



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad De Ingeniería En Mecánica Y Ciencias De La
Producción**

**“Reducción del porcentaje de desperdicios en el área de
etiquetado de envases menores de una planta productora de
aceites lubricantes mediante el uso de la metodología DMAIC”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS

Presentado por:

ABNER JOSIAS ORDOÑEZ CHAVEZ

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2025

AGRADECIMIENTO

Profundamente a Dios, por la vida, la salud y el conocimiento.

A mis padres Alirio Ordoñez Y Martha Chavez por todo su esfuerzo, mis hermanos Frank, Leyton, Dámaris y Jemima por el apoyo.

A la empresa donde pude desarrollar el presente proyecto.

A mi tutora de tesis Sofía López Iglesias M.Sc., por su guía y conocimiento impartido.

DEDICATORIA

Lo dedico principalmente a Dios.

También a mi padre Alirio Ordoñez y mi madre Martha Chavez, a mis hermanos Frank, Leyton, Dámaris y Jemima, a mis amigos Jair, Jeremy, David, Emilio y Daniela.

Finalmente, a Keren Choez Reyes por su apoyo incondicional durante esta maestría.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Maria Laura Retamales M.Sc.
Profesor de Materia

Sofia López Iglesias M.Sc.
Tutor de proyecto

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo ABNER JOSIAS ORDOÑEZ CHAVEZ acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

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

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

Guayaquil, 20 de marzo del 2025.

Abner Josias Ordoñez Chavez

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo aplicar la metodología DMAIC para reducir los desperdicios de etiquetas en el área de etiquetado de envases menores en una planta de producción de aceites lubricantes en el cantón Durán. Se detectó un elevado porcentaje de desperdicio de etiquetas, alcanzando valores de hasta un 12% mensual, por lo que la meta planteada fue reducir el desperdicio a un 8.42% en un plazo de 6 meses.

Durante la etapa de medición, se recopilaron y analizaron datos de producción y desperdicios, evidenciando una alta variabilidad en el proceso y un desperdicio promedio de aproximadamente 10%. El análisis de causa raíz reveló que el defecto predominante era "etiqueta no despegar", el cual fue vinculado a la incompatibilidad entre el adhesivo de las etiquetas y el tipo de envase utilizado. En la fase de mejora, se implementó un plan de acción que incluyó la evaluación técnica de adhesivos y la implementación de un procedimiento formal para la selección de etiquetas adecuadas.

La implementación de las mejoras resultó en una significativa disminución del desperdicio de etiquetas. El promedio de desperdicio se redujo de un 11.40% en 2023 a un 7.63% en 2024, lo que representa una mejora de 3.77 puntos porcentuales. Aunque se observaron dos incrementos puntuales en agosto (7.40%) y septiembre (8.87%) debido al uso de un stock remanente de etiquetas con especificaciones anteriores, a partir de junio la tendencia mostró una disminución sostenida, alcanzando valores por debajo del objetivo del 8.42% en noviembre, lo que confirma la estabilización del proceso.

Desde una perspectiva financiera, la reducción del desperdicio implicó un ahorro de \$4,336.02 en el período de junio a noviembre de 2024, lo que representa una disminución del 32.9% en los costos asociados al desperdicio en comparación con el mismo período de 2023.

El análisis de capacidad del proceso post-mejoras reflejó importantes avances. Los índices Cp y Pp con valores de 1.50 y 0.69, respectivamente, indica que el proceso tiene el potencial de operar dentro de los límites establecidos, aunque la capacidad sigue siendo limitada debido a la falta de centrado. Sin embargo, los valores de Cpk y Ppk siguen siendo modestos, con un Cpk de 0.28 y un Ppk de 0.13, lo que confirma que, a pesar de las mejoras, el proceso sigue descentrado y presenta variabilidad que puede afectar la estabilidad a largo plazo. A pesar de la reducción significativa en el desperdicio, estos resultados subrayan la necesidad de realizar ajustes adicionales y mantener un control más estricto sobre el proceso, especialmente en lo que respecta a la gestión del inventario de etiquetas.

Palabras clave: DMAIC, desperdicios, etiquetas, definición, medición, análisis, causa raíz, mejora, control.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ÍNDICE GENERAL.....	II
 CAPÍTULO 1	 1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 General	4
1.4.2 Específicos.....	4
 CAPÍTULO 2.....	 6
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	6
2.2 DEFINICIÓN.....	7
2.2.1 Identificación del problema con la herramienta 3W+2H.....	7
2.2.2 Definición del alcance usando el diagrama SIPOC.....	7
2.2.3 Voz del cliente (VOC).....	7
2.3 MEDICIÓN.....	8
2.4 ANÁLISIS.....	8
2.4.1 Diagrama de Ishikawa (Espina de Pescado)	8
2.4.2 Árbol de Decisión	8
2.4.3 Matriz de impacto vs control	8
2.5 MEJORA	9

2.6 CONTROL.....	9
2.7 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA	9
2.7.1 Etapa de Definición	9
2.7.1.1 Herramienta 3W+2H	9
2.7.1.2 SIPOC para delimitar el proceso.....	11
2.7.1.3 VOC (Voz del Cliente) para entender expectativas.....	11
2.7.2 Etapa de Medición	12
2.7.2.1 Hoja de recolección de datos.....	12
2.7.2.2 Análisis del Sistema de Medición (MSA).....	13
2.7.2.3 Histograma para visualizar la variabilidad del proceso.	18
2.7.2.4 Declaración Enfocada	19
2.7.2.5 Análisis de Capacidad del Proceso.....	20
2.7.2.6 Diagrama de tendencia	21
2.7.3 Etapa de análisis.....	21
2.7.3.1 Diagrama de Ishikawa.....	21
2.7.3.2 Árbol de Decisión para clasificar y priorizar variables.	22
2.7.3.3 Matriz Impacto-Control para determinar causas verificables.....	23
2.7.3.4 Plan de verificación de causas potenciales....	23
2.7.3.5 Verificación de causas.....	24
2.7.3.6 Causa 1: Falta de lubricación en alta demanda de uso de la máquina	24
2.7.3.7 CAUSA 2: Falta de lubricación en baja demanda de uso de la máquina	26

2.7.3.8 CAUSA 3: Las etiquetas no usan un adhesivo adecuado para el envase	27
2.7.3.9 Análisis de “5 ¿Por Qué?” de la causa 3: Las etiquetas no usan un adhesivo adecuado para el envase	30
2.7.4 Etapa de Mejora.....	31
2.7.4.1 Plan de Acción.....	31
2.7.5 Etapa de Control	33
2.7.5.1 Validación del Adhesivo Óptimo	33
CAPÍTULO 3.....	35
3.1 RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN	35
CAPÍTULO 4.....	38
4.1 CONCLUSIONES.....	38
4.2 RECOMENDACIONES	38

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Histórico de porcentaje de desperdicios de etiquetas en el área de etiquetado de envases menores. ..	3
Ilustración 2: Histórico de pérdidas monetarias mensuales por desperdicios de etiquetas	4
Ilustración 3: Resumen de la metodología y herramientas a usar	6
Ilustración 4: Diagrama SIPOC	11
Ilustración 5: Formato FOR-PRO-V11	13
Ilustración 6: Envase conforme	14
Ilustración 7: Envase no conforme	14
Ilustración 8: Histograma de porcentaje de desperdicios.	18
Ilustración 9: Frecuencia de defectos	19
Ilustración 10: Informe de capacidad	20
Ilustración 11: Tendencia temporal del porcentaje de desperdicios.	21
Ilustración 12: Diagrama de Ishikawa	22
Ilustración 13: Árbol de Decisión	22
Ilustración 14: Matriz impacto vs esfuerzo	23
Ilustración 15: Máquina etiquetadora	24
Ilustración 16: Resultados de T de 1 muestra	25
Ilustración 17: Histograma de desperdicios	25
Ilustración 18: Velocidad de la máquina etiquetadora en condiciones normales de trabajo	26
Ilustración 19: Resultados pruebas de hipótesis	27
Ilustración 20: Resultados de pruebas estadísticas casusa 3	27
Ilustración 21: Resultados pruebas de hipótesis causa 3 .	28
Ilustración 22: Gráfico de cajas causa 3	28
Ilustración 23: 5 por qué de la causa 3	30

Ilustración 24: Procedimiento de Evaluación de compra de etiquetas	32
Ilustración 25: Comparación del porcentaje de desperdicio mensual 2023 VS 2024 luego de la implementación de las mejoras.....	35
Ilustración 26: Prueba de normalidad post-mejoras.....	36
Ilustración 27: Análisis de capacidad post-mejoras	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Galones producidos por presentación en el año 2023	2
Tabla 2: Unidades de cajas producidas en el año 2023.....	2
Tabla 3: Resumen del Problema con 3W+2H	10
Tabla 4: Resumen VOC	12
Tabla 5: Plan de recolección de datos	12
Tabla 6: Resumen de criterios de aceptación	15
Tabla 7: Resumen de rangos para el MSA	15
Tabla 8: MSA Completo.....	16
Tabla 9: Plan de verificación de causas	24
Tabla 10: Plan de acción	31
Tabla 11: FOR-CCA-14-V2 procedimiento para prueba de homologación de adhesivo	34
Tabla 12: Comparativo del porcentaje y valores totales por desperdicios 2023-2024	36

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

La constante demanda por mejorar la eficiencia y la productividad en los procesos industriales ha llevado a la adopción de metodologías sistemáticas como DMAIC (por sus siglas en inglés “Define, Measure, Analyze, Improve, Control”), Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), un enfoque clave dentro del Lean Six Sigma. Esta metodología ha demostrado ser eficaz para reducir desperdicios, optimizar recursos y garantizar la calidad de los productos finales, donde los retos relacionados con la reducción de costos y el aumento de la competitividad son constantes (Silva et al., 2020).

