



Estrategia para reducir el porcentaje de scrap en el área de Colapsibles de la planta de envasado de PREBEL S.A. BIC.

Juan Sebastian Urquijo Cañizares

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniero Químico

Asesores

Aída Luz Villa Holguín, Doctor (PhD) en Ciencias Biológicas, asesor interno

Juan Fernando Murillo Serna, director de envasado PREBEL SA BIC, asesor externo

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Química
Medellín, Antioquia, Colombia

2024

Cita	(Urquijo Cañizares, 2024)
Referencia	(Urquijo Cañizares, 2024). <i>Estrategia para reducir el porcentaje de scrap en el área de Colapsibles de la planta de envasado de PREBEL S.A.</i> [Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Seleccione biblioteca, CRAI o centro de documentación UdeA (A-Z)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado a:

Mis padres Milena y Celiar, por su inquebrantable apoyo, amor y sacrificio. Su confianza en mí ha sido la fuerza motriz detrás de cada uno de mis logros. Gracias a ustedes, este sueño ha sido posible.

Mis hermanos Luis y Maylin, por ser una fuente constante de motivación y amor por creer en mí en todo momento. Gracias por estar siempre a mi lado.

Mis amigos, por su compañerismo y por brindarme momentos de alegría y distracción necesarios para mantener el equilibrio durante esta travesía académica.

Y, especialmente, Camilo Botero, por su paciencia, comprensión y por estar siempre presente en los momentos más desafiantes. Su apoyo ha sido invaluable.

Agradecimientos

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por haberme dado la fortaleza y sabiduría para culminar esta etapa importante de mi vida.

A mi asesora de prácticas, Aída Luz Villa, por su guía, conocimientos y consejos durante el desarrollo de este trabajo. Su paciencia y dedicación han sido fundamentales para la realización de esta investigación.

Al Ingeniero Juan Fernando Murillo, por su enseñanza y apoyo a lo largo de mi formación en las prácticas académicas, y al equipo del área de Envasado de PREBEL SA BIC. Cada uno de ustedes ha contribuido de manera significativa a mi crecimiento profesional y personal.

A mis amigos, por entender mis ausencias y por siempre estar ahí para animarme y escucharme cuando lo necesitaba. Su amor ha sido un pilar fundamental durante este proceso.

Finalmente, a mi familia, especialmente a mis padres, por su apoyo incondicional, por creer en mis capacidades y por ser mi mayor inspiración. Este logro es tanto suyo como mío. Gracias por todo.

Con gratitud,

Juan Sebastian Urquijo Cañizares

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1 Planteamiento del problema	12
1.1 Antecedentes	13
2 Justificación.....	14
3 Objetivos	15
3.1 Objetivo general	15
3.2 Objetivos específicos.....	15
4 Marco teórico	16
4.1. Definición de scrap en el contexto industrial	16
4.2. Proceso de envasado en la industria cosmética y en PREBEL	16
4.3. Causas del scrap en el área de colapsibles:	17
4.4. Etapas en el desarrollo de un proyecto:.....	18
5 Metodología	19
5.1. Gestión de la Calidad Total (TQM):	19
5.2. Análisis de Pareto:.....	19
5.3. Diagrama de Ishikawa (Espina de Pescado):	19
5.4. Estrategias de mejora continua:.....	19
5.5. Capacitación del personal:	19
5.6. Control de calidad:	20
5.7. Caracterización de etapas del proceso y scrap asociado:	20
5.7.1 Análisis de causas raíz.....	20

5.7.2	Diseño e implementación de soluciones	20
5.7.3	Seguimiento y evaluación	21
5.7.4	Documentación y difusión de resultados	21
5.8.	Selección de estrategias.....	21
5.9.	Implementación del plan de mejora	22
5.10.	Evaluación de resultados	22
6	Resultados	24
7	Discusión	35
8	Conclusiones	38
	Referencias	42
	Anexos.....	43

Lista de tablas

Tabla 1 Resultados del seguimiento y análisis del mapa del proceso.....	28
Tabla 2 Análisis de promedio de % scrap en el 2024	34
Tabla 3 Análisis de valores totales del scrap en el 2024	34
Tabla 4 Proyección de ahorros	34
Tabla 5 Cronograma para el programa de capacitación	43

Lista de figuras

Figura 1 Mapa del proceso a nivel macro del área de colapsibles. (Elaboración propia).....	24
Figura 2 Diagrama de Pareto kg de scrap en las áreas en el 2023	25
Figura 3 Diagrama de Pareto % de scrap en las áreas en el 2023	25
Figura 4 Diagrama de Pareto kg de scrap en las áreas en el 2024	26
Figura 5 Diagrama de Pareto % de scrap en las áreas en el 2024	26
Figura 6 Tendencia del % de scrap en el segundo semestre del 2023.	27
Figura 7 Tendencia del % de scrap en el segundo semestre del 2023 y primeros meses del 2024.	27
Figura 8 Diagrama causa y efecto del alto porcentaje de scrap en el área de colapsibles.	29
Figura 9 Análisis de capacidad de procesos del porcentaje de scrap en el área de colapsibles	29
Figura 10 Análisis de kg de scrap vs kg de material entregado a las órdenes	30
Figura 11 Análisis de % de scrap vs kg de material entregado a las órdenes	30
Figura 12 Análisis de % de scrap para clientes de la compañía en el 2023	31
Figura 13 Análisis de % de scrap para clientes de la compañía en el 2024	31

Siglas, acrónimos y abreviaturas

APA	American Psychological Association
UdeA	Universidad de Antioquia
TQM	Gestión de la Calidad Total
PDCA	Planificar, Hacer, Verificar, Actuar
CEP	Personal de Control Estadístico en Planta
SOP	Procedimiento estándar de operación

Resumen

Este informe detalla un enfoque estratégico para minimizar el porcentaje de scrap en el área de colapsibles de la planta de envasado de PREBEL S.A. BIC. Se presenta una revisión de la literatura sobre análisis y metodologías de mejora de procesos en el área de envasado, seguido por la caracterización del proceso. Se describe la ejecución de un plan de muestreo estadístico para analizar el scrap, la recopilación y análisis de datos, la identificación de causas principales utilizando herramientas como el análisis de Pareto y el diagrama de Ishikawa, y la implementación de acciones de mejora. Los resultados mostraron una tendencia de incremento significativa del scrap, del 2023 al 2024, y una representación del 30% en los costos asociados al scrap y mantenimiento en el área de colapsibles. Se concluyó que es necesario optimizar parámetros de maquinaria, implementar SOP, capacitar al personal y establecer un sistema de monitoreo y mantenimiento preventivo/predictivo. Estas estrategias reducirán significativamente el porcentaje de scrap y mejorarán la eficiencia operativa. Este enfoque integral no solo pretende mejorar la eficiencia operativa sino también la sostenibilidad y competitividad de la planta.

Palabras clave: scrap, mejora de procesos, colapsibles, ingeniería química, control de calidad.

Abstract

This report details a strategic approach to minimize the scrap percentage in the collapsible area of the PREBEL S.A. BIC packaging plant. It presents a literature review on analysis and process improvement methodologies in the packaging area, followed by process characterization. The execution of a statistical sampling plan to analyze scrap, data collection and analysis, identification of root causes using tools such as Pareto analysis and Ishikawa diagram, and implementation of improvement actions are described. The results showed a significant trend of scrap increase from 2023 to 2024, representing 30% of the costs associated with scrap and maintenance in the collapsible area. It was concluded that is necessary to optimize machinery parameters, implementing SOPs, training personnel, and establishing a monitoring and preventive/predictive maintenance system. These strategies will significantly reduce the scrap percentage and improve operational efficiency. This comprehensive approach aims not only to improve operational efficiency but also the sustainability and competitiveness of the plant.

Keywords: scrap, process improvement, collapsibles, chemical engineering, quality control.

Introducción

La planta de envasado de PREBEL S.A. BIC desempeña un rol fundamental en la cadena de producción de esta empresa líder en la fabricación y representación de productos cosméticos. En este contexto, el área de envasado tiene la responsabilidad primordial de asegurar que los productos lleguen en óptimas condiciones a los consumidores finales. Dentro del área de envasado, el sector de colapsibles cobra una relevancia especial. Aquí se lleva a cabo el envasado de emulsiones utilizando un material de empaque conocido como colapsible, el cual adopta la forma de tubos que pueden ser comprimidos o plegados completamente cuando están vacíos, optimizando así el uso de todo el material contenido en ellos.

Debido a su importancia crítica en el proceso de la planta, el alto porcentaje de scrap en esta área representa un desafío significativo. El scrap, o material desperdiciado que no se convierte en producto terminado, compromete la eficiencia operativa y la rentabilidad de la empresa. Durante el período comprendido entre enero y diciembre de 2023, el área de envasado experimentó una incidencia preocupante de scrap, constituyendo el 30% del total de scrap generado en toda la planta de envasado.

Este problema no solo implica una pérdida económica directa, sino que también impacta la capacidad de la empresa en términos de gestión eficiente de materias primas y formulación de productos, afectando negativamente su competitividad y sostenibilidad a largo plazo. Dentro del área de envasado, el sector de colapsibles ha sido identificado como particularmente vulnerable.

A pesar de su importancia en la presentación y distribución adecuada de los productos cosméticos de PREBEL, los altos niveles de scrap en esta área representan un desafío significativo, comprometiendo tanto la eficiencia operativa como los costos de la empresa. Frente a esta problemática, surge la necesidad imperante de abordar de manera efectiva las causas subyacentes del alto porcentaje de scrap en el área de colapsibles.

Por ende, esta propuesta se centra en el desarrollo de una estrategia integral para reducir el scrap en la planta de envasado de PREBEL S.A. BIC. A través de un enfoque basado en la identificación de causas raíz, la implementación de soluciones efectivas y un seguimiento continuo de los resultados, se busca transformar los desafíos actuales en oportunidades de mejora y eficiencia operativa, promoviendo así el crecimiento sostenible y la competitividad de PREBEL en el mercado cosmético.

1 Planteamiento del problema

El área de colapsibles en la planta de envasado de PREBEL S.A. enfrenta un desafío crítico en términos de eficiencia operativa y rentabilidad debido al alto porcentaje de scrap. El scrap, o material desperdiciado que no se convierte en producto terminado, representa una pérdida económica directa y afecta la capacidad de la empresa para gestionar eficazmente sus materias primas, formular productos y productos rechazados por diferentes aspectos de calidad.

Durante el período de enero a diciembre de 2023, el área de envasado experimentó una incidencia alarmante de scrap, representando el 30% de los costos totales de scrap generado en toda la planta de envasado. Este problema compromete la competitividad y sostenibilidad a largo plazo de PREBEL S.A. y es especialmente crítico en el sector de colapsibles, donde estos envases plegables son esenciales para la presentación y distribución adecuada de los productos cosméticos de la empresa.

A pesar de su importancia, los altos niveles de scrap en esta área obstaculizan la eficiencia operativa y aumentan los costos. Por lo tanto, es imperativo abordar de manera efectiva las causas subyacentes de este problema para garantizar la viabilidad y competitividad de la empresa en el mercado cosmético.

1.1 Antecedentes

La gestión eficaz del scrap en procesos de producción es un tema crítico para la industria cosmética y cuidado personal. Diversas investigaciones internas en PREBEL S.A. BIC han destacado la importancia de reducir el scrap no solo como una medida de ahorro de costos, sino también como un indicador de eficiencia operativa y calidad del proceso (PREBEL S.A. BIC, 2022).

