junto al equipo de producción la información necesaria que se deber incluir en el formato de presentación de propuestas de los operadores, el cual se muestra en la figura 3.8.

PROPUESTAS DE MEJORA		Equipo
Site		Equipamiento
Planta/Área		Nr. Doc.:
TÍTULO		CdC:
PLANEAR	Descripción del fenómeno (por ejemplo, 5W y 1H)	Descripción de la solución HACER
	→	
	Imagen / Boceto	
ACTUAR	Estandarización	Verificar Resultados VERIFICAR
	←	
Esta propuesta es		
Hecho por:	Datos:	Ejecutado por:
		Fecha de ejecución:
		Costo (€)
		Beneficios (€)
		Resultados (€)
		Beneficio/Costo
		Verificado por:

Figura 3.8. Formato de propuestas de mejora

Fuente: Elaboración propia
 Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

También, como se muestra en la figura 3.9, se hizo entrega a la empresa un formato de control de asistencia para verificar que se capacite a todos los operadores en la nueva forma de presentar sus propuestas, más estructurada y con objetivos claros para que los coordinadores puedan aprobar su implementación en menor tiempo y obtener mayores beneficios con las ideas que se presenten.

Control de Asistencia: Capacitación de presentación de propuestas para mejoras en las líneas			
No.	Nombre	Fecha	Firma
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

Figura 3.9. Control de asistencia

Fuente: Elaboración propia
 Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Finalmente, para la quinta propuesta junto con el equipo de producción y mantenimiento se determinó cuáles serían las actividades y frecuencia para la limpieza del equipo dosificador que los operadores de la línea realizarían dentro del mantenimiento autónomo. Este se detalla en la figura 3.10.

Estándar de procedimiento de operación			
Tipo de SOP	Título del SOP		Categoría
Productividad	Limpieza del equipo dosificador		Polvos
			
Antes		Después	
EPP's Requeridos			
			
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
Herramientas Requeridas			
Espátula	Aspiradora	Escoba	Recogedor
Desarmador	Llave francesa	Llave mixta	
No. de personas requeridas	Duración de la tarea		Frecuencia
1	80 min		Quincenal
Tarea			Herramienta
Aplicar bloqueo LOTO a la tolva de distribución de polvo			N/A
Difusión de permiso de trabajo por parte del coordinador			N/A
Retirar vasos dosificadores de la caja de carga			N/A
Desarmar caja de carga			Desarmador, llave francesa, llave mixta
Limpiar el interior y exterior de los vasos dosificadores			Espátula
Limpiar interior y exterior de plato dosificador			Espátula
Limpiar interior de la caja de carga			Aspiradora
Limpiar con la escoba y recogedor los residuos que hayan caído en el piso			Escoba y recogedor
Quitar el bloqueo LOTO a la tolva de distribución de polvo			N/A
Responsables:	Operadores y coordinador de mantenimiento		

Figura 3.10. SOP de limpieza del equipo dosificador

Fuente: Elaboración propia
 Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Con el estándar de limpieza documentado se procedió a capacitar a los operadores y coordinadores involucrados, además de otorgarles el formato de control para verificar el cumplimiento del estándar cada quince días, el cual se muestra en la figura 3.11:

Cumplimiento del estándar de limpieza del equipo dosificador				
Rutina de limpieza deberá ser completada una vez cada 15 días				
Semana	Fecha	Hora	Limpieza completa	Firma coordinador de turno
1				
3				
5				
7				
9				
11				
13				
15				
17				
19				
21				
23				
25				
27				
29				
31				
33				
35				
37				
39				
41				
43				
45				
47				
49				
51				

Figura 3.11. Control de estándar de limpieza del equipo dosificador

Fuente: Elaboración propia
 Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

3.2. Resultados

3.2.1. Resultados CTQ

Con las implementaciones realizadas se recolectaron datos durante la tercera semana de enero del 2020 para verificar las mejoras en la variable de respuesta Y: % de sobredosificación de la línea 305, obteniendo lo siguiente:

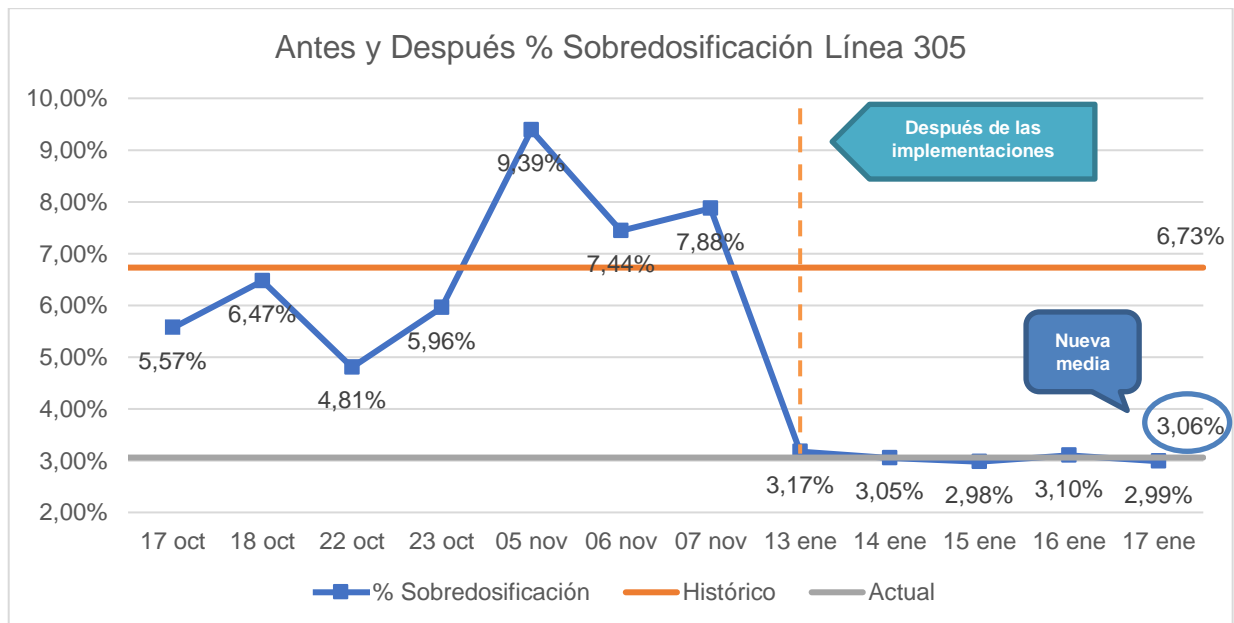


Figura 3.12. Antes y después % sobredosificación

Fuente: Elaboración propia

Josselyn Abarca- María Fernanda Kuontay

Se puede observar en la figura 3.12, cómo el % de sobredosificación de polvo detergente se redujo del 6,73% al 3,06% al implementar las mejoras propuestas, logrando alcanzar más del objetivo planteado en la etapa de definición del problema.

3.2.2. Resultados CTQ Sostenibilidad

Dentro de la triple línea base de sostenibilidad se lograron los siguientes resultados para los indicadores económicos, ambientales y sociales respectivamente:

- Ahorro aproximado de \$ 88,000 anuales.
- Reducción del consumo de energía en 4% para completar el plan de producción.
- Reducción del estrés laboral de los operadores de la línea.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Luego de las implementaciones, se cumplió el objetivo general de reducir el porcentaje de sobredosificación de polvo detergente. La métrica de estudio pasó de un valor inicial de 6.73% a 3,06% en la línea envasadora 305.
- La metodología DMAIC permitió cumplir con los objetivos específicos, siendo el primero de ellos la identificación de las principales causas que afectan la sobredosificación de polvo detergente.

Teniendo como resultado que:

- La recuperación de reproceso en proporciones aleatorias.
- La rugosidad en las paredes internas de los silos.
- La inclinación inapropiada del ducto de alimentación de polvo a la envasadora.
- El desconocimiento de los resultados de su línea.
- La desorganización en la presentación de propuestas de mejora y;
- La acumulación de grumos en el sistema dosificador.

Como las causas raíces de la variación de peso en las fundas de PT.

- El siguiente objetivo logrado fue la reducción del consumo de energía usada para transformar la materia prima a producto final. El consumo de energía disminuyó en un 4% debido a que las toneladas producidas fueron ajustadas a lo que realmente se necesitaba para cumplir con la demanda de polvo detergente.
- Con la reducción de la variación de peso en la envasadora de producto terminado, también se obtuvo un beneficio colateral, el cual fue la disminución del retrabajo manual del operador por fundas de PT que no cumplen con los límites de especificación inferior del peso.
- Para que las soluciones se mantengan en el tiempo, en el proyecto se desarrollaron herramientas de control visual para el monitoreo del indicador de desperdicio. Se elaboraron distintas vistas de la variable, por turno, semana y mes, para comunicar al equipo de trabajo, además de colocar la meta estratégica

establecida por la compañía. De esta manera, los operadores están al tanto de la situación actual de su línea y conocen cuál es su propósito del año.

- El comportamiento del polvo detergente tiene un gran impacto en el problema, sin embargo, las soluciones para mejorar la caída del polvo a la línea envasadora, tienen una gran inversión debido a que representan cambios en la estructura de la planta.