El desperdicio en los procesos productivos no solo genera pérdidas económicas, sino que también tiene un impacto ambiental significativo. En este contexto, la aplicación de herramientas como DMAIC resulta clave para abordar problemas críticos, identificar causas raíz y garantizar la implementación de mejoras sostenibles. Este enfoque, basado en datos y orientado a resultados, se alinea con las necesidades de las organizaciones que buscan adoptar prácticas de mejora continua y sustentabilidad (Utama & Abirfatin, 2023).

En este trabajo se aborda la aplicación de DMAIC para reducir el porcentaje de desperdicios en el área de etiquetado de envases menores en una planta productora de aceites lubricantes. La metodología permitirá identificar las principales fuentes de desperdicio, optimizar los procesos y establecer controles que aseguren la sostenibilidad de las mejoras logradas.

1.2 ANTECEDENTES

En una planta de producción de aceites lubricantes del cantón Durán, se fabrica mensualmente, en promedio, 395.000 galones de producto terminado, en la tabla 1 se muestra un resumen de los galones producidos en el año 2023 por la empresa en la venta nacional y exportación a países vecinos, de los cuales, en promedio 178,000 galones son de productos en presentaciones de cajas, las cuales utilizan envases de litro (12 unidades por caja y 24 unidades por caja) y galón (6 unidades por caja y 3 unidades por caja).

Tabla 1: Galones producidos por presentación en el año 2023

AÑO 2023	CAJA 12X1 LT	CAJA 24X1 LT	CAJA 3X1 GL	CAJA 6X1 GL	PROMEDIO
Enero	13.581,00	20.802,00	-	30.294,00	16.169,25
Febrero	2.616,00	11.514,00	-	20.538,00	8.667,00
Marzo	13.769,00	13.980,00	-	34.800,00	15.637,25
Abril	8.082,50	17.370,00	-	33.966,00	14.854,63
Mayo	5.920,50	19.872,00	-	34.908,00	15.175,13
Junio	11.809,00	20.574,00	-	34.368,00	16.687,75
Julio	16.942,50	14.916,00	-	34.446,00	16.576,13
Agosto	17.270,00	13.398,00	-	37.542,00	17.052,50
Septiembre	12.851,50	10.080,00	-	27.720,00	12.662,88
Octubre	18.545,00	23.076,00	-	33.852,00	18.868,25
Noviembre	16.780,09	12.942,00	8.541,06	23.196,00	15.364,79
Diciembre	3.738,00	14.046,00	-	24.906,00	10.672,50
Total	141.905,09	192.570,00	8.541,06	370.536,00	178.388,04

Fuente: Elaboración propia

Esto hace que la empresa utilice promedio de 140.000 envases de litro y galón mensualmente, para satisfacer la demanda de producto terminado, tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2: Unidades de cajas producidas en el año 2023

AÑO 2023	CAJA 12X1 LT	CAJA 24X1 LT	CAJA 3X1 GL	CAJA 6X1 GL	TOTAL ENVASES
Enero	4.027	3.467	-	5.049	161.826
Febrero	872	1.919	-	3.423	77.058
Marzo	4.223	2.330	-	5.800	141.396
Abril	2.517	2.895	-	5.661	133.650
Mayo	1.784	3.312	-	5.818	135.804
Junio	3.753	3.429	-	5.728	161.700
Julio	5.024	2.486	-	5.741	154.398
Agosto	5.335	2.233	-	6.257	155.154
Septiembre	4.002	1.680	-	4.620	116.064
Octubre	5.615	3.846	-	5.642	193.536
Noviembre	5.173	2.157	2.694	3.866	145.122
Diciembre	1.246	2.341	-	4.151	96.042
Total	43.571	32.095	2.694	61.756	1.671.750

Fuente: Elaboración propia

Estos envases son suministrados por 2 proveedores de envases plásticos de la ciudad de Guayaquil, los cuales entregan los envases sin etiquetar, para ser utilizados en el proceso de etiquetado interno en la planta, en el “Área de etiquetado de envases menores”. Esta área cuenta con una máquina etiquetadora semiautomática, la cual es operada por un operador y un ayudante. Las condiciones en las que trabaja la máquina son de 24 Horas, a doble turno de 12 horas, de 8 am a 8 pm y de 8 pm a 8 am (el turno nocturno no cuenta con supervisión de procesos), durante 5 días, con periodos de inactividad por almuerzo, cambio de turno y calibraciones, el periodo de inactividad es de máximo 5 horas diarias. La máquina tiene una velocidad máxima de procesamiento de 160 envases/minuto, una vez se ha realizado un correcto ajuste en los parámetros de operación.

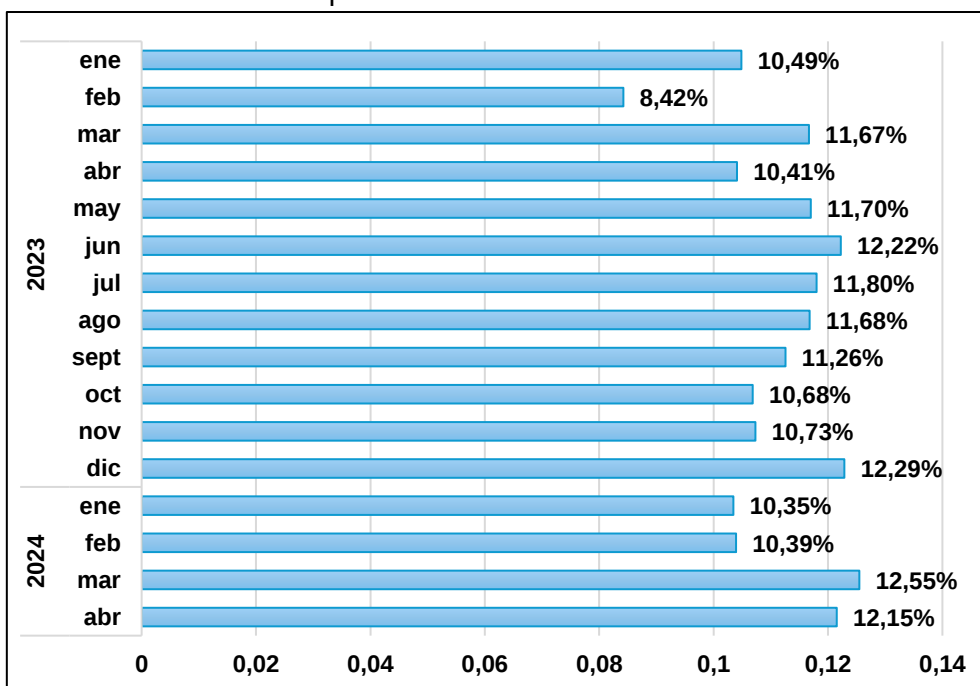
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El área de auditoría menciona que ha detectado un elevado porcentaje de desperdicio de etiquetas en los últimos 6 meses en el área de etiquetado de envases menores, alcanzando valores de hasta 12% mensual, tal como se muestra en la Ilustración 1; a pesar de que la empresa espera un valor mínimo.

Este nivel de desperdicio se logró identificar tomando en cuenta la cantidad de envases etiquetados mensuales y la cantidad de etiquetas dañadas en el proceso de etiquetado. El nivel de desperdicios actual afecta directamente los costos de operación, un ejemplo de ello se puede observar en la Ilustración 2 donde se resumen los valores de los desperdicios generados.

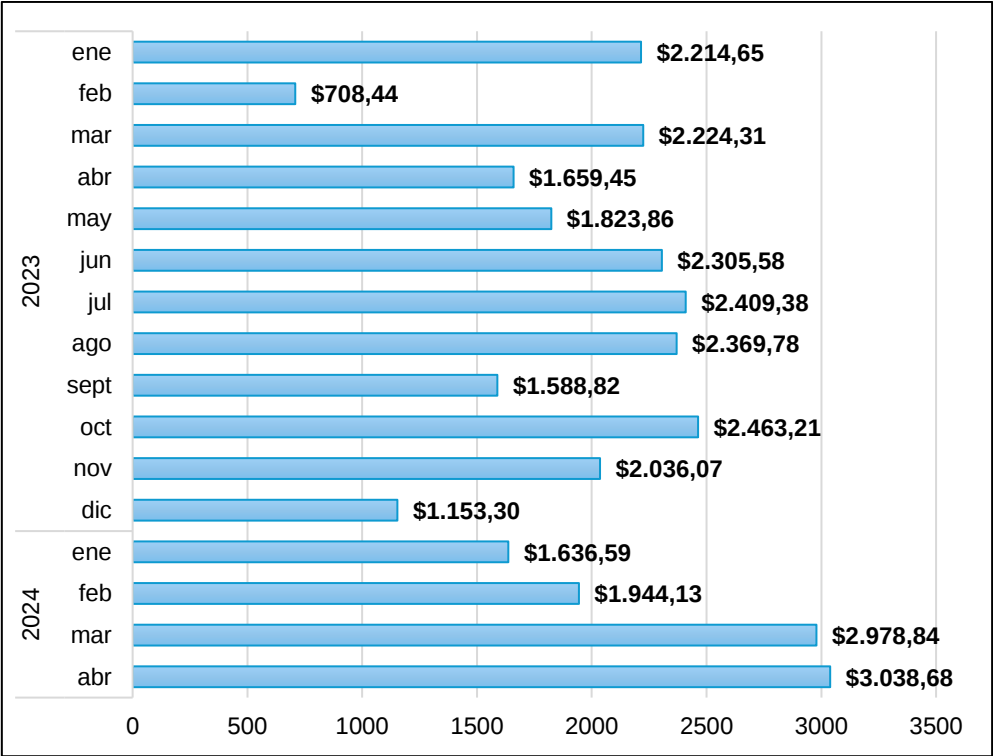
Adicionalmente el área de abastecimiento debe considerar un mayor volumen de etiquetas necesarias a comprar a los proveedores al mismo tiempo que genera un impacto negativo en los niveles de inventario, afecta la eficiencia operativa del área; ya que aumenta el re trabajo, aumenta el costo de producción y puede afectar significativamente el nivel de ventas por lo que se ha solicitado se haga una revisión a detalle del proceso y bajar el porcentaje de desperdicio a un rango de entre 5% a 6 % de desperdicios en los próximos 6 meses.