En el contexto específico de la industria cosmética, donde la presentación y calidad del producto son aspectos fundamentales, la minimización del scrap cobra una relevancia aún mayor. Investigaciones previas han identificado que el scrap en el área de envasado puede tener un impacto significativo en los costos de producción y la competitividad de la empresa en el sector (Martins & Marto, 2023). Estudios sobre estrategias de mejora de procesos y gestión de calidad han demostrado que abordar las causas raíz del scrap mediante técnicas como el análisis de Pareto y el diagrama de Ishikawa puede conducir a mejoras sustanciales en la eficiencia operativa y la rentabilidad.

A pesar de la existencia de investigaciones previas en este campo, son escasos los estudios específicos que abordan el problema del scrap en el área de colapsibles en plantas de envasado de la industria cosmética. Por lo tanto, existe una necesidad evidente de investigaciones que se centren en esta área específica para desarrollar estrategias efectivas que ayuden a reducir el scrap y mejorar la eficiencia operativa en este sector (Zeng, 2021).

2 Justificación

La reducción del scrap en el área de colapsibles de la planta de envasado de PREBEL S.A. BIC es fundamental para mejorar la eficiencia operativa y la rentabilidad de la empresa. El scrap representa una pérdida económica directa al desperdiciar materiales que podrían convertirse en productos vendibles. Además, su manejo requiere recursos adicionales, como tiempo y mano de obra, lo que impacta negativamente en los costos operativos. Por lo tanto, minimizar el scrap no solo aumentará la rentabilidad de la empresa, sino que también optimizará la utilización de recursos y mejorará su competitividad en el mercado cosmético.

La reducción del scrap también es crucial para garantizar la calidad del producto final y la satisfacción del cliente. Los productos cosméticos requieren una presentación impecable, y cualquier defecto en el envasado puede afectar la percepción del cliente sobre la calidad del producto. Al minimizar el scrap en el área de colapsibles, PREBEL S.A. BIC podrá ofrecer productos de mayor calidad, lo que fortalecerá su competitividad en el mercado y aumentará la fidelidad de los clientes.

Además de los beneficios económicos y de calidad, la reducción del scrap en el área de colapsibles contribuirá a mejorar la sostenibilidad ambiental de PREBEL S.A. BIC. Al reducir la cantidad de residuos generados durante el proceso de producción, la empresa podrá minimizar su impacto ambiental y cumplir con las expectativas cada vez mayores de los consumidores en materia de responsabilidad ambiental. En resumen, la reducción del scrap en el área de colapsibles no solo beneficiará a PREBEL S.A. BIC en términos económicos y de calidad, sino que también fortalecerá su compromiso con la sostenibilidad ambiental.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Proponer una posible mejora a la eficiencia de la planta de envasado de Prebel mediante la reducción del scrap en el área de colapsibles.

3.2 Objetivos específicos

1. Identificar las causas principales del scrap en la planta de envasado en el área de colapsibles.
2. Desarrollar y proponer estrategias efectivas para reducir el porcentaje de scrap.
3. Caracterizar las etapas del proceso y el scrap que aporta cada etapa.
4. Estimar el alcance del proyecto en términos económicos

4 Marco teórico

4.1. Definición de Scrap en el Contexto Industrial

El scrap, en el contexto industrial, se refiere a los materiales o productos que no cumplen con los estándares de calidad o especificaciones requeridas y, por lo tanto, no pueden ser utilizados como productos finales. Puede manifestarse en forma de envases defectuosos, errores de impresión o etiquetado, contaminación del producto y desperdicio de materiales. Estos materiales pueden ser defectuosos debido a errores de fabricación, problemas de diseño, daños durante el transporte o almacenamiento, material restante contenido en equipos, entre otros (Yam, 2010). El scrap representa una pérdida de recursos y dinero para la empresa, ya que los materiales que no se convierten en producto terminado requieren tiempo y recursos para su eliminación adecuada. Además, el scrap también puede afectar negativamente la eficiencia operativa al interrumpir el flujo de producción y aumentar los costos de producción. Reducir el scrap en el envasado es fundamental para mejorar la eficiencia, reducir costos y mantener la calidad del producto final (Soroka, 2009).

4.2. Proceso de Envasado en la Industria Cosmética y en PREBEL

El proceso de envasado en la industria cosmética es una parte fundamental de la cadena de producción, ya que asegura que los productos cosméticos lleguen al consumidor final en condiciones óptimas. Este proceso involucra varias etapas, que pueden incluir la selección y preparación del envase, el llenado del producto, el sellado, el etiquetado y el embalaje final. Cada una de estas etapas debe llevarse a cabo con precisión y atención a los detalles para garantizar la calidad y la integridad del producto final. El envasado de productos cosméticos también puede implicar el uso de envases especiales, como los colapsibles, como lo muestra en la imagen 1.

Son estos tipos de tubos plásticos o de metal, que al usarse pueden plegarse totalmente cuando está vacío permitiendo disponer de todo el material contenido en su interior (Johnson & Brown, 2019); además, deben ser manipulados y ensamblados correctamente para evitar desperdicios y garantizar la eficiencia del proceso. Los colapsibles son recipientes diseñados para maximizar la eficiencia en el almacenamiento y transporte de productos. Estos envases están fabricados con materiales flexibles que les permiten plegarse o contraerse cuando están vacíos, reduciendo así su volumen y ocupando menos espacio (Johnson & Brown, 2019). Cuando se llenan con productos, los colapsibles se expanden para contener y proteger los artículos durante su

manipulación, almacenamiento y transporte. Esta versatilidad los hace ampliamente utilizados en diversas industrias, como la logística, la alimentaria, la automotriz, la cosmética y la farmacéutica.

Imagen 1. *Material de empaque colapsible.*



Las principales ventajas de los colapsibles son (García & Rodríguez, 2018):

- **Optimización del espacio:** Los colapsibles permiten aprovechar al máximo el espacio disponible tanto en almacenes como en vehículos de transporte, reduciendo los costos asociados con el almacenamiento y la distribución.
- **Reducción de costos:** Al ocupar menos espacio, los colapsibles pueden reducir los gastos de transporte, manipulación y almacenamiento, lo que resulta en ahorros significativos para las empresas.
- **Mayor protección de productos:** Los colapsibles protegen los productos durante el transporte al proporcionar una barrera física que minimiza el riesgo de daños, roturas o derrames.
- **Sostenibilidad:** Al ser reutilizables y reciclables, los colapsibles contribuyen a la reducción de residuos y al cumplimiento de objetivos ambientales.

4.3. Causas del scrap en el área de colapsibles:

Las causas del alto porcentaje de scrap en el área de colapsibles pueden variar, pero algunas de las posibles razones incluyen defectos en el diseño del envase, problemas durante la fabricación o manipulación, daños durante el transporte o almacenamiento, y errores humanos durante el ensamblaje o llenado del producto. Los colapsibles son envases delicados que requieren un manejo cuidadoso y una atención especial para evitar desperdicios y asegurar su funcionamiento correcto. Identificar las causas específicas del scrap en esta área es crucial para desarrollar estrategias efectivas de reducción (PREBEL S.A BIC., 2022).

4.4. Etapas en el desarrollo de un proyecto:

En el desarrollo de la metodología para el proyecto se debe intervenir conceptos que se establecen como fundamentales para entender la propuesta debido a su frecuencia (Jaramillo s.f):

- **Definir**

- a) **Definir el problema/ seleccionar el proyecto:** Describir el efecto provocado por una situación adversa, o el proyecto de mejora que se desea realizar, con la finalidad de entender la situación actual y definir objetivos.

- **Medir**

- a) **Definir y describir el proceso:** Definir los elementos del proceso, sus paso, entradas, salidas y características.

- b) Evaluar sistemas de medición por medio de estudios de rentabilidad, reproducibilidad, linealidad, exactitud y estabilidad.

- **Analizar**

- a) **Determinar las variables significativas:** Las variables definidas del proceso deben ser confirmadas por medio de diseño de experimentos y/o estudios multivariable, para medir la contribución de esos factores en la variación del proceso. Las pruebas de hipótesis e intervalos de confianza también son útiles para el análisis del proceso.

- b) **Evaluar la estabilidad y capacidad del proceso:** Determinar la habilidad del proceso para producir dentro de especificaciones por medio de estudios de capacidad largos y cortos, a la vez que se evalúa la fracción defectuosa.

- **Mejorar**

- a) Optimizar y robustecer el proceso. Si el proceso no es capaz, se deberá optimizar para reducir su variación. Se recomienda usar diseño de experimentos, análisis de regresión y superficies de respuesta.

- b) Validar la mejora. Realizar estudios de capacidad.

Controlar

- a) Controlar y dar seguimiento al proceso. Monitorear y mantener en control al proceso.

- b) Mejorar continuamente. Una vez que el proceso es capaz, se deberán buscar mejores condiciones de operación, materiales, procedimientos, etc., que conduzcan a un mejor desempeño del proceso.

5 Metodología

El proceso de envasado es una parte crítica de la cadena de producción en diversas industrias, desde alimentos y bebidas hasta productos farmacéuticos y cosméticos. Implica la preparación y protección de productos para su almacenamiento, transporte y venta al consumidor final. Durante este proceso, se utilizan una variedad de técnicas y equipos para llenar, sellar, etiquetar y embalar productos de manera eficiente y segura. En la empresa PREBEL S.A se evalúa constantemente las áreas de producción de la planta de envasado, por lo cual resultan oportunidades de mejora para los procesos productivos, y como resultados de éstas se evidencia un factor importante y es la generación de scrap en el proceso de envasado.

La principal área identificada para el desarrollo de este proyecto es el de colapsibles; el enfoque que se utilizó para abordar esta propuesta fue el siguiente:

5.1. Gestión de la Calidad Total (TQM): La TQM se centra en la mejora continua de los procesos para satisfacer o exceder las expectativas del cliente. Esto implica la identificación y eliminación de desperdicios y defectos en todas las etapas de producción, incluyendo el envasado (Oakland, 2003).

5.2. Análisis de Pareto: El principio de Pareto establece que el 80% de los problemas provienen del 20% de las causas (Juran, 1998). Aplicar este análisis puede ayudar a identificar los principales factores que contribuyen al scrap en el área de envasado, permitiendo priorizar acciones correctivas.

5.3. Diagrama de Ishikawa (Espina de Pescado): También conocido como diagrama de causa y efecto, este enfoque ayuda a visualizar las posibles causas de un problema y a identificar sus interrelaciones (Ishikawa, 1986). Al aplicar el diagrama de Ishikawa, es posible identificar factores como la mano de obra, los métodos, la maquinaria, el medio ambiente, los materiales y las medidas de control, que pueden estar contribuyendo al aumento del scrap en el área de envasado.

5.4. Estrategias de mejora continua: Se consideraron enfoques como el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) (Goetsch & Davis, 2012) y la metodología Six Sigma para implementar mejoras graduales y sostenibles en los procesos de envasado (Harry & Schroeder, 2006).

5.5. Capacitación del personal: Proporcionar capacitación adecuada al personal involucrado en el manejo y ensamblaje de los colapsibles para evitar errores y mejorar la eficiencia.

5.6. Control de calidad: Implementar medidas de control de calidad e inspección en cada etapa del proceso para identificar y corregir problemas de manera oportuna.

5.7. Caracterización de etapas del proceso y scrap asociado:

Para reducir el scrap en el área de colapsibles, es importante caracterizar cada etapa del proceso de envasado, la selección y preparación del envase, el llenado del producto, el sellado, el etiquetado y el embalaje final y cuantificar el scrap generado en cada una de ellas. Esto puede implicar la realización de análisis detallados de las operaciones involucradas, la identificación de puntos críticos donde se generan los mayores desperdicios, y la implementación de medidas correctivas para abordar estos problemas de manera efectiva.