4.2. Recomendaciones

- Es posible replicar las propuestas de mejora a las 6 líneas restantes de envasado para maximizar el ahorro.
- Para lograr una mayor reducción de sobredosificación se debe considerar la inversión en proyectos de mejora de diseño de las líneas de envasado.
- Es importante la inspección del cumplimiento de los estándares de operación y limpieza para que el control sea parte de la rutina de trabajo.
- Para cumplir con las normativas legales y no entregar al mercado fundas con bajo peso, es esencial que la chequeadora de peso esté correctamente calibrada y con la función de rechazo activada, de modo que sea posible separar de la línea aquellas fundas de detergente que no cumplen con el peso mínimo y el operador pueda realizar las correcciones debidas.
- Antes de iniciar con la ejecución del proyecto, es muy importante que las personas involucradas comprendan la metodología DMAIC y que tengan claro el objetivo esperado según el alcance del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Martínez, J. M. (2005). Metodología DMAIC (Parte II): etapas de un proyecto Seis Sigma. *Qualitas hodie: Excelencia, desarrollo sostenible e innovación*, (102), 30-37.
- Kume, H. (1992). *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Editorial Norma.
- Marques, P. A., & Requeijo, J. G. (2009, April). SIPOC: A Six Sigma tool helping on ISO 9000 quality management systems. In *XIII Congreso de Ingeniería de Organización* (pp. 1229-1238).
- Cooper, R. G., & Dreher, A. (2010). Voice-of-customer methods. *Marketing management*, 19(4), 38-43.
- Valenzuela, L. (2000). Diagrama de ishikawa. *Santiago de Chile: UNAB*.
- Ariza, B. (2015). Los 5 porqués de Toyota: una técnica para identificar y resolver problemas.
- Mera, N. A. (1996). *Diseño y Construcción de un Colector de Mangas*. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, Ecuador.
- Tapia, M. (2003). *Análisis de la Reducción del Sobrepeso de producto en diferentes empresas de polvo detergente*. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, Ecuador.
- Hassan, M. K. (2013). *Applying lean six sigma for waste reduction in a manufacturing environment*. *American Journal of Industrial Engineering*, 1(2), 28-35.
- Takahashi, S., Sato, T., & Shiobara, M. (1997). *High bulk density granular detergent compositions*. *Zeolites*, 5(18), 419.
- Ottino, J. M., & Khakhar, D. V. (2000). *Mixing and segregation of granular materials*. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 32(1), 55-91.
- Gil Gallo, G. (2011). *Planta industrial para la fabricación de detergente en polvo*.
- Monge-Araya, J. F. (2006). *Evaluación y cálculo del sistema de succión de polvos de la torre de secado de detergente*.
- Barrientos Quintero, S., & Guzmán Florez, D. (2011). *Mejoramiento de la productividad en la línea de empaque de detergente en polvo en Procter & Gamble Industrial Colombia* (Bachelor's thesis, Universidad EAFIT).
- Freivalds, A. (2014). *Ingeniería industrial de Niebel: métodos, estándares y diseño del trabajo* (No. 670.42 F7y.). McGraw-Hill Interamericana Editores, SA de CV.
- Donauer, M., Peças, P., & Azevedo, A. (2013). *Nonconformity root causes analysis through a pattern identification approach*. In *Advances in Sustainable and Competitive Manufacturing Systems* (pp. 851-863). Springer, Heidelberg.

Desai, D. A., Kotadiya, P., Makwana, N., & Patel, S. (2015). *Curbing variations in packaging process through Six Sigma way in a large-scale food-processing industry*. *Journal of Industrial Engineering International*, 11(1), 119-129.

López Toala, J. V. (2014). *Implementación de un sistema de programación del mantenimiento preventivo en la Jabonería Guayaquil* (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.).

Maldonado Lopez, A. K., & Velásquez Palacios, M. P. (2015). *Diagnóstico de la situación actual del proceso de empaque y embalaje de la leche en polvo de la fábrica PROLACSA, para la implementación de mejores prácticas productivas, durante el segundo semestre del año 2014* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua).

OROZCO, F. D. J. B. (2018). *Diseño y desarrollo de un nuevo sistema de envase*.

Flynn, B. B., Schroeder, R. G., Flynn, E. J., Sakakibara, S., & Bates, K. A. (1997). *World-class manufacturing project: overview and selected results*. *International Journal of Operations & Production Management*.

Brusseleers, J., & Claes, J. (1997). *Device for cleaning the wall of a silo*. U.S. Patent No. 5,594,973. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Hartwigsen, W. D., Johnson, A. D., Beckham, J. C., & White, K. L. (1988). *Silo cleaning process*. U.S. Patent No. 4,764,221. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

De Lorenzis, L., Micelli, F., & Tegola, A. L. (2003). *Fiber-reinforced polymer for structural strengthening: post-tensioning of steel silos*. *Structural engineering international*, 13(2), 124-127.

Ulrich, B., & Kurt, B. (1963). *Volumetric filling machine*. U.S. Patent No. 3,073,400. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.