Ilustración 1: Histórico de porcentaje de desperdicios de etiquetas en el área de etiquetado de envases menores.



Fuente: elaboración propia.

Ilustración 2: Histórico de pérdidas monetarias mensuales por desperdicios de etiquetas



Fuente: elaboración propia.

El área de mantenimiento ha determinado que se debe realizar 1 mantenimiento preventivo anual, realizado por el técnico de mantenimiento mecánico del área y 1 mantenimiento correctivo anual realizado por el fabricante de la máquina etiquetadora. Este mantenimiento correctivo representa a la empresa una inversión de poco más de 4.000 USD, en promedio, por lo que no se permite aumentar el número de mantenimientos anuales, ya que la dirección considera un valor muy alto.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 General

Reducir el desperdicio al 8.42% en un período de 6 meses, lo que implica una disminución del 14.16% respecto al nivel actual.

1.4.2 Específicos

- 1. Analizar cada etapa del proceso de etiquetado actual, mediante la observación directa, la recopilación y documentación de datos para identificar puntos críticos donde se están generando los desperdicios y posteriormente determinar el rendimiento actual del área y el porcentaje real de desperdicios.

2. Realizar un análisis de causa raíz, haciendo uso de herramientas Lean para ponderar las posibles causas de los desperdicios.
3. Desarrollar e implementar soluciones basadas en los hallazgos del análisis de causa raíz a fin de optimizar el rendimiento del área de etiquetado.
4. Evaluar la efectividad de las soluciones implementadas en la reducción de desperdicios y de esta manera reducir costos asociados.

CAPÍTULO 2

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

La metodología usada para eliminar el problema del alto porcentaje de desperdicio en el área de etiquetado de envases menores es la metodología DMAIC, que es un enfoque estructurado y basado en datos utilizado en la gestión de la calidad para la mejora de procesos (Montgomery & Wiley, 2009).

En la Ilustración 3, se presenta, en resumen, la metodología y herramientas usadas en el presente proyecto.

Ilustración 3: Resumen de la metodología y herramientas a usar

ETAPA	Objetivo	Herramientas utilizadas
Definición	Identificar el problema, alcance y expectativas del cliente.	3W+2H (What, Where, When, How, How Much) para definir el problema.
		SIPOC para delimitar el proceso.
		VOC (Voz del Cliente) para entender expectativas.
Medición	Recolectar datos del proceso actual y establecer la línea base.	Hoja de recolección de datos.
		Análisis del Sistema de Medición (MSA) para validar datos.
		Histogramas para visualizar la variabilidad del proceso.
		Análisis de Capacidad del Proceso (Cp, Cpk) para evaluar si el proceso cumple con especificaciones.
		Diagramas de tendencia para variabilidad en el tiempo.
Análisis	Identificar causas raíz del problema y variables críticas.	Diagrama de Ishikawa para estructurar las posibles causas.
		Árbol de Decisión para clasificar y priorizar variables.
		Matriz Impacto-Control para determinar causas verificables.
		Análisis de "5 Por Qué" para profundizar en las causas raíz.
Mejora	Diseñar e implementar soluciones para reducir desperdicio.	Plan de acción.
Control	Asegurar la sostenibilidad de las mejoras.	Procedimientos estandarizados para mantener mejoras.

Fuente: Elaboración propia.

2.2 DEFINICIÓN

En esta etapa se hace crucial establecer claramente el problema que se quiere resolver, así como definir el alcance del proyecto. Para ello, se utilizaron diversas herramientas de Lean y Six Sigma que estructuran este proceso de manera eficiente (Liker, 2004).

2.2.1 Identificación del problema con la herramienta 3W+2H

Para comprender en profundidad el problema, se empleó la herramienta 3W + 2H (What, Why, Where, How, and How Much) a través de las preguntas:

1. ¿Qué?: Define el problema que se presenta; en este caso, el desperdicio generado durante el proceso de etiquetado.
2. ¿Por qué?: Explora las causas subyacentes que originan el problema.
3. ¿Dónde?: Especifica el lugar en el proceso donde ocurre el problema.
4. ¿Cómo?: Describe el comportamiento o las condiciones bajo las cuales el problema se manifiesta.
5. ¿Cuánto?: Mide el impacto del problema.

2.2.2 Definición del alcance usando el diagrama SIPOC

Este diagrama proporciona una visión global del proceso, identificando los elementos clave que intervienen en el proceso de etiquetado de envases menores.

1. Proveedores (Suppliers): Quiénes son los responsables de entregar los materiales o insumos para el proceso.
2. Entradas (Inputs): Qué materiales, datos o recursos son necesarios para realizar el proceso de etiquetado.
3. Proceso (Process): Las actividades principales dentro del proceso de etiquetado que pueden ser optimizadas.
4. Salidas (Outputs): Los resultados o productos que salen del proceso de etiquetado.
5. Clientes (Customers): Quiénes reciben o se benefician de las salidas del proceso.

2.2.3 Voz del cliente (VOC)

El VOC (Voz del Cliente) es una herramienta fundamental en la etapa de Definición, su propósito es identificar y comprender las necesidades, expectativas y requisitos de los clientes internos y externos (Ignacio Tomás Rooney, 2006) respecto al proceso de etiquetado de envases menores. Para recolectar esta información, se utilizaron encuestas, entrevistas y observaciones directas a operarios, supervisor, inspector de calidad, planificador de abastecimiento y área de auditoría.

2.3 MEDICIÓN

En la etapa de medición se obtuvieron los datos sobre el proceso de etiquetado y las diferentes variables o características que podrían influir en el proceso, incluyendo el número y tipo de desperdicio generados en el área. Se aplicaron técnicas de Estadística Descriptiva y Análisis de Capacidad de Proceso para determinar los límites de especificación superior e inferior (USL y LSL) para el etiquetado, porcentaje aceptable de etiquetas correctamente aplicadas y así establecer una línea base y cuantificar el problema (Montgomery & Wiley, 2009).

2.4 ANÁLISIS

En la etapa de análisis, se identificaron las causas raíz que generan el alto porcentaje de desperdicio en el área de etiquetado de envases menores. Además, se determinaron cuáles son las variables del proceso que tienen un mayor impacto sobre los resultados finales, de manera que las acciones de mejora puedan enfocarse de correcta manera. Para lograrlo, se usaron herramientas que permitan organizar y priorizar la información de forma estructurada y visual, facilitando la toma de decisiones.

2.4.1 Diagrama de Ishikawa (Espina de Pescado)

El Diagrama de Ishikawa, se utilizó como punto de partida para identificar y organizar visualmente las posibles causas raíz que contribuyen al problema del desperdicio en el área de etiquetado. Categorías principales: Se usaron las categorías de Materiales, Métodos, Máquinas, Mano de obra y Ambiente para organizar las posibles causas.

2.4.2 Árbol de Decisión

Una vez identificadas las posibles causas raíz a través del Diagrama de Ishikawa, se empleó el Árbol de Decisión como herramienta para clasificar y priorizar las causas potenciales.

2.4.3 Matriz de impacto vs control

Posteriormente, las variables más significativas identificadas mediante el Árbol de Decisión se evaluaron utilizando la Matriz de Impacto vs. control. Esta herramienta permite priorizar las acciones de mejora en función de dos criterios principales:

1. Impacto potencial: Qué tanto podría contribuir cada variable a la reducción del desperdicio si se implementan acciones de mejora.
2. Esfuerzo requerido/control sobre la variable: El nivel de dificultad, tiempo y recursos necesarios para implementar las acciones correctivas asociadas a esa variable.

Clasificación de variables: Las variables se posicionan en un gráfico con dos ejes:

1. Eje X: Representa el esfuerzo necesario para realizar mejoras.
2. Eje Y: Representa el impacto esperado en la reducción del desperdicio.

Cuadrantes de priorización:

1. Alto impacto - Bajo esfuerzo: Estas acciones son prioritarias, ya que generan resultados significativos con poco esfuerzo.
2. Alto impacto - Alto esfuerzo: Representan oportunidades importantes, pero requieren una mayor inversión de recursos y tiempo.
3. Bajo impacto - Bajo esfuerzo: Son tareas rápidas y fáciles de implementar, pero con resultados limitados.
4. Bajo impacto - Alto esfuerzo: Estas acciones suelen posponerse o descartarse debido a su baja rentabilidad.