La metodología propuesta en este proyecto se dividió en las siguientes fases:

5.7.1 Análisis de Causas Raíz: Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los procesos de envasado para identificar las causas principales del scrap. Esto incluyó la revisión de datos históricos, la observación directa de los procesos y la recopilación de retroalimentación del personal involucrado.

- **Caracterización del proceso:** Esta actividad implica identificar y comprender las etapas del proceso de producción, así como los puntos específicos donde se genera el scrap. Se buscó entender las condiciones fisicoquímicas, el procedimiento de la producción del material a granel y cómo estas afectan la generación de scrap.
- **Muestreo estadístico por etapa:** Se llevó a cabo un muestreo en cada etapa del proceso para obtener una visión precisa de la incidencia del scrap. Esto permitió identificar patrones y áreas críticas que requerían atención, por medio del acompañamiento y supervisión de los procesos de envasado y los valores reales reportados en cada producción.
- **Definición de puntos críticos por tipo de material:** Se definieron los puntos críticos en el proceso para cada tipo de material utilizado, identificando áreas específicas que son foco de generación de scrap. Esto permitió priorizar acciones correctivas y estrategias de reducción.

5.7.2 Diseño e Implementación de soluciones: Basándose en los resultados del análisis de causas raíz, se desarrollaron e implementaron medidas correctivas y preventivas. Estas pudieron incluir la mejora de los procedimientos de control de calidad (Soroka, 2009), la capacitación

del personal, la optimización de la maquinaria y la revisión de los proveedores de materias primas.

- **Implementación y pruebas de medidas de reducción:** Se implementaron medidas y pruebas para reducir el scrap en los puntos críticos identificados. Esto incluyó ajustes en los procesos, cambios en los materiales y mejoras en la capacitación del personal.
- **Análisis de resultados:** Se analizaron los resultados de las pruebas de reducción para evaluar su eficacia. Se compararon los datos antes y después de la implementación de las medidas para determinar el impacto real en la reducción del scrap.

5.7.3 Seguimiento y evaluación: Se establecieron indicadores clave de rendimiento para monitorear el impacto de las intervenciones. Esto permitió realizar ajustes según fuera necesario y garantizar la mejora continua de los procesos de envasado. Además, se realizaron auditorías periódicas para evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad y la eficacia de las medidas implementadas.

- **Consolidación de propuestas para la empresa:** Se consolidaron todas las acciones, resultados y recomendaciones en una propuesta final para la empresa. Esta propuesta incluyó estrategias a largo plazo para mantener la reducción del scrap y mejorar la operación del proceso de producción.

5.7.4 Documentación y Difusión de Resultados: Se documentaron todos los pasos del proceso de mejora, así como los resultados. Esta información se compartió con todo el personal relevante para fomentar la transparencia y el compromiso con la calidad.

5.8. Selección de estrategias

Con base en los resultados del análisis de causa raíz, se seleccionaron varias estrategias para reducir el scrap. Estas estrategias se centraron en cuatro áreas principales:

- **Optimización de parámetros de maquinaria:** Ajustar y calibrar los equipos de producción para garantizar que operaran dentro de los parámetros óptimos recomendados por los fabricantes.

- **Capacitación del personal:** Desarrollar programas de formación continua para el personal operativo, enfocados en el manejo adecuado de los equipos y en las mejores prácticas de manufactura.
- **Implementación de controles de calidad en tiempo real:** Introducir sistemas de monitoreo y control que permitan la detección y corrección inmediata de desviaciones en el proceso.
- **Mantenimiento preventivo y predictivo de equipos:** Establecer un programa de mantenimiento que anticipe y prevenga fallas en los equipos antes de que ocurran, reduciendo así el tiempo de inactividad y las reparaciones costosas.

5.9. Implementación del Plan de Mejora

Para la implementación de las estrategias seleccionadas, se diseñó un plan de acción detallado que incluyó:

- **Cronograma de actividades:** Un calendario que especifica las etapas y los plazos de cada acción a realizar.
- **Asignación de recursos y responsabilidades:** Definición de los recursos necesarios (humanos, técnicos y financieros) y de las responsabilidades de cada miembro del equipo en la ejecución del plan.
- **Establecimiento de indicadores de desempeño (KPIs):** Identificación de métricas clave para medir el éxito de las mejoras, tales como el porcentaje de scrap, la eficiencia del proceso y el tiempo de inactividad de los equipos.
- **Plan de comunicación y formación del personal:** Estrategias de comunicación interna para mantener al personal informado y comprometido con el proceso de mejora continua, así como programas de capacitación específicos para asegurar la correcta implementación de las mejoras.

5.10. Evaluación de resultados

Para asegurar la efectividad y sostenibilidad de las mejoras implementadas, se establecieron métricas específicas y se realizó un seguimiento continuo de los resultados. Las principales métricas incluyeron:

- **Porcentaje de scrap:** Medición continua del porcentaje de scrap antes y después de la implementación de las mejoras.

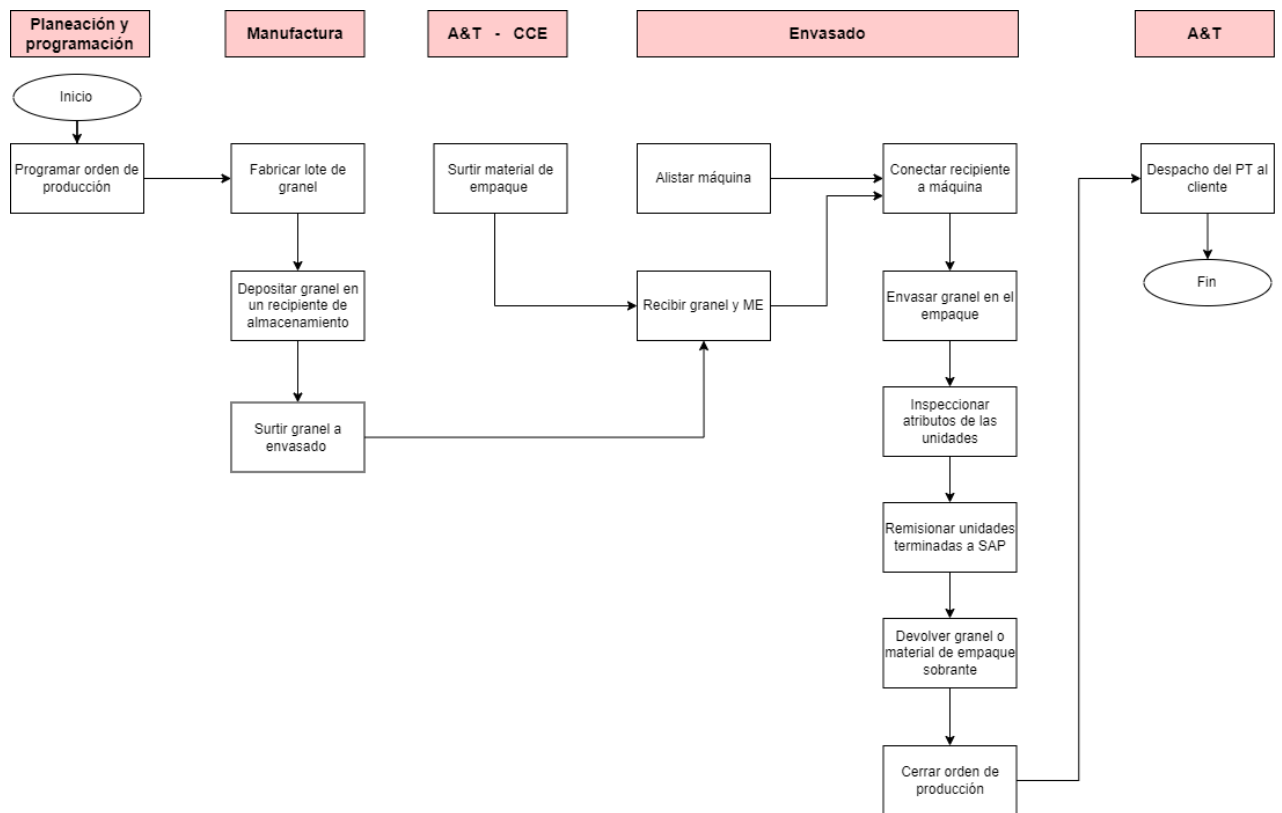
- **Costos asociados:** Análisis de los costos relacionados con el scrap y el mantenimiento, comparando los costos antes y después de las mejoras.

6 Resultados

Para efectos de este informe final como producto de las practicas académicas, debido a temas de información y data confidencial de la empresa se realiza un cambio a nombres de variables, clientes y montos que son estrictamente confidenciales y por lo cual no se podrán revelar de forma pública, la información que se presenta es la adecuada y necesaria para desarrollar el contenido del informe.

Se realizó un análisis de etapas de proceso de envasado en toda línea de producción desde la planeación hasta el producto terminado identificando cada paso de la cadena en un mapa del proceso a nivel macro como se observa en la Figura 1, donde se puede tener un punto más amplio para realizar un estudio del scrap asociado presente.

Figura 1 Mapa del proceso a nivel macro del área de colapsibles. (Elaboración propia)



Además, se tomó como referencia la planta de envasado y se analizaron las áreas para determinar cómo se comporta el porcentaje de scrap desde cada proceso, para esto se realizó un

análisis de Pareto de las áreas de la planta, recopilando los datos históricos del scrap por medio de las bases de datos de la empresa como se muestran en las figuras (2-5).

Figura 2 Diagrama de Pareto kg de scrap en las áreas en el 2023

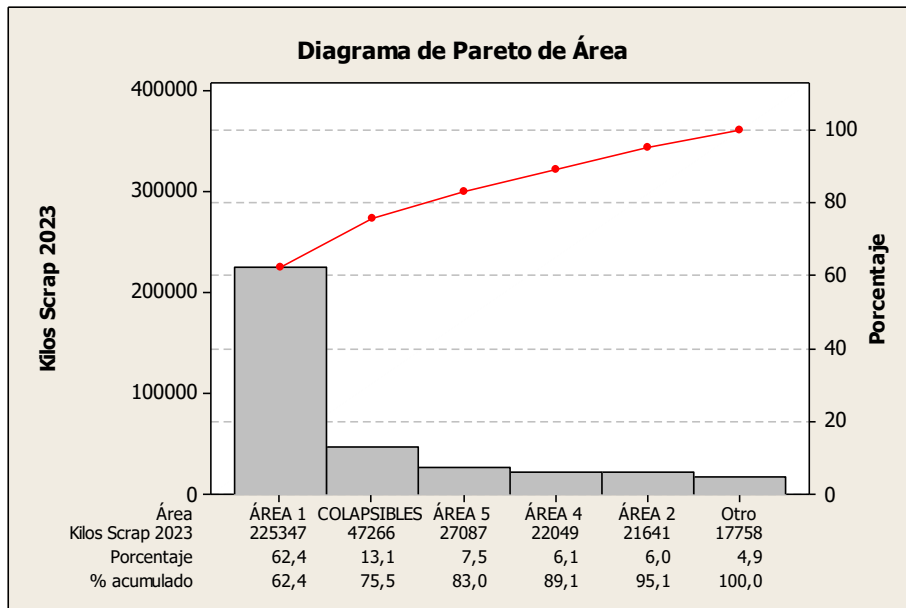


Figura 3 Diagrama de Pareto % de scrap en las áreas en el 2023

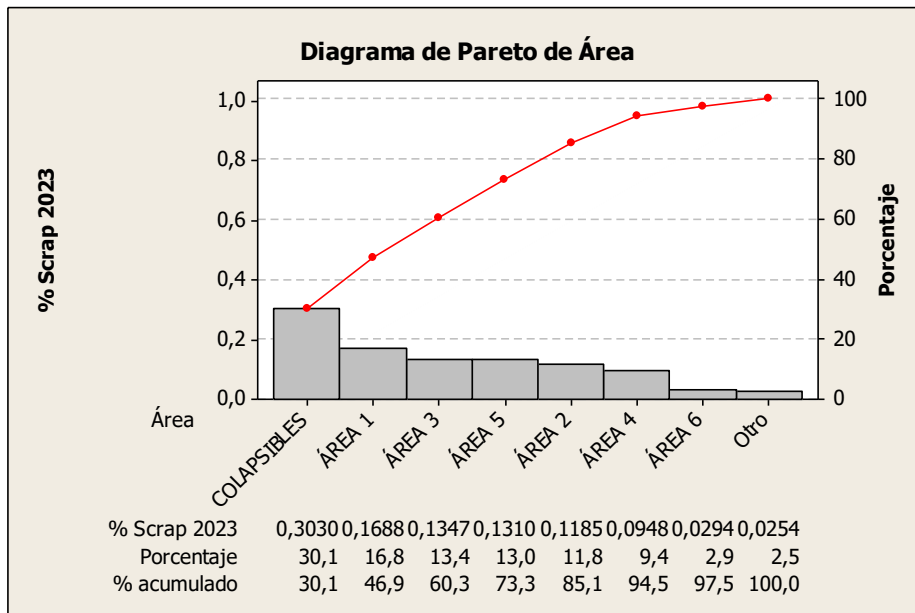


Figura 4 Diagrama de Pareto kg de scrap en las áreas en el 2024

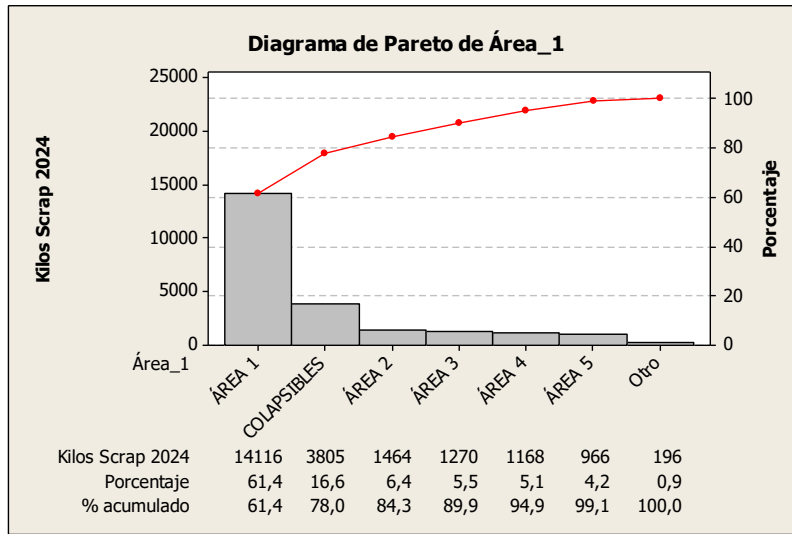
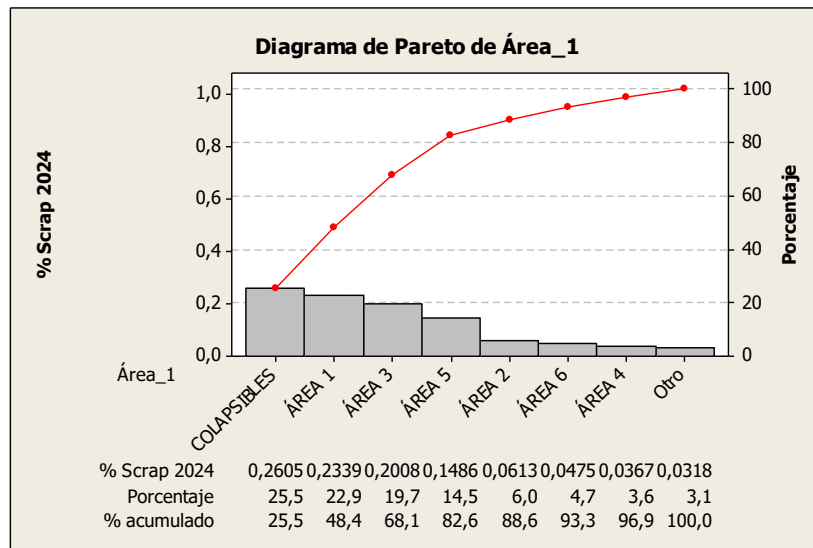
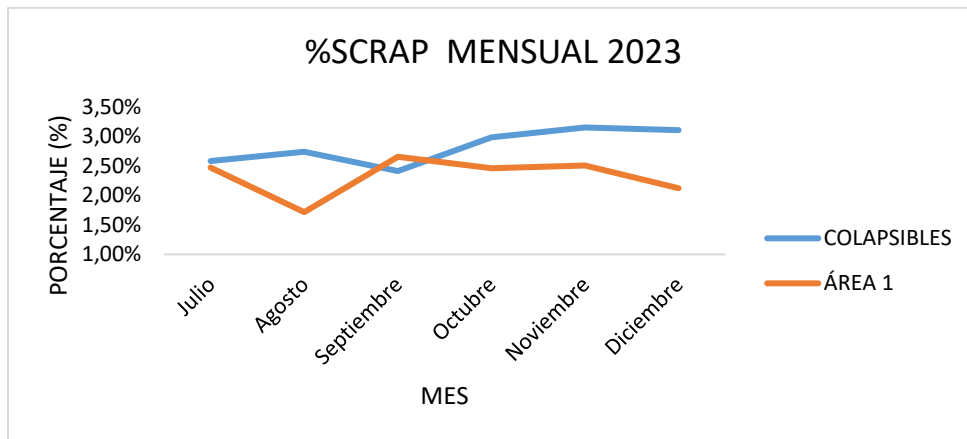


Figura 5 Diagrama de Pareto % de scrap en las áreas en el 2024



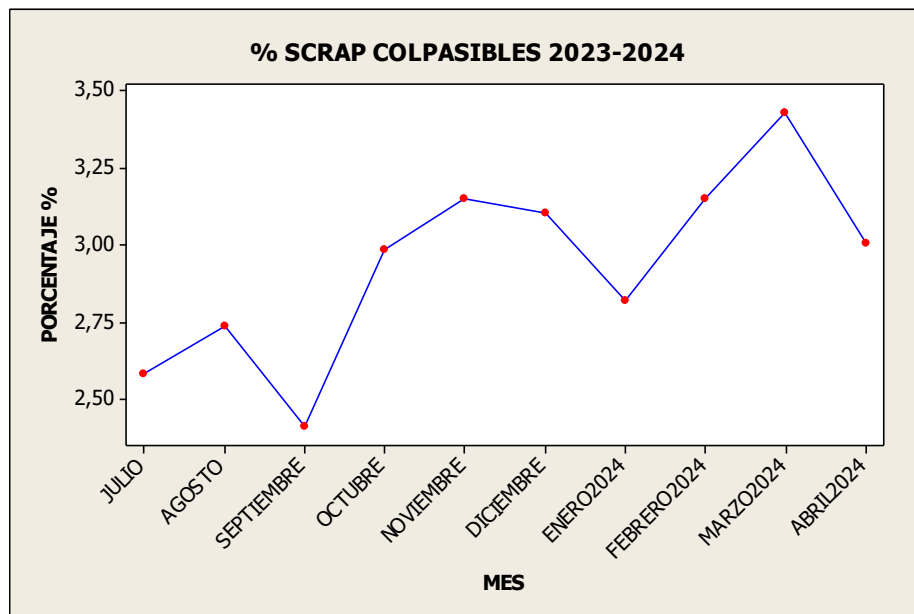
Desde el segundo semestre del año 2023 el scrap de algunos clientes se ha comportado de forma ascendente como podemos observar en la figura 6. Se estima que el costo del scrap en el área de colapsibles en el 2023 representó un 30% en pérdidas por scrap en la economía en la planta de envasado. Con este proyecto se buscó identificar y encontrar posibles alternativas a las medidas de control para minimizar o reducir la pérdida a través de la implementación de nuevas propuestas.

Figura 6 Tendencia del % de scrap en el segundo semestre del 2023.



Realizado en análisis histórico y comparado con los primeros cuatro meses del 2024 se observó que esta tendencia del % de scrap generado va aumentando con el tiempo como se observa en la gráfica 7, por lo cual genera una tendencia creciente en la información.

Figura 7 Tendencia del % de scrap en el segundo semestre del 2023 y primeros cuatro meses del 2024.



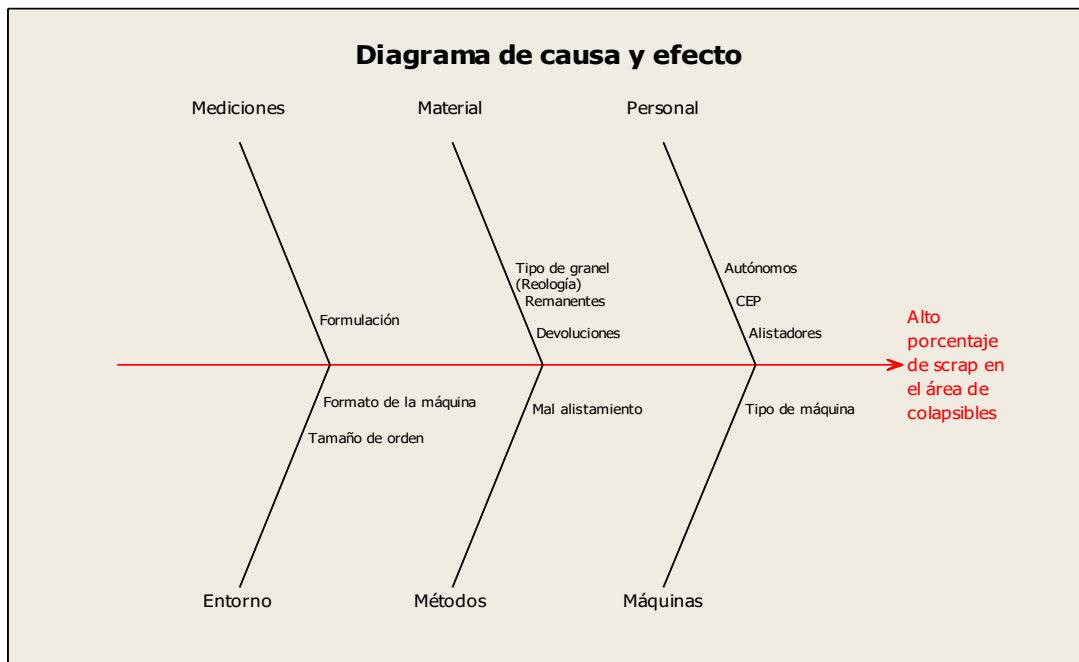
A partir del mapa del proceso de la Figura 1 y un análisis a las estadísticas históricas de scrap en las Figuras 6 y 7 se puede establecer que el área de colapsibles es un punto clave para el proyecto, y se procede a realizar un seguimiento a cada etapa. Se puede realizar un planteamiento de causa raíz para la generación de scrap como se plantea en la Tabla 1 cada etapa del proceso e

identificar cual es principal problema para la generación de scrap en el proceso productivo. Toda la información de la Tabla 1 se reduce al diagrama de Ishikawa (Espina de Pescado) que se presenta en la figura 8.