2.5 MEJORA

La etapa de mejora es donde se desarrollaron e implementaron soluciones a las causas raíz verificadas. Una vez implementadas las mejoras, se midieron los resultados para evaluar su impacto en la reducción del desperdicio de etiquetas y en la eficiencia operativa del área.

2.6 CONTROL

Finalmente, se diseñó un plan de acción para garantizar la sostenibilidad de las mejoras implementadas y mantener el proceso de etiquetado dentro de los parámetros deseados, con un porcentaje de desperdicio de etiquetas reducido y controlado. En esta etapa, se establecieron mecanismos de control para garantizar que las mejoras logradas en la fase de Mejora se mantengan a largo plazo.

2.7 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

2.7.1 Etapa de Definición

2.7.1.1 Herramienta 3W+2H

¿Qué está ocurriendo?

Se generaba un alto porcentaje de desperdicio de etiquetas en el área de etiquetado de envases menores.

¿Dónde ocurre el problema?

El problema ocurría en el área de etiquetado de envases menores de una planta productora de aceites lubricantes. Específicamente, en la máquina etiquetadora semiautomática que opera en esta área.

¿Cuándo ocurre el problema?

El problema ha sido identificado en los últimos 6 meses, con un porcentaje de desperdicio que ha alcanzado valores de hasta 12% mensual.

¿Cómo ocurre el problema?

1. Se identificó que un número significativo de etiquetas no se adherían correctamente a los envases, quedando parcial o totalmente despegadas.
2. Se documentaron incidencias en las que las etiquetas eran colocadas en posiciones incorrectas, afectando la presentación del producto.
3. Se encontraron etiquetas dañadas durante el proceso de etiquetado, presentando rasgaduras o arrugas.
4. Se evidenció un incremento en el volumen de etiquetas desechadas en el área de trabajo, generando residuos que requerían ser retirados.

¿Cuánto está afectando el problema?

1. Desperdicio de etiquetas: Se ha registrado un promedio de 9.81% de desperdicio mensual, lo que supera el valor esperado de 8.42%
2. Pérdidas monetarias: Las pérdidas económicas asociadas al desperdicio de etiquetas alcanzan valores de hasta \$3,038.68 mensuales.
3. Impacto operativo: El desperdicio genera retrabajo, aumenta los costos de producción y afecta la eficiencia del área de etiquetado.
4. Impacto ambiental: El desperdicio de etiquetas contribuye a un mayor uso de recursos y genera residuos innecesarios.

Tabla 3: Resumen del Problema con 3W+2H

Pregunta	Respuesta
What	Alto porcentaje de desperdicio de etiquetas en el área de etiquetado.
Where	Área de etiquetado de envases menores, específicamente en la máquina etiquetadora semiautomática.
When	Últimos 6 meses, con un pico de 12% de desperdicio mensual.
How do I know?	Etiquetas despegadas, mal colocadas, dañadas o arrugadas durante el proceso de etiquetado.
How Much	12% de desperdicio mensual, pérdidas de hasta \$3,038.68 mensuales, impacto en la eficiencia operativa y ambiental.

Fuente: elaboración propia

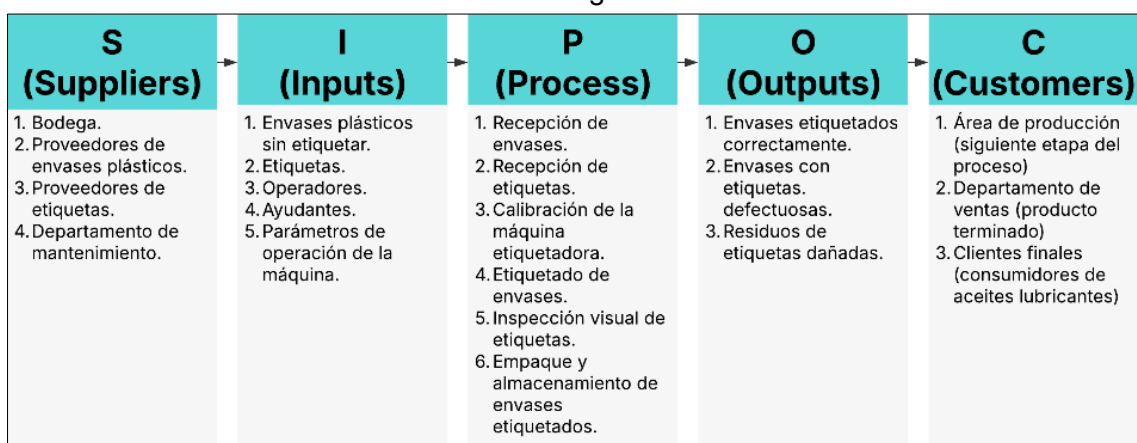
En resumen, se logró identificar un alto porcentaje de desperdicio de etiquetas en el área de etiquetado de envases menores en una planta de producción de aceites lubricantes. El problema se ha identificado en todo el año 2023, alcanzando hasta un 12% de desperdicio mensual. Se ha observado que muchas etiquetas no se adhieren correctamente, se colocan en posiciones incorrectas o se dañan durante el proceso, generando un aumento en los residuos impactando en la operación, con un promedio de desperdicio del 9.81% mensual, pérdidas económicas de hasta \$3,038.68 al mes y reducción en la eficiencia productiva.

2.7.1.2 SIPOC para delimitar el proceso.

Para esta etapa se elaboró un diagrama SIPOC, representado en la ilustración 4, que muestra el proceso de etiquetado de envases menores. El proceso empieza con los proveedores de envases y etiquetas, así como el departamento de mantenimiento encargado de la calibración de la máquina, siguiendo por los materiales, personas y condiciones necesarias para ejecutar el proceso, mismo que representa a las actividades que se realizan en la operación de etiquetado.

También se consideran que las salidas que para el proceso son los envases correctamente etiquetados, desperdicio de etiquetas defectuosas y residuos generados. Y Finalmente los clientes, que son los receptores del producto final, incluyendo el área de producción para la siguiente etapa, el departamento de ventas y los consumidores finales.

Ilustración 4: Diagrama SIPOC



Fuente: elaboración propia

2.7.1.3 VOC (Voz del Cliente) para entender expectativas.

La etapa de VOC permitió traducir las necesidades de los clientes en requisitos concretos y medibles, que sirvieron como base para diseñar soluciones en las etapas posteriores de DMAIC. La Tabla 4 resume los datos obtenidos en el VOC y los objetivos y necesidades de los diferentes clientes del proceso.

Algunas de las preguntas realizadas al equipo de producción, calidad y auditoría fueron.

1. ¿Cómo percibe el impacto del desperdicio de etiquetas en la eficiencia del área de etiquetado?
2. ¿Qué consecuencias operativas o económicas ha observado debido a este problema?
3. ¿Qué porcentaje de desperdicio considera aceptable para este proceso?
4. ¿Qué acciones prioritarias cree que deberían implementarse para reducir el desperdicio?
5. ¿Qué factores cree que contribuyen a los errores en el etiquetado?

6. ¿Ha identificado momentos del día o condiciones específicas donde el desperdicio aumenta?

Tabla 4: Resumen VOC

Cliente	Requisito Principal	CTQ (Métrica Asociada)	Objetivo
Equipo de Auditoria	Reducir desperdicio al 7%	Porcentaje de desperdicio mensual	$\leq 7\%$ de desperdicio mensual
Equipo de Calidad	Etiquetas correctamente adheridas y posicionadas	Número de no conformidades de lotes por mal etiquetado de envases	≤ 2 NC mensuales por envases mal etiquetados
Equipo de Producción	Mantener velocidad de producción	Envases etiquetados por hora	$\geq 1,200$ envases/hora

Fuente: Elaboración propia

2.7.2 Etapa de Medición

Para la etapa de medición se requirió elaborar un plan de recolección de datos, el mismo que se encuentra descrito en la tabla 5, el cual sirvió para registrar el % de desperdicio de etiquetas en el área de etiquetado de envases menores e identificar sus posibles causas. Se recopilaron datos en todos los turnos de producción, donde se registraron el número de etiquetas desperdiciadas y, considerando factores de estratificación como fecha, tipo de defecto, turno, operador, proveedor, lote y producto. La información se documentó en el formato "CONTROL DE PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES ETIQUETADOS" (FOR-PRO 11 V4) para su análisis y seguimiento.

Tabla 5: Plan de recolección de datos

Datos		Definición operacional			
¿Qué?	Tipos de datos	¿Cómo medir?	Factores de estratificación	Muestreo	¿Dónde registrar?
% de desperdicio de etiquetas en el área de etiquetado de envases menores	Discreto	Durante todos los turnos se registran el número de etiquetas que se desperdician en el proceso de etiquetado	Fecha Defecto que lo causó Turno Operadores en el turno Proveedor de las etiquetas Lotes de las etiquetas Nombre del producto	Durante todas las producciones	Formato de "CONTROL DE PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES ETIQUETADOS" FOR-PRO 11 V4

Fuente: Elaboración propia

2.7.2.1 Hoja de recolección de datos.

El objetivo de esta hoja fue recopilar información relevante sobre el proceso de etiquetado y los problemas asociados con los desperdicios de etiquetas en la máquina etiquetadora. Los datos recopilados se utilizaron para identificar causas raíz, evaluar el impacto de las soluciones propuestas y monitorear el progreso del proyecto.