Tabla 1 Resultados del seguimiento y análisis del mapa del proceso.

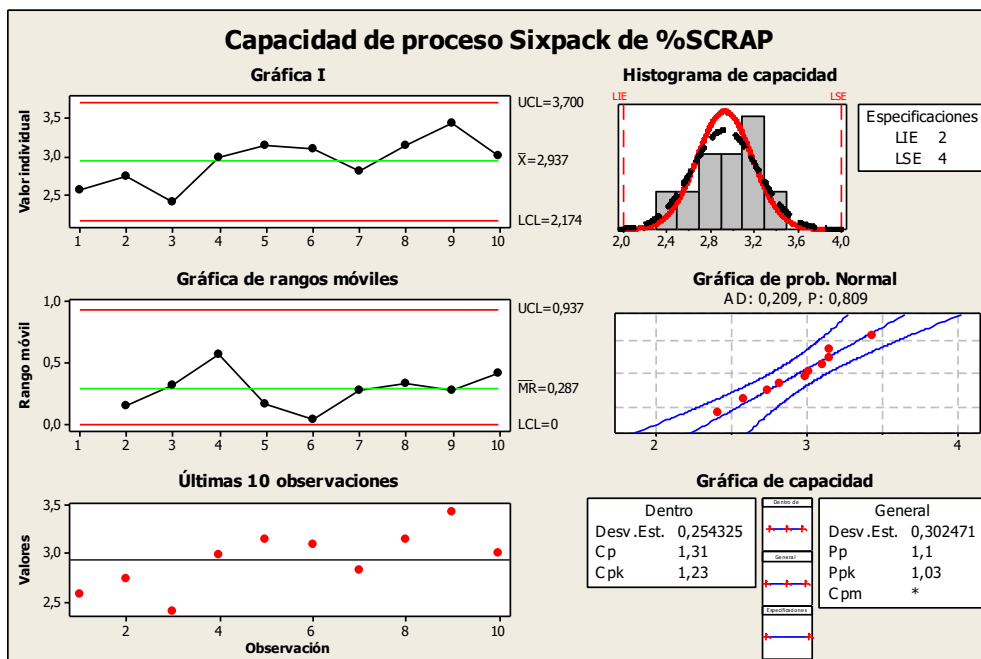
Causa raíz	Etapas del proceso	Problema / Descripción
Tipo de recipiente	Almacenamiento de granel	En el área de colapsibles el granel se guarda en tanques móviles o canecas.
Rechazos	Proceso de envasado	Se rechaza el granel envasado debido a problemas como bajo peso, filtración, productos quemados, torcidos, etc.
Sobre adición	Proceso de envasado	Se añade más granel del necesario durante el proceso de llenado.
Tipo de granel (Reología)	Proceso de envasado	Se envasan diversos tipos de productos en el área de colapsibles, como cremas, geles, mascarillas, jabones, etc.
Formulación	Proceso de envasado	La cantidad de granel se calcula según los estándares del producto y su densidad, pero a veces se formula incorrectamente o la densidad cambia con el tiempo.
Tamaño de orden	Planificación de producción	El tamaño de la orden puede afectar el porcentaje de granel desechado, ya que se calcula en base a la cantidad de unidades envasadas.
Remanentes	Proceso de envasado	Al finalizar la producción, queda granel sobrante en las máquinas, tanques y bolsas de las canecas.
Mal alistamiento	Preparación de máquinas	Un ajuste incorrecto puede resultar en errores durante el proceso de envasado.
No devoluciones	Devolución de granel	La falta de devolución de granel puede afectar los registros de producción.
Tipo de máquina	Preparación de máquinas	Se utilizan diferentes tipos de máquinas en el área de colapsibles
Formato de máquina	Preparación de máquinas	Cada máquina tiene configuraciones específicas para diferentes tipos de productos.

Figura 8 Diagrama causa y efecto del alto porcentaje de scrap en el área de colapsibles.



Una vez analizado el panorama de las causas y raíz del alto porcentaje de scrap en esta área de envasado se realiza un análisis más directo a ciertas causas de las cuales se sabe que tiene mayor influencia en el resultado. Se inicia analizando la capacidad del proceso de envasado en esta área de colapsibles en la figura 9 en función de los kilogramos de scrap presentados en las órdenes de producción como data histórica de la compañía.

Figura 9 Análisis de capacidad de procesos del porcentaje de scrap en el área de colapsibles



Se analiza el tamaño de orden como de los factores que afecta al scrap en esta área. El tamaño de orden en la producción se refiere a esa cantidad de unidades o volumen de material que se produce en un solo lote o ciclo de producción. Este tamaño puede variar significativamente de acuerdo con la demanda, la capacidad de producción y las políticas de inventarios de la empresa. De la figura 10 se analiza los kg scrap vs los kg de material surtido para las órdenes obteniéndose la correlación de que, a mayor tamaño de producción, mayor cantidad de scrap. la figura 11 muestra que, mientras el tamaño de la orden sea más grande, el porcentaje de scrap con relación al total de material surtido no representa una gran cantidad. Esto se debe a que el scrap asociado al proceso es estándar; es decir, hay una cantidad mínima de residuos que se genera independientemente del tamaño del lote. Las variaciones en el porcentaje de scrap en lotes más grandes tienden a ser menores, ya que el scrap se diluye sobre una mayor cantidad de material procesado, y las fluctuaciones son causadas más por otros factores como la eficiencia operativa, la calidad de las unidades rechazadas y el control de calidad del proceso.

Figura 10 Análisis de kg de scrap vs kg de material entregado a las órdenes

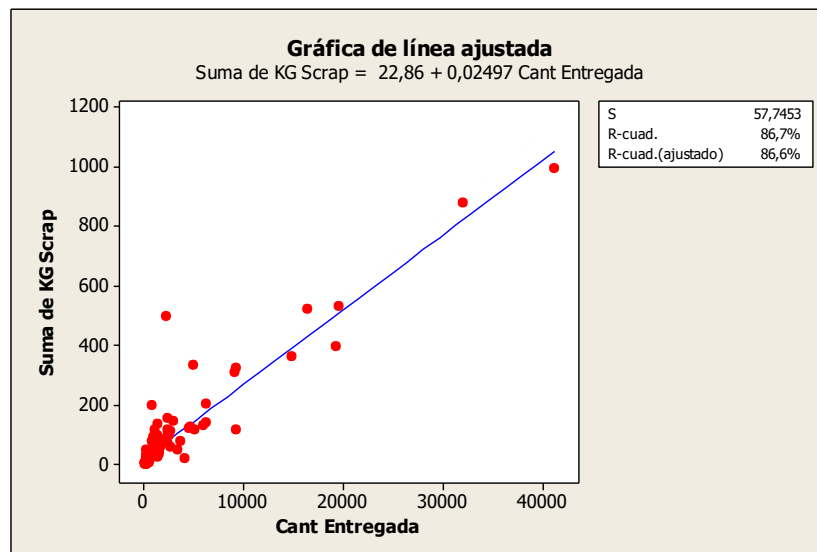
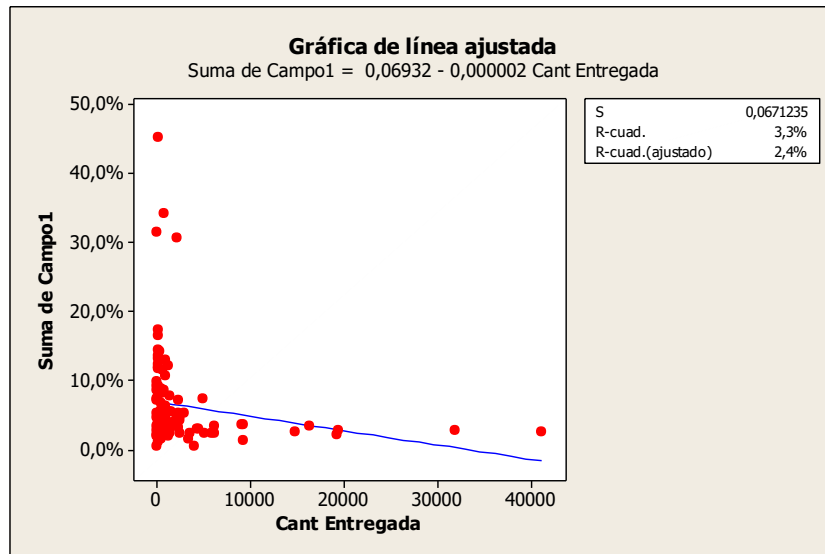


Figura 11 Análisis de % de scrap vs kg de material entregado a las órdenes



También se realizó un análisis de órdenes de acuerdo con los clientes y cuál es su nivel de scrap según sus productos, de acuerdo a las características de producción; para esto se revisó el histórico del 2023 y las órdenes del año actual y se comparó cual cliente tienen mayor incidencia el porcentaje de scrap, como alternativa para estudiar a profundidad que es lo que más afecta al cliente.

Figura 12 Análisis de % de scrap para clientes de la compañía en el 2023

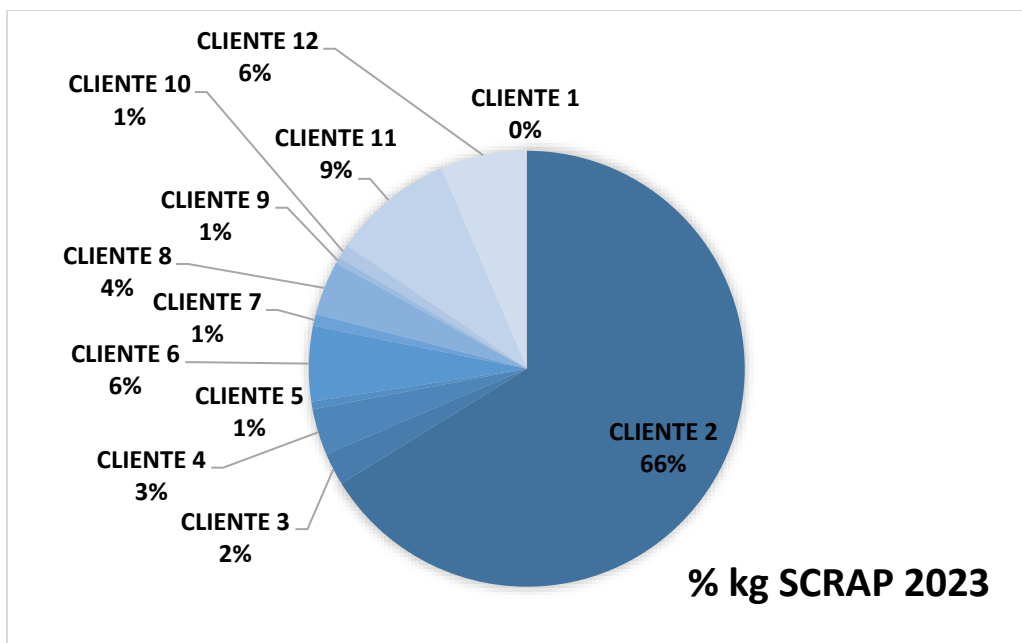
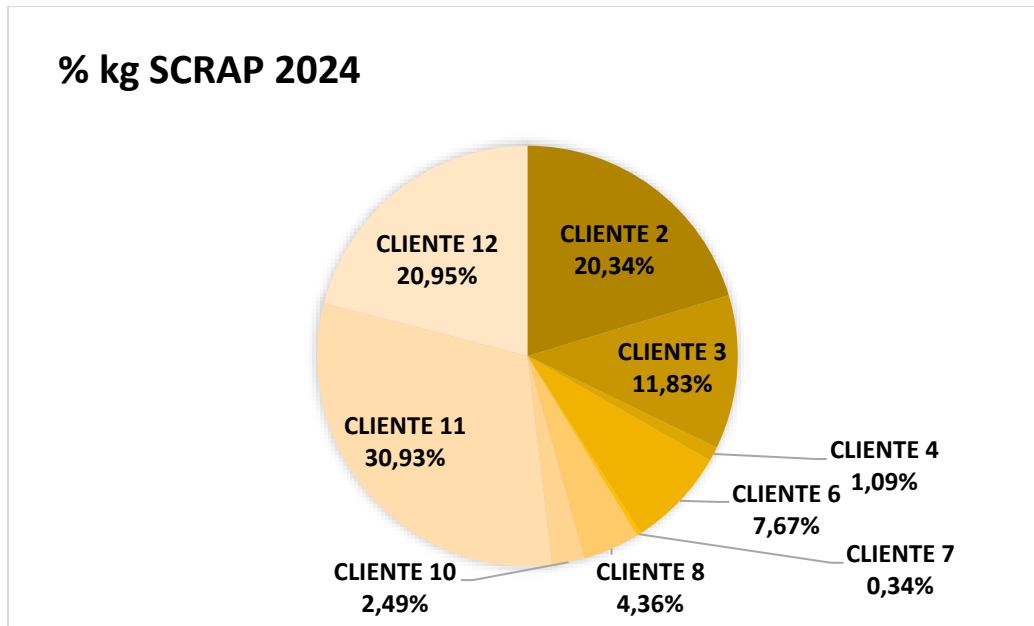


Figura 13 Análisis de % de scrap para clientes de la compañía en el 2024



Identificación de causas

El análisis de causa raíz reveló que las principales fuentes de scrap en el área de colapsibles incluían:

- **Parámetros de operación inadecuados en las máquinas de llenado y sellado:** Se detectaron inconsistencias en la configuración de los equipos, lo que resultaba en productos defectuosos.
- **Mantenimiento reactivo en lugar de preventivo:** La falta de un programa estructurado de mantenimiento preventivo provocaba que los problemas se resolvieran de manera reactiva, incrementando el tiempo de inactividad y los costos.

Propuesta para implementación de estrategias

- **Optimización de parámetros de maquinaria:** Se propone llevar a cabo ajustes en los parámetros de operación de las máquinas para diferentes formatos y referencias de producción, basados en recomendaciones de los fabricantes y en pruebas internas. Esto incluyó la calibración de las máquinas de llenado y sellado para asegurar una operación más precisa y consistente.
- **Revisión y ajuste de parámetros:** Revisar y ajustar los parámetros de temperatura, presión y velocidad en las máquinas de llenado y sellado.

- **Implementación de procedimientos estándar de operación (SOP):** Desarrollar y documentar procedimientos estándar de operación para asegurar la consistencia en el uso de los equipos.
- **Monitoreo y actualización continua:** Establecer un sistema de monitoreo continuo para verificar y ajustar los parámetros en tiempo real, asegurando que los equipos operen siempre dentro de los rangos óptimos, para esta propuesta se diseñaron tres formatos que se encuentran en la sección de Anexos B.
- **Capacitación del personal:** Implementar un programa de capacitación intensiva para los operarios, enfocándose en el correcto uso de los equipos y en prácticas de mejora continua. Las acciones específicas incluyeron:
 - **Desarrollo de programas de formación:** Desarrollar programas de formación teóricos y prácticos, cubriendo todos los aspectos relevantes del manejo de equipos y procesos.
 - **Sesiones de capacitación:** Organizar sesiones de capacitación periódicas para asegurar que todos los operarios estén actualizados con las mejores prácticas y procedimientos.

Como recomendación a estos procesos se establecen unos formatos que se encuentran en el Anexo B, que serían una base para la implementar estas estrategias para la minimización de errores por parte de alistamiento de equipo y procedimientos preventivos.

Mantenimiento Preventivo y Predictivo de Equipos

Se sugiere un sistema de mantenimiento preventivo y predictivo que reduce significativamente las fallas inesperadas y el tiempo de inactividad.

Evaluación de Impacto

A) Porcentaje de Scrap

El porcentaje de scrap se puede reducirse notablemente después de la implementación de las estrategias.

Análisis de promedio de % scrap

La tabla 2 presenta el promedio de porcentaje de scrap para los mismos meses:

Tabla 2 Análisis de promedio de % scrap en el 2024

Etiquetas de fila	Promedio de % scrap
FEBRERO	2,82%
MARZO	4,26%
ABRIL	3,77%

El promedio mensual de scrap varía considerablemente, con marzo mostrando un porcentaje significativamente más alto que los otros meses, lo que sugiere un aumento en la tendencia particular durante ese mes que incrementó el porcentaje de scrap, y con estos datos se establece que el porcentaje de scrap es de 3.6% mensual en lo que va del año 2024.

Análisis de valores totales de scrap

En la tabla 3, se presenta la suma del valor total de scrap para los meses de febrero, marzo y abril del 2024:

Tabla 3 Análisis de valores totales del scrap en el 2024

Etiquetas de fila	valor del Scrap [COP]
FEBRERO	\$ 220.773.802
MARZO	\$ 228.050.609
ABRIL	\$ 226.350.260

Estos valores muestran el costo total del scrap producido en cada mes. Marzo presenta el mayor costo de scrap, seguido de abril y febrero.

Análisis Comparativo y Proyección de Ahorros

Como se muestra en la tabla 4, se detallan los costos y proyecciones de ahorro:

Tabla 4 Proyección de ahorros

	%Scrap	Costo Scrap [COP]
Promedio	3,6%	\$ 225.058.224
Mejor comportamiento	2,8%	\$ 190.392.242
Meta	3,1%	\$ 34.665.982
Ahorro Mensual	15,40%	\$ 34.665.982
Ahorro anual	\$	415.991.779

El análisis muestra que si se logra reducir el porcentaje de scrap según las propuestas de implementación de la metodología de mejora continua y Six Sigma comparado al nivel del mejor comportamiento observado (2.8%) (Goetsch & Davis, 2012), se establece que se puede reducir el 70% de la diferencia del promedio (3,6%) y el nivel del mejor comportamiento (Harry & Schroeder, 2006), se obtendría una disminución al 3,1 % de scrap y por consiguiente un ahorro mensual significativo de \$34,665,982 COP, lo que equivale a un 15,40% de ahorro, generando anualmente un ahorro de \$415,991,779 COP.

7 Discusión

La implementación de una estrategia integral para reducir el porcentaje de scrap en el área de colapsables de la planta de envasado de PREBEL S.A. puede ser altamente efectiva, resultando en mejoras significativas tanto en la eficiencia operativa como en la reducción de costos. Esta sección analiza los resultados y destaca los elementos clave que contribuyeron al éxito de la iniciativa.

En primer lugar, el análisis de causa raíz de la Tabla 1 jugó un papel crucial en la identificación de las principales fuentes de scrap. Utilizando herramientas como el análisis de Pareto y el diagrama de Ishikawa (Figura 8), se pudo desglosar y clasificar los problemas más críticos que afectaban el proceso de envasado. Este enfoque sistemático permitió una comprensión profunda de los factores que contribuían al desperdicio de material y proporcionó una base sólida para desarrollar soluciones específicas. Por ejemplo, se descubrió que ciertos parámetros de la maquinaria no estaban optimizados, lo que provocaba variaciones en la calidad del producto final y un aumento del scrap. Asimismo, se identificó que la falta de capacitación del personal nuevo en el manejo adecuado de la maquinaria y en los procedimientos de calidad contribuía significativamente a los altos niveles de scrap.

La capacitación del personal es uno de los pilares fundamentales para la reducción del scrap. Al proporcionar formación continua y específica, los operarios adquirieron un mejor entendimiento de los procesos y de cómo manejar la maquinaria de manera eficiente. Esta capacitación no solo mejora la destreza técnica del personal, sino que también fomenta una cultura de calidad y responsabilidad. Los operarios, al estar más capacitados, pueden identificar y corregir

problemas menores antes de que se convirtieran en causas significativas de scrap, lo que resultó en una mejora sustancial en la eficiencia del proceso de envasado

Otro componente crítico es la optimización de los parámetros de la maquinaria. Ajustes precisos en las configuraciones de las máquinas aseguraran que estas operen dentro de las especificaciones ideales, reduciendo así la variabilidad del proceso y el scrap asociado. La implementación de controles de calidad en tiempo real permite la detección inmediata de desviaciones en el proceso, facilitando intervenciones rápidas y efectivas. Estos controles en tiempo real están complementados por un riguroso programa de mantenimiento preventivo y predictivo. Al anticipar y abordar problemas potenciales antes de que afectaran la producción, y se mantiene la maquinaria en condiciones óptimas de funcionamiento.

Se puede evidenciar que determinados clientes y referencias presentan un aumento del scrap, por lo que es necesario realizar un análisis más exhaustivo con análisis de reología que permitan ser más concluyente de los factores que más afectan, además, el tamaño de la orden como factor primario para establecer un scrap mínimo tiene mucha importancia al realizar un proceso de producción, por lo que es un punto notable en la programación de órdenes.

Los resultados muestran los porcentajes significativos de scrap en una planta de envasado. Dado que el tiempo del desarrollo de las prácticas académicas es corto, estas propuestas son un paso para analizar scrap e identificar los principales factores y una implementación de estas acciones lograría reducir estos porcentajes que se traduce directamente en una disminución de los costos asociados. La optimización de los procesos no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también permite una utilización más eficiente de las materias primas, reduciendo el desperdicio y mejorando la rentabilidad de la planta. Adicionalmente, el enfoque integral fortalece la sostenibilidad ambiental de la empresa, al minimizar la generación de residuos y mejorar la eficiencia en el uso de recursos.

El diagrama de Pareto para el año 2023, Figura 2, muestra la distribución del scrap en kilogramos a lo largo de diferentes áreas de la planta, la gráfica sigue el principio de Pareto, que sugiere que una pequeña cantidad de causas (20%) es responsable de la mayoría del efecto (80% del scrap). Se puede observar que unas pocas áreas generan la mayor parte del scrap, indicando puntos críticos donde se debe enfocar la mejora. Este análisis es crucial para priorizar las intervenciones. Al identificar las áreas que más contribuyen al scrap, se pueden dirigir los recursos y esfuerzos de manera más efectiva.

El Diagrama de Pareto de la Figura 3 muestra el porcentaje de scrap generado por cada área; con los datos en porcentaje, se puede apreciar la proporción relativa de scrap que cada área contribuye en comparación con el total. Comparar los porcentajes facilita la comprensión de la contribución relativa de cada área, independientemente de las cantidades absolutas. El diagrama de Pareto de los datos del 2024 en la Figura 4, permite una comparación directa con el año anterior; los cambios en la distribución del scrap en kilogramos pueden indicar la efectividad de las medidas entre 2023 y 2024. Comparar los datos entre los dos años es esencial para evaluar el impacto de las estrategias de reducción de scrap.