Se recopilaron datos de producción diarios, incluyendo la cantidad de etiquetas utilizadas, la cantidad de productos etiquetados y cualquier incidencia de desperdicio de etiquetas en el formato FOR PRO V11 que se muestra a continuación en la ilustración 5.

Ilustración 5: Formato FOR-PRO-V11

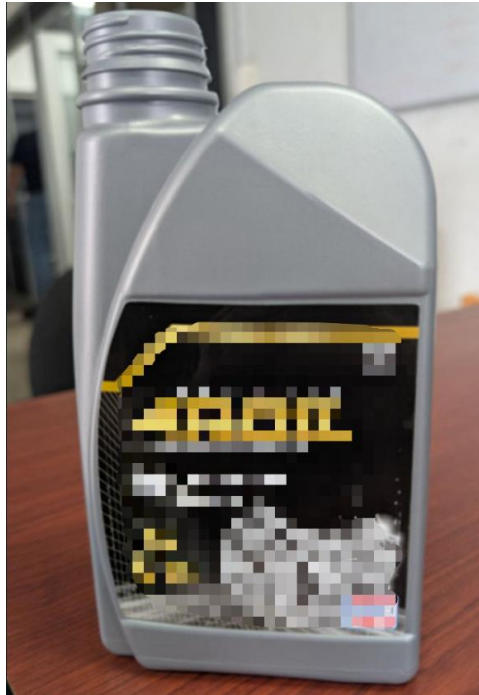
PROCESO		PRODUCCIÓN DE ENVASES ETIQUETADOS				
REGISTRO		CONTROL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES ETIQUETADOS				
FOR-PRO-11 / VERSIÓN 04 / FECHA: 2023/11/29						
FECHA	N° ORDEN FABRICACIÓN/LOTE	CANTIDAD (UND)	NOMBRE DEL PRODUCTO		API	¿ETIQUETA CORRECTA DE AMBOS LADOS?
						SI ☐ NO ☐
TRAZABILIDAD ETIQUETA				TRAZABILIDAD ENVASE		
PROVEEDOR	LOTE/S ANVERSO	LOTE/S REVERSO	CANTIDAD USADA (UND)	PROVEDOR	LOTE	CANTIDAD USADA (UND)
TRAZABILIDAD LÁMINA DE CARTÓN				DESPERDICIOS		
PROVEDOR	LOTE	CANTIDAD USADA (UND)	ETIQUETA ANVERSO (UND)	ETIQUETA REVERSO (UND)	ENVASES (UND)	LÁMINAS DE CARTÓN (UND)
INFORMACIÓN DEL PERSONAL/TURNO						
OPERADOR(ES)	TURNO	FIRMA INSPECTOR	COMENTARIOS O NOVEDADES			
	DÍA ☐					
	NOCHE ☐					

Fuente: Elaboración propia

2.7.2.2 Análisis del Sistema de Medición (MSA)

Para validar que el sistema de medición utilizado para recolectar datos sobre el desperdicio de etiquetas es preciso, consistente y capaz de proporcionar información confiable, se realizó un Análisis del Sistema de Medición (MSA). Participaron tres operadores, quienes evaluaron 50 envases etiquetados, previamente evaluados como “envase conforme” como se muestra en la ilustración 6, y “envase no conforme” como se muestra en la ilustración 7, por parte del equipo de calidad, en dos rondas. Los atributos (discretos) evaluados fueron envases bien etiquetados (conformes) y mal etiquetados (no conformes) usando análisis de acuerdo entre evaluadores.

Ilustración 6: Envase conforme



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7: Envase no conforme



Fuente: Elaboración propia

Este método evalúa exactitud (qué tan cercana está la medición al valor real) y precisión: Consistencia de las mediciones (repetibilidad y reproducibilidad).

1. Exactitud: se comparan las clasificaciones de los operadores con las del equipo de calidad.
2. Repetibilidad (consistencia del mismo operador):
3. Reproducibilidad (consistencia entre operadores): Comparar las clasificaciones entre los 3 operadores.

Los Criterios de Aceptación se muestran a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6: Resumen de criterios de aceptación

Valores (%)	Criterios de aceptación		
	Repetibilidad	Reproducibilidad	Exactitud
90-100	Aceptable	Aceptable	Aceptable
80-89	Podría requerir ajustes	Podría requerir ajustes	Inaceptable
0-79	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta la tabla 7 con los resultados de las 50 muestras y la tabla 8 con los datos recolectados para el MSA. Incluye las clasificaciones de 3 operadores en dos rondas, junto con el estándar de referencia dado por el equipo de calidad.

Tabla 7: Resumen de rangos para el MSA

EXACTITUD TOTAL	92,0%
REPETIBILIDAD TOTAL	93,3%
REPRODUCIBILIDAD	80,0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: MSA Completo

Muestra	Conformidad muestras estándar	Abreviatura	OP 1 ronda 1	OP 1 ronda 2	Repetibilidad OP1	Exactitud OP1	OP 2 ronda 1	OP 2 ronda 2	Repetibilidad OP 2	Exactitud OP 2	OP 3 ronda 1	OP 3 ronda 2	Repetibilidad OP 3	Exactitud OP 3	Reproducibilidad total
1	No conforme	NC	C	C	100%	0%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	1
2	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
3	No conforme	NC	NC	C	0%	0%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	0
4	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
5	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	C	0%	0%	NC	NC	100%	100%	0
6	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
7	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	1
8	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
9	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	1
10	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
11	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	1
12	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
13	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	1
14	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
15	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	C	0%	0%	NC	NC	100%	100%	0
16	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
17	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	1
18	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
19	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	1
20	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
21	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	1
22	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
23	No conforme	NC	NC	C	0%	0%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	0
24	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
25	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	C	0%	0%	C	C	100%	0%	0
26	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
27	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	1
28	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
29	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	1
30	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
31	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	1
32	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
33	No conforme	NC	NC	C	0%	0%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	0
34	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
35	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	C	0%	0%	NC	NC	100%	100%	0
36	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1

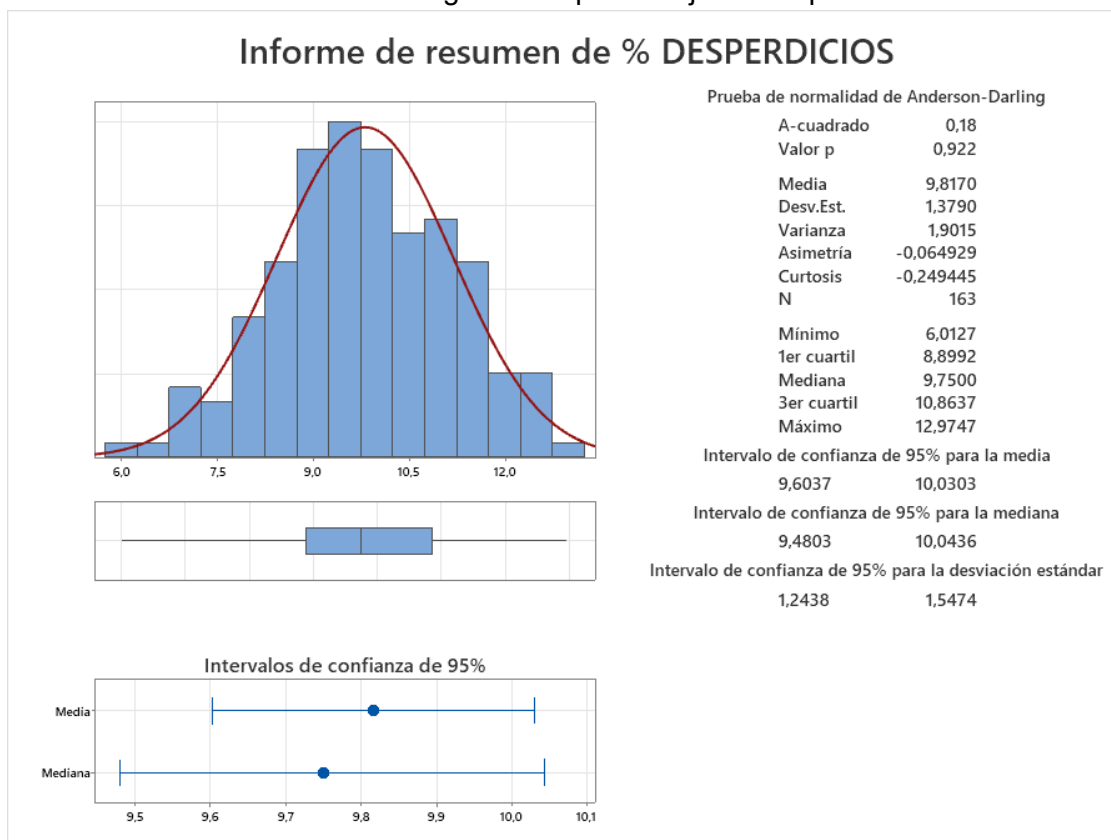
Muestra	Conformidad muestras estándar	Abreviatura	OP 1 ronda 1	OP 1 ronda 2	Repetibilidad OP1	Exactitud OP1	OP 2 ronda 1	OP 2 ronda 2	Repetibilidad OP 2	Exactitud OP 2	OP 3 ronda 1	OP 3 ronda 2	Repetibilidad OP 3	Exactitud OP 3	Reproducibilidad total
37	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC-	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	1
38	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
39	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	1
40	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
41	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	1
42	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
43	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	C	NC	0%	0%	0
44	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
45	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	C	0%	0%	NC	NC	100%	100%	0
46	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
47	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	1
48	Conforme	C	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	C	C	100%	100%	1
49	No conforme	NC	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	NC	NC	100%	100%	1
50	Conforme	C	C	C	100%	100%	NC	C	0%	0%	C	C	100%	100%	0
					94%	92%			88%	88%			98%	96%	80%

Fuente: Elaboración propia

2.7.2.3 Histograma para visualizar la variabilidad del proceso.

Se recopilaron datos del porcentaje de desperdicio de etiquetas en 163 lotes de envases etiquetados, usando el formato creado para la etapa de recolección de datos, durante diciembre 2023 hasta mayo 2024. Con los datos recopilados se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la ilustración 8:

Ilustración 8: Histograma de porcentaje de desperdicios.