Este análisis proporciona información sobre la evolución de la contribución relativa de cada área al scrap total, las áreas que muestran una reducción en el porcentaje de scrap indican una mejora en los procesos o en la gestión de calidad. Las gráficas de Pareto utilizadas en el informe proporcionan una herramienta visual y analítica poderosa para identificar y priorizar las áreas que más contribuyen al scrap. Los diagramas de Pareto permiten:

- **Priorizar las Acciones Correctivas:** Identifican las áreas críticas donde se debe enfocar la mayor parte del esfuerzo de mejora.
- **Evaluar el Impacto de las Intervenciones:** Comparan los datos año tras año para medir la efectividad de las estrategias implementadas.
- **Facilitar la Toma de Decisiones:** Proporcionan una base sólida y cuantitativa para la toma de decisiones gerenciales y operativas.

El análisis de los datos financieros relativos al costo de scrap revela la magnitud del problema y las oportunidades de ahorro.

El costo promedio del scrap para el periodo analizado del 2024 es de \$225,058,224 mensuales. Este costo es significativo y representa una porción considerable del presupuesto de producción de la empresa. Al entender este costo, se puede evaluar el impacto financiero del scrap en la rentabilidad global de la empresa.

Un alto costo de scrap reduce directamente el margen de beneficio de la empresa. Cada unidad de scrap implica materiales, tiempo y esfuerzo desperdiciados que no generan ingresos, estos costos de scrap influyen negativamente en los costos operativos totales, incrementando porcentaje de pérdida en ganancias sobre la producción.

El mejor comportamiento registrado, con un porcentaje de scrap del 2.8%, muestra un costo de \$190,392,242. La diferencia de \$34,665,982 entre el promedio y el mejor comportamiento indica un potencial de ahorro considerable.

Dado lo anterior, lograr este nivel consistentemente gracias a las oportunidades de implementación de las propuestas puede ser un indicador de alta eficiencia en los procesos de producción y gestión de calidad. La meta establecida es reducir el porcentaje de scrap al 3.1%, con un costo de \$34,665,982. Este objetivo, aunque intermedio, es realista y alcanzable, proporcionando un enfoque gradual hacia la mejora continua.

El ahorro mensual del 15.4% en el costo de scrap es significativo. Proyectado anualmente, este ahorro asciende a \$415,991,779. Este ahorro potencial puede tener varios beneficios financieros y operativos:

- **Incremento en la Rentabilidad:** La reducción en el costo de scrap directamente aumenta la rentabilidad neta de la empresa.
- **Reducción de Costos de Producción:** Menor scrap implica un uso más eficiente de los recursos, reduciendo el costo por unidad y mejorando la competitividad en el mercado.
- **Inversiones Estratégicas:** Los ahorros pueden utilizarse para inversiones estratégicas, como expansión de la capacidad productiva, investigación y desarrollo, y adopción de prácticas sostenibles.

Estos análisis son fundamentales para desarrollar un plan de acción efectivo que permita a PREBEL S.A. reducir el scrap, mejorar la eficiencia operativa y disminuir los costos asociados.

8 Conclusiones

PREBEL S.A. planea continuar fortaleciendo y expandiendo las estrategias que han demostrado ser exitosas en la reducción del scrap en el área de colapsibles. En primer lugar, se propone la implementación de un programa de mejora continua basado en la metodología Lean Manufacturing. Este enfoque permitirá identificar y eliminar sistemáticamente cualquier desperdicio adicional, optimizando aún más los procesos de producción y mejorando la eficiencia operativa. La empresa también tiene la intención de seguir utilizando herramientas de análisis de causa raíz y metodologías como el análisis de Pareto y el diagrama de Ishikawa para mantener una comprensión profunda de los factores que contribuyen al scrap.

Además, se planifica la inversión en tecnología avanzada y automatización para la planta de envasado. La integración de sistemas de monitoreo y control de calidad en tiempo real, utilizando tecnologías de la Industria 4.0 como el Internet de las Cosas (IoT) y el análisis de datos, permitirá a PREBEL S.A. detectar y corregir problemas de manera aún más eficiente. La automatización también ayudará a reducir la variabilidad en los procesos y a mejorar la precisión en el envasado de los productos, lo que contribuirá a una mayor reducción del scrap.

Finalmente, PREBEL S.A. continuará enfocándose en la capacitación y el desarrollo del personal. Se implementará un programa de formación continua que no solo abordará las habilidades técnicas necesarias para operar y mantener la maquinaria, sino que también promoverá una cultura de mejora continua y de calidad. Este programa incluirá la capacitación en nuevas tecnologías y procesos, asegurando que el personal esté siempre preparado para adaptarse a los cambios y mejoras en la planta de envasado. En conjunto, estos planes a futuro garantizarán que PREBEL S.A. no solo mantenga las mejoras logradas hasta ahora, sino que también continúe avanzando hacia una mayor eficiencia operativa, sostenibilidad y competitividad en el mercado cosmético.

Durante mi experiencia en la empresa, desempeñé diversas funciones que me permitieron desarrollar y aplicar mis conocimientos en diversas áreas de la organización. La ejecución de auditorías internas en los diferentes procesos y áreas de la compañía me brindó una visión integral del funcionamiento interno y me permitió identificar oportunidades de mejora. A través del análisis de capacidad de procesos utilizando herramientas estadísticas, pude contribuir a la optimización de la producción y asegurar la calidad de los productos.

La participación en proyectos de mejora en el área de envasado, fundamentados en las metodologías Six Sigma, me permitió implementar estrategias efectivas para aumentar la eficiencia y reducir los desperdicios. Asimismo, la implementación y ejecución de la metodología TPM y 5S en los procesos de planta contribuyeron a la mejora continua y al mantenimiento de un entorno de trabajo organizado y seguro.

El seguimiento al proceso de implementación del sistema de control de piso ELEMENTAL me permitió asegurar una adecuada gestión y monitoreo de la producción. Además, el desarrollo y análisis de indicadores de productividad, seguridad, TPM y calidad en las líneas de producción me ayudaron a mantener un control efectivo y a tomar decisiones informadas para mejorar el desempeño general de la planta.

Finalmente, la participación en proyectos especiales de mejoramiento y análisis de scrap me permitió identificar las pérdidas en el proceso productivo, contribuyendo a proponer mejoras para una mayor eficiencia de la empresa. En conjunto, estas experiencias me han proporcionado una comprensión profunda de los procesos industriales y me han equipado con las habilidades necesarias para enfrentar desafíos futuros en el ámbito de envasado, manufactura y la gestión de calidad.

9 Recomendaciones

Para mantener y mejorar los resultados de esta práctica académica, se recomienda:

- Continuar con el programa de capacitación continua para el personal operativo.
- Realizar revisiones periódicas de los parámetros de operación de las máquinas y ajustarlos según sea necesario.
- Fortalecer el sistema de monitoreo y control de calidad en tiempo real.
- Mantener y mejorar el programa de mantenimiento preventivo y predictivo.
- Implementar un sistema de retroalimentación continua que permita identificar y corregir nuevas causas de scrap a medida que surjan.

El compromiso con la mejora continua y la implementación de mejores prácticas en la gestión de la producción son esenciales para asegurar la sostenibilidad y competitividad de PREBEL S.A. en el mercado.

Referencias

- American Psychological Association [APA]. (2020). *Publication Manual of the American Psychological Association* (7^a ed.). American Psychological Association.
- García, M., & Rodríguez, P. (2018). "Collapsible Containers: Design, Applications, and Environmental Impact". *Journal of Cleaner Production*, 197, 1050-1062.
- Goetsch, D. L., & Davis, S. (2012). *Quality Management for Organizational Excellence: Introduction to Total Quality*. Pearson Higher Ed.
- Harry, M., PhD, & Schroeder, R. (2006). *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. Currency.
- Ishikawa, K. (1986). *Guide to Quality Control*.
- PREBEL S.A BIC. (2022). Internal investigations and reports on scrap management at PREBEL S.A BIC. Internal company reports.
- Jaramillo, R. B. (s. f.). Escalante Vargas Edgardo - Seis Sigma. Metodología y técnicas.pdf. Scribd. <https://es.scribd.com/document/433658440/Escalante-Vargas-Edgardo-Seis-Sigma-Metodologia-y-tecnicas-pdf>
- Johnson, J., A., & Brown, B., L. (2019). A review of Collapsible container Technologies for Sustainable Packaging solutions. *Packaging Technology And Science*, 30(4), 245-258.
- Juran, J. M. (1998). *Juran's Quality Handbook: The Complete Guide to Performance Excellence*. https://openlibrary.org/books/OL25613287M/Juran's_quality_handbook_the_complete_guide_to_performance_excellence
- Martins, A. M., & Marto, J. M. (2023). A sustainable life cycle for cosmetics: From design and development to post-use phase. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 35, 101178. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101178>
- Montgomery, D. C. (2019). *Introduction to Statistical Quality Control*. John Wiley & Sons.
- Yam, K. L. (2010). *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology*. John Wiley & Sons.
- Zeng, J. (2021, October 17). New trends in cosmetic packaging. https://www.linkedin.com/pulse/new-trends-cosmetic-packaging-janey-zeng?trk=articles_directory

Anexos

Anexo A: Programa de Capacitación

Contenidos

- Manejo adecuado de equipos de llenado y sellado.
- Procedimientos de mantenimiento preventivo y predictivo.
- Técnicas de control de calidad en tiempo real.
- Principios de Lean Manufacturing y mejora continua.

Tabla 5 Cronograma para el programa de capacitación

Cronograma		
Actividades	Frecuencia	Tiempo
Sesiones teóricas	4	2 horas
Evaluación y retroalimentaciones	4	15 minutos

Anexo B: Procedimientos Estándar de Operación (SOP)

SOP para la Operación de Máquinas de Llenado y Sellado

- **Revisión previa al encendido:** Verificar que todos los componentes de la máquina estén en buen estado y correctamente ajustados.
- **Configuración de parámetros:** Ajustar los parámetros de temperatura, presión y velocidad según las especificaciones del producto a envasar.
- **Inicio de operación:** Encender la máquina y realizar un ciclo de prueba para asegurar que todos los parámetros están correctamente configurados.
- **Monitoreo continuo:** Durante la operación, monitorear continuamente los parámetros de la máquina y realizar ajustes según sea necesario.
- **Mantenimiento diario:** Al finalizar el turno, realizar un mantenimiento básico de limpieza y revisión de los componentes críticos de la máquina.

Formato de Revisión Previa al Encendido

Empresa: PREBEL S.A.

Área: Colapsibles - Planta de Envasado

Fecha: // ____

Hora:

Responsable de la Revisión:

Nombre: _____

Cargo: _____

1. Verificación del entorno

- Área libre de obstáculos
- Señalización de seguridad visible y en buen estado
- Iluminación adecuada
- Ventilación funcionando correctamente
- Pisos limpios y secos

2. Inspección de la maquinaria

- Equipos en posición de reposo
- Controles y botones de emergencia accesibles y funcionales
- Guardas de seguridad colocadas y en buen estado
- Verificación de niveles de lubricantes
- Sin piezas sueltas o desgastadas visibles

3. Conexiones y suministros

- Conexiones eléctricas seguras y sin daños
- Verificación de cables y enchufes
- Suministro de aire comprimido en niveles adecuados
- Conexiones de agua (si aplica) sin fugas

4. Instrumentos y herramientas

- Herramientas necesarias disponibles y en buen estado
- Instrumentos de medición calibrados
- Protección personal disponible (guantes, gafas, etc.)