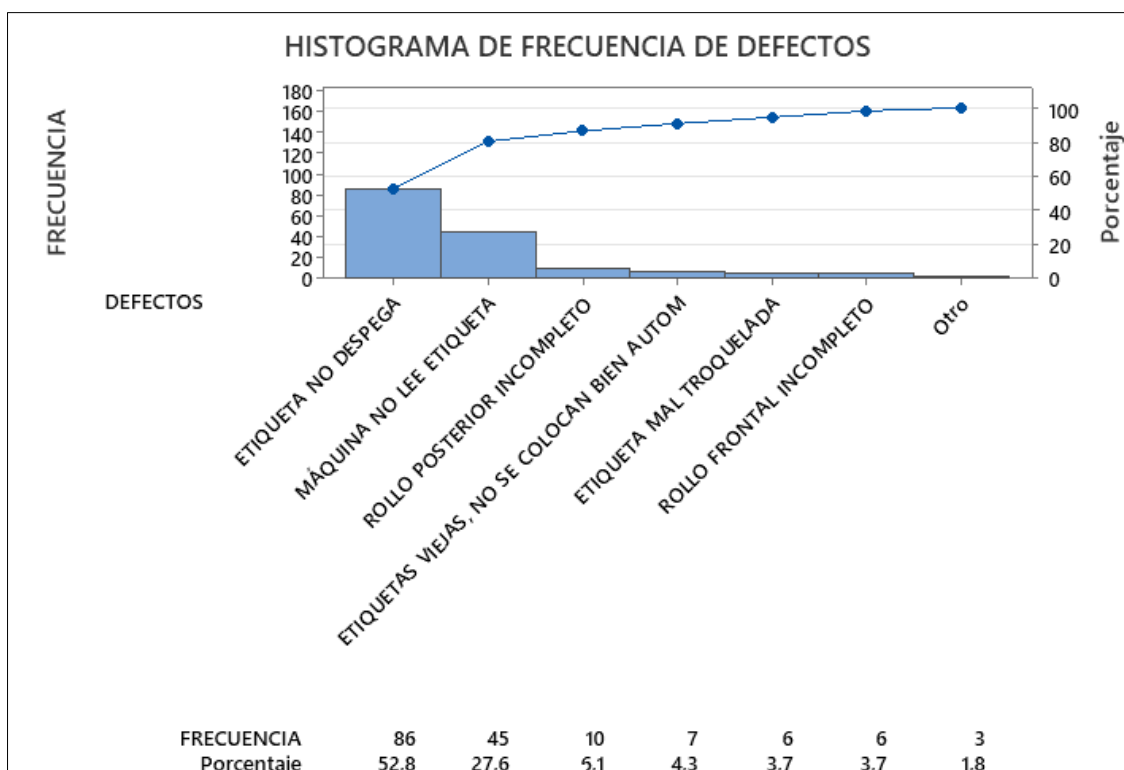
Fuente: Elaboración propia

Los datos presentan una distribución semejante a una distribución normal, aunque con cierta asimetría hacia la derecha. Esto sugiere que la mayoría de los lotes de envases etiquetados tuvieron un porcentaje de desperdicio entre 9% y 11%, pero existieron algunos lotes con un porcentaje de desperdicio significativamente mayor. La media del porcentaje de desperdicio fue de aproximadamente 10%, lo cual supera el objetivo deseado del 5-6% y la dispersión de los datos fue considerable, lo que indicó una alta variabilidad en el proceso de etiquetado. Así mismo con el propósito de analizar la distribución de los diferentes tipos de defectos detectados en los lotes de etiquetas evaluados, se elaboró un diagrama de Pareto (ilustración 9).

El análisis reveló que el defecto predominante es "ETIQUETA NO DESPEGA", con una incidencia de 86 casos, representando el 52.8% del total de defectos registrados. En segundo lugar, se encuentra "MÁQUINA NO LEE ETIQUETA", con 45 ocurrencias y un 27.6%, seguido por "ROLLO POSTERIOR INCOMPLETO", con 10 registros y un 5.1%.

Estos últimos presentan una frecuencia significativamente menor en comparación con el defecto principal.

Ilustración 9: Frecuencia de defectos



Fuente: Elaboración propia

2.7.2.4 Declaración Enfocada

El análisis de defectos en el proceso de etiquetado identificó que el defecto "ETIQUETA NO DESPEGA" representa el 52.8% de los casos, siendo el principal factor de desperdicio. A continuación, se encuentran "MÁQUINA NO LEE ETIQUETA" (27.6%) y "ROLLO POSTERIOR INCOMPLETO" (5.1%).

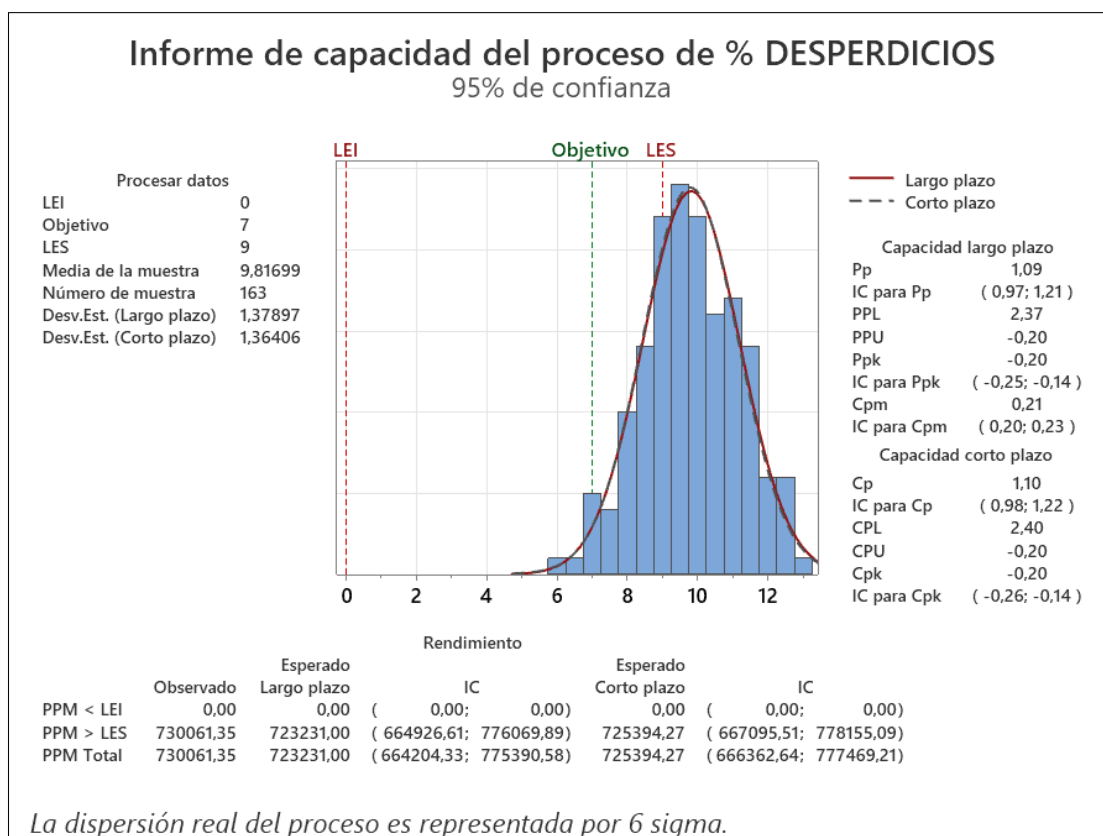
Adicionalmente, en el presente estudio no se consideró el defecto identificado como "MÁQUINA NO LEE ETIQUETA", dado que el equipo de producción y calidad ha determinado previamente su causa raíz. Este problema se atribuye a un diseño específico de arte en un producto de presentación litro, el cual no es detectado correctamente por los sensores de la máquina de etiquetado. La limitación radica en que dichos sensores, debido a su tiempo de operación, han alcanzado un punto en el que ya no pueden ser recalibrados correctamente. Si bien este defecto impacta el proceso de etiquetado, su exclusión del análisis se debe a que su resolución requiere una intervención técnica específica, en este caso la sustitución del sistema de sensores.

Dado su alto impacto, se seleccionó "ETIQUETA NO DESPEGA" como la prioridad para su resolución.

2.7.2.5 Análisis de Capacidad del Proceso

Con el objetivo de evaluar si el proceso de etiquetado cumplía con las especificaciones establecidas, se realizó un análisis de capacidad del proceso utilizando los datos recopilados de 163 lotes de envases etiquetados. Se calcularon los índices de capacidad Cp y Cpk, los cuales proporcionan información sobre la variabilidad y el centrado del proceso en relación con los límites de especificación, los resultados de las pruebas se muestran en la ilustración 10.