5. Verificación de materiales

- Materiales de empaque disponibles y en buen estado
- Inspección de materias primas según especificaciones
- Productos a envasar listos y en condiciones adecuadas

6. Sistemas de control de calidad

- Sensores y cámaras de inspección en funcionamiento
- Configuración de parámetros de control revisada y ajustada
- Protocolos de calidad disponibles y actualizados

7. Comunicación y documentación

- Instrucciones de operación disponibles y visibles
- Registro de revisiones anteriores completado
- Plan de contingencias revisado y comprendido

Comentarios adicionales:

Firma del responsable de la revisión:

Fecha: //__

Firma del Supervisor:

Fecha: //__

Formato de Configuración de Parámetros

Empresa: PREBEL S.A.

Área: Colapsibles - Planta de Envasado

Fecha: // ____

Hora:

Responsable de la Configuración:

Nombre: _____

Cargo: _____

Información del Producto

Nombre del Producto: _____

Código del Producto: _____

Lote: _____

Parámetros de Configuración

1. Temperatura

Temperatura requerida: _____ °C

Temperatura ajustada: _____ °C

Confirmar que la temperatura ajustada coincide con la especificación

2. Presión

Presión requerida: _____ bar

Presión ajustada: _____ bar

Confirmar que la presión ajustada coincide con la especificación

3. Velocidad

Velocidad requerida: _____ unidades/minuto

Velocidad ajustada: _____ unidades/minuto

Confirmar que la velocidad ajustada coincide con la especificación

- Verificación de parámetros
- Revisión de los parámetros ajustados en el panel de control
- Verificación de la calibración de los instrumentos de medición
- Confirmación visual de los ajustes realizados

Comentarios adicionales:

Firma del responsable de la Configuración:

Fecha: //___

Firma del Supervisor:

Fecha: //___

Este formato debe ser completado y firmado cada vez que se realice una configuración de parámetros en el área de colapsibles de la planta de envasado de PREBEL S.A. para asegurar que los ajustes de temperatura, presión y velocidad se realicen según las especificaciones del producto a envasar.

Formato de Procedimientos Operativos

Empresa: PREBEL S.A.

Área: Colapsibles - Planta de Envasado

Fecha: // ____

Hora de Inicio:

Hora de Finalización:

Responsable de la Operación:

Nombre: _____

Cargo: _____

Inicio de operación

Encendido de la máquina

- Verificar que todos los parámetros están configurados según las especificaciones del producto.
- Encender la máquina.
- Realizar un ciclo de prueba.
- Confirmar que todos los parámetros están correctamente configurados.

Resultados del Ciclo de Prueba:

- Parámetros de temperatura: _____ °C (Requerido: _____ °C)
- Parámetros de presión: _____ bar (Requerido: _____ bar)
- Parámetros de velocidad: _____ unidades/minuto (Requerido: _____ unidades/minuto)

Comentarios:

Firma del responsable del Ciclo de Prueba:

Fecha: // ____

Monitoreo Continuo

Registro de Monitoreo

Hora: _____

Temperatura actual: _____ °C (Requerido: _____ °C)

Presión actual: _____ bar (Requerido: _____ bar)

Velocidad actual: _____ unidades/minuto (Requerido: _____ unidades/minuto)

Verificar parámetros cada hora y registrar cualquier desviación.

Comentarios y ajustes realizados:

Hora: _____

Temperatura actual: _____ °C (Requerido: _____ °C)

Presión actual: _____ bar (Requerido: _____ bar)

Velocidad actual: _____ unidades/minuto (Requerido: _____ unidades/minuto)

Verificar parámetros cada hora y registrar cualquier desviación.

Comentarios y ajustes realizados:

Firma del responsable del monitoreo:

Fecha: //__

Anexo C: Plan de Mantenimiento Preventivo y Predictivo

Mantenimiento Preventivo

Frecuencia: Mensual

Actividades: Inspección general de la máquina, lubricación de componentes, verificación de sensores y sistemas de control, ajuste de parámetros y calibración.

Mantenimiento predictivo

Frecuencia: trimestral

Actividades: utilización de tecnologías de diagnóstico avanzado, como análisis de vibraciones y termografía, para identificar posibles fallas antes de que ocurran.

PRACTICANTE: Juan Sebastian Urquijo Cañizares

PROGRAMA: Ingeniería Química

ASESORES: Aída Luz Villa Holguín, Juan Fernando Murillo Serna

Semestre de la práctica: 2024-1

Introducción

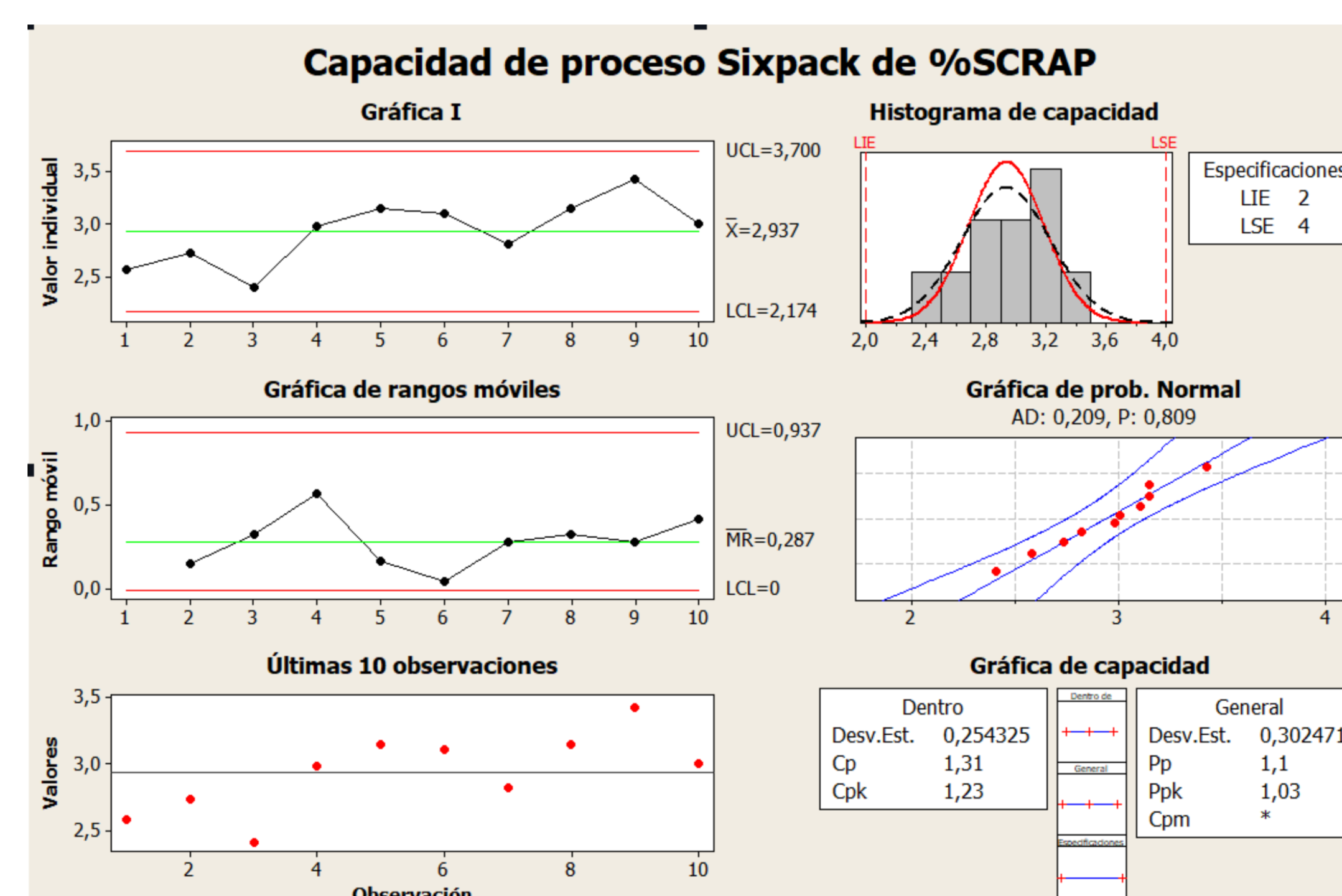
La planta de envasado de PREBEL S.A. BIC, líder en la fabricación de productos cosméticos, enfrenta un desafío significativo en el área de colapsibles, donde el alto porcentaje de scrap compromete la eficiencia operativa y la rentabilidad. Este proyecto se centra en desarrollar estrategias para reducir el scrap para mejorar la competitividad de la planta.

Colapsibles: Son tubos plásticos o de metal, que al usarse pueden plegarse totalmente cuando están vacíos, permitiendo disponer de todo el material contenido en su interior (Johnson & Brown, 2019).



Scrap: Se refiere a los materiales o productos que no cumplen con los estándares de calidad o especificaciones requeridas y, por lo tanto, no pueden ser utilizados como productos finales. Puede manifestarse en forma de envases defectuosos, errores de impresión o etiquetado, contaminación del producto y desperdicio de materiales.

Figura 1. Análisis de capacidad de procesos del porcentaje de scrap en el área de colapsibles.



Se propone la mejora en los parámetros de los equipos y la capacitación del personal. Esto se realiza para una mejora en la eficiencia operativa que permita una reducción significativa del scrap, mejorando la sostenibilidad y competitividad de la planta.

Se realizó un análisis de proyección económica con la metodología Six Sigma para entender cuanto podría favorecer las propuestas en el ahorro a la compañía.

Tabla 1. Proyección de ahorros

	%Scrap [%]	Costo scrap [COP]
Promedio	3,6	\$ 225.058.224
Mejor comportamiento	2,8	\$ 190.392.242
Meta	3,1	\$ 34.665.982
Ahorro mensual	15,4	\$ 34.665.982
Ahorro anual		\$ 415.991.779

Metodología

La metodología basada en la **Gestión de la Calidad Total (TQM)** incluyó el uso del análisis de Pareto y el diagrama de Ishikawa para identificar y analizar las causas principales del scrap. Se capacitó al personal, se implementaron **Procedimientos Operativos Estándar (SOP)** y se estableció un sistema de monitoreo y mantenimiento preventivo-predictivo. Estas acciones ayudan a identificar y proponer medidas para reducir el scrap mediante la optimización de procesos y la mejora continua.

Resultados

Incremento del scrap: El análisis de causa-raíz del aumento significativo del scrap del 2023 al 2024, estableció que el área de colapsibles tenía una gran oportunidad de mejora.

Impacto económico: El scrap representó el 30% de los costos asociados en el área de colapsibles.

Principales fuentes de scrap: cantidad de unidades o volumen de material que se produce en un solo lote o ciclo de producción, referencias de productos, reología de los productos, parámetros de alistamiento de equipos.

Objetivos

- Identificar las causas principales del scrap en el área de colapsibles
- Proponer estrategias efectivas para reducir el porcentaje de scrap
- Caracterizar las etapas del proceso y el scrap asociado a cada una
- Estimar el impacto económico de las mejoras propuestas



Conclusiones

- La identificación de causas del scrap usando el análisis de causa raíz, diagrama de Pareto y diagrama de Ishikawa para identificar y clasificar las principales fuentes de scrap, fueron claves para determinar las fuentes principales para oportunidades de mejora
- La optimización de procesos y mantenimiento permite identificar los ajustes precisos de maquinaria y un programa de mantenimiento preventivo y predictivo para reducir la variabilidad del proceso y el scrap asociado, mejorando la eficiencia operativa.
- El impacto financiero del scrap proyectando la reducción del porcentaje de scrap al 3.1% puede generar ahorros anuales significativos, incrementando la rentabilidad, permitiendo inversiones estratégicas, y mejorando la sostenibilidad ambiental de la empresa.