Ilustración 10: Informe de capacidad



Fuente: Elaboración propia

Los valores de Cp (1,10) y Pp (1,09) indicaron que el proceso tiene la capacidad potencial para cumplir con las especificaciones a corto y largo plazo, respectivamente, si estuviera perfectamente centrado.

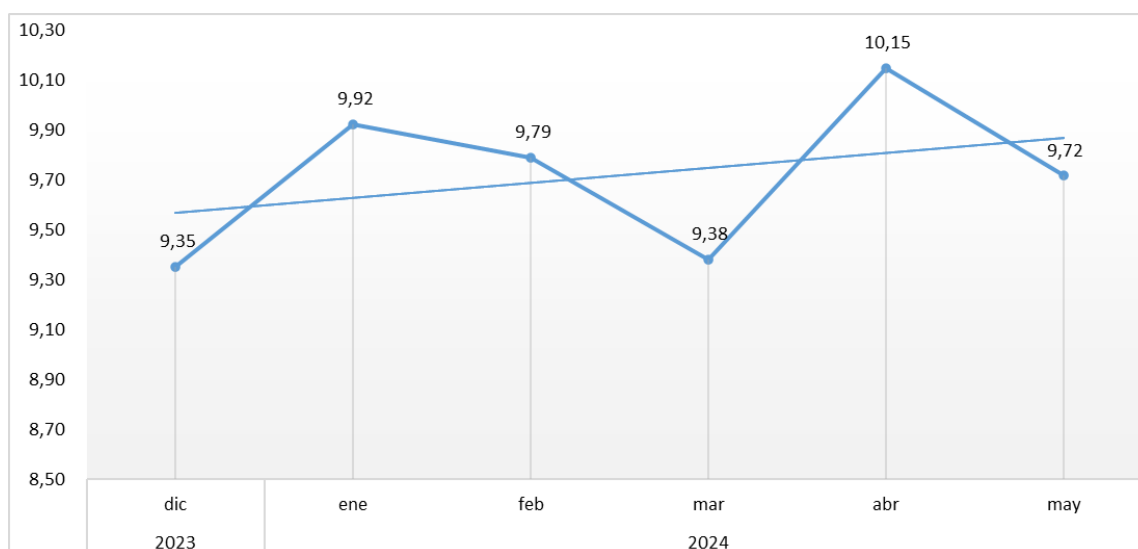
Cpk y Ppk: Los valores negativos de Cpk (-0,20) y Ppk (-0,20) confirmaron que el proceso no cumplía con las especificaciones en la realidad, debido a un problema de centrado. La media del proceso (9,817%) se encontraba muy por encima del objetivo (7) e incluso del límite superior de especificación (9).

El análisis de capacidad del proceso demostró que, si bien el proceso tenía la capacidad potencial para cumplir con las especificaciones, en la práctica no lo hacía.

2.7.2.6 Diagrama de tendencia

El gráfico de tendencia temporal de la ilustración 11, muestra la evolución del porcentaje de desperdicio de etiquetas en el área de etiquetado de envases menores durante un período de seis meses, desde diciembre de 2023 hasta mayo de 2024. Se observa una línea de tendencia general que sugiere un ligero aumento del desperdicio.

Ilustración 11: Tendencia temporal del porcentaje de desperdicios.



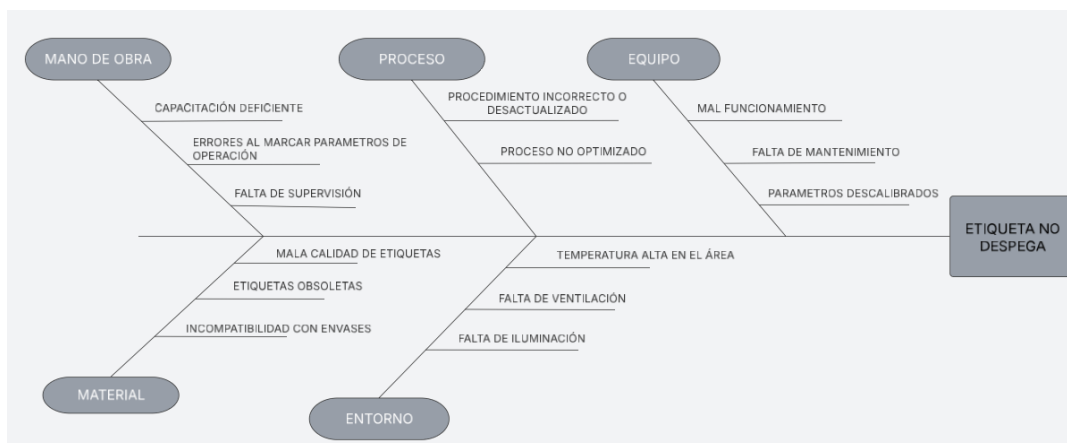
Fuente: Elaboración propia

2.7.3 Etapa de análisis

2.7.3.1 Diagrama de Ishikawa

Con el objetivo de identificar las posibles causas raíz del alto desperdicio de etiquetas en el área de etiquetado de envases menores, se llevó a cabo una sesión de lluvia de ideas con el equipo de producción y calidad. Durante esta sesión, se abordaron las 5 categorías principales del diagrama de Ishikawa (5M): Mano de obra, Materiales, Máquinas, Métodos y Medio ambiente lo que permitió identificar una amplia gama de posibles causas que podrían estar contribuyendo al alto desperdicio de etiquetas. Estas ideas fueron la base para la elaboración del diagrama representado en la ilustración 12.

Ilustración 12: Diagrama de Ishikawa

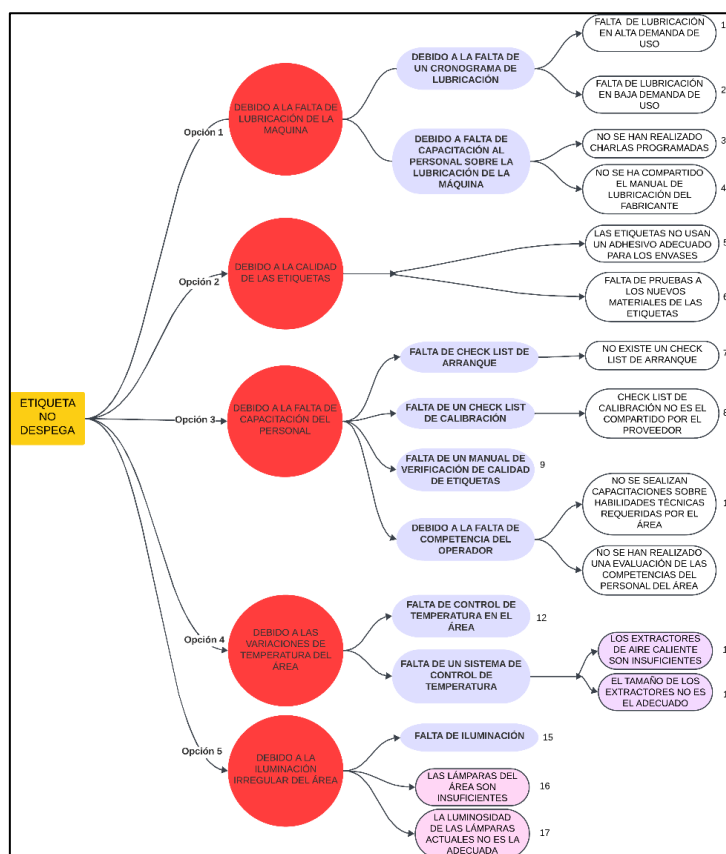


Fuente: Elaboración propia

2.7.3.2 Árbol de Decisión para clasificar y priorizar variables.

Con el objetivo de clasificar y posteriormente priorizar las variables identificadas en la lluvia de ideas y descritas en el diagrama de Ishikawa, se elaboró un árbol de decisión como se muestra en la ilustración 13. Esta herramienta permitió organizar las diferentes opciones de mejora en función de su impacto potencial en la reducción del desperdicio de etiquetas. El árbol de decisión se estructuró de la siguiente manera:

Ilustración 13: Árbol de Decisión

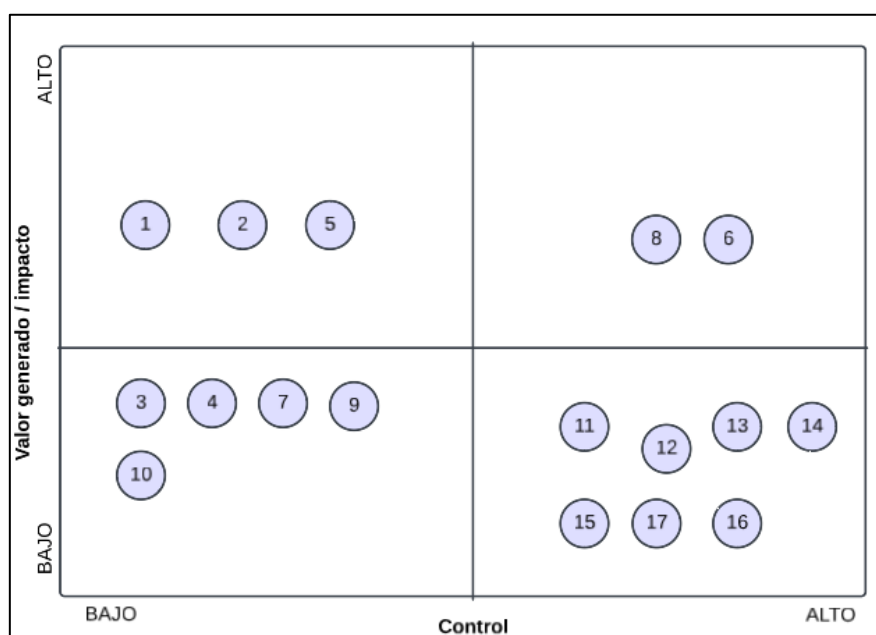


Fuente: elaboración propia

2.7.3.3 Matriz Impacto-Control para determinar causas verificables.

En esta etapa, el equipo de producción, calidad y bodega construyó la matriz de impacto-control, ilustración 14, evaluando cada acción descrita en el árbol de decisión en función de su impacto potencial y la facilidad para controlar o verificar su implementación y resultados.

Ilustración 14: Matriz impacto vs esfuerzo



Fuente: Elaboración propia

El análisis de la matriz permite priorizar aquellas acciones que se ubican en el cuadrante de alto impacto y baja dificultad/control de las cuales se identificaron 3 causas potenciales las cuales se abordan en la siguiente etapa del plan de verificación de causas potenciales.

2.7.3.4 Plan de verificación de causas potenciales

Se identificaron 3 causas potenciales que podrían estar contribuyendo al desperdicio de etiquetas, estas causas se resumen en la tabla 9. Para cada una de ellas, se formuló una teoría sobre su impacto y se definió un método de verificación basado en herramientas estadísticas y experimentales. A continuación, se presenta un resumen de los análisis realizados:

Tabla 9: Plan de verificación de causas

Causa Potencial por verificar	Teoría sobre el impacto	Método de verificación	ESTADO
Falta de lubricación en alta demanda de uso de la máquina	La alta demanda de envases etiquetados en las últimas semanas del mes genera mayor desgaste en las piezas móviles haciendo que aumenten los desperdicios.	Gemba, Go-see Estadística descriptiva de datos históricos, comprobación de hipótesis.	FINALIZADO
Falta de lubricación en baja demanda de uso de la máquina	Cuando la máquina trabaja a ritmo "normal" hace que no se considere lubricar las piezas porque se piensa que no hay desgaste significativo.	Gemba, Go-see, Estadística descriptiva de datos históricos, comprobación de hipótesis	FINALIZADO
Las etiquetas no usan un adhesivo adecuado para el envase	El adhesivo usado podría ser incompatible con la superficie del envase.	Diagrama de caja, comprobación de hipótesis	FINALIZADO

Fuente: Elaboración propia

2.7.3.5 Verificación de causas

2.7.3.6 Causa 1: Falta de lubricación en alta demanda de uso de la máquina

Ilustración 15: Máquina etiquetadora

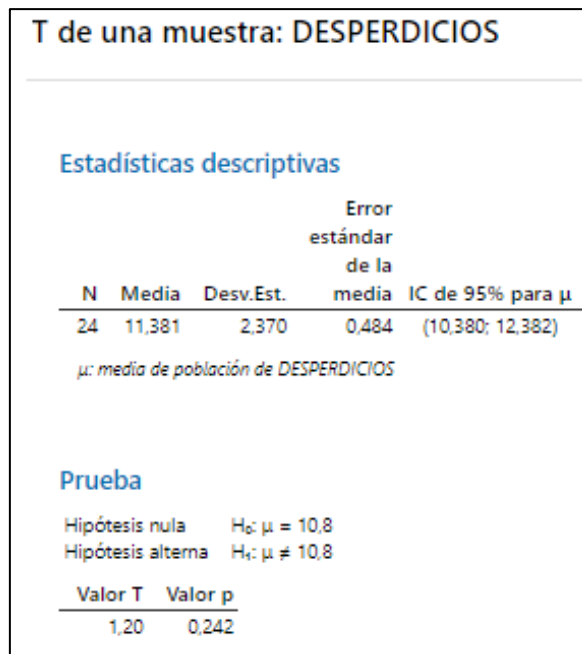


Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 15 se muestra los rodillos desgastados (con marcas horizontales).

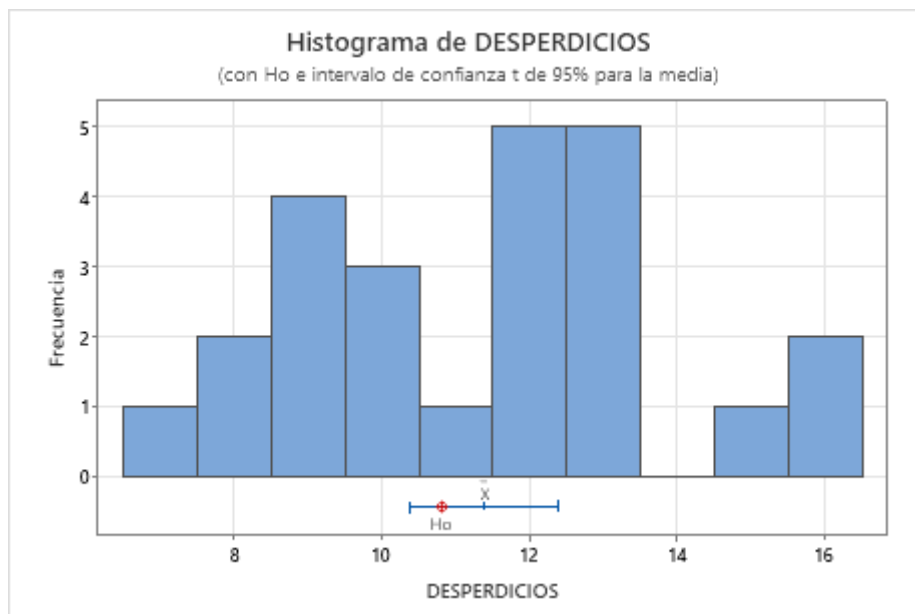
Se recolectaron datos de los lotes de envases etiquetados en la última semana del mes, para realizar un análisis estadístico T de una muestra e identificar si existen diferencia significativa versus la media mensual de desperdicios, los resultados de la prueba se muestran en la ilustración 16 y 17.

Ilustración 16: Resultados de T de 1 muestra



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 17: Histograma de desperdicios



Fuente: Elaboración propia

Se realizó una prueba para determinar si el promedio de la muestra de desperdicio de etiquetas es diferente de 10.8% que es el promedio mensual. Aunque el promedio

muestral fue 11.381%, con un valor $t = 1.20$ y un valor $p = 0.242$ y dado que $p > 0.05$, no se rechazó la hipótesis nula (H_0), lo que indica que la diferencia observada no es estadísticamente significativa. Por lo tanto, no hay suficiente evidencia para concluir que el desperdicio de etiquetas por falta de lubricación de la máquina etiquetadora según la alta demanda de trabajo sea significativamente mayor al promedio 10.8%.

2.7.3.7 CAUSA 2: Falta de lubricación en baja demanda de uso de la máquina

Para esta causa, la teoría sobre el impacto mencionaba que “Cuando la máquina trabaja a ritmo “normal” hace que no se considere lubricar las piezas porque se piensa que no hay desgaste significativo, pero se piensa que se genera la misma cantidad de desperdicios”, por lo cual se recolectaron datos de las semanas donde la demanda es estable y la maquina opera a velocidad normal de trabajo como se muestra en la ilustración 18.

Ilustración 18: Velocidad de la máquina etiquetadora en condiciones normales de trabajo



Fuente: Elaboración propia

Se realizó una prueba de hipótesis para determinar si la media del desperdicio en baja demanda es igual a 10.9%, los resultados se pueden observar en la ilustración 19. La media muestral obtenida fue 9.278, con un valor $t = -2.25$ y un valor $p = 0.034$.

Ilustración 19: Resultados pruebas de hipótesis

T de una muestra: DESPERDICIO EN BAJA DEMANDA				
Estadísticas descriptivas				
N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95% para μ
26	9,278	3,679	0,721	(7,792; 10,764)
μ : media de población de DESPERDICIO EN BAJA DEMANDA				
Prueba				
Hipótesis nula	$H_0: \mu = 10,9$			
Hipótesis alterna	$H_1: \mu \neq 10,9$			
Valor T	Valor p			
-2,25	0,034			

Fuente: Elaboración propia

Dado que $p < 0.05$, se rechazó la hipótesis nula (H_0) que indica que en periodo de baja demanda se generan en promedio la misma cantidad de desperdicios, esto quiere decir que la diferencia observada es estadísticamente significativa, por lo tanto, existe evidencia suficiente para afirmar que el desperdicio en baja demanda genera un promedio diferente de desperdicios por el desgaste de las piezas móviles debido a las horas de trabajo en velocidad normal.

2.7.3.8 CAUSA 3: Las etiquetas no usan un adhesivo adecuado para el envase

Para esta causa se analizaron 30 lotes de producción de envases etiquetados, los cuales 15 eran con etiquetas P3H Y 15 con etiquetas P4, los cuales son los que la empresa utiliza y tiene en stock actualmente. La ilustración 20 muestra los datos estadísticos obtenidos en Minitap para la prueba de hipótesis, los resultados de la prueba de hipótesis se encuentran en la ilustración 21.

Ilustración 20: Resultados de pruebas estadísticas casusa 3

Estadísticas descriptivas				
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
% DESP (P3H)	15	11,28	1,44	0,37
% DESP (P4)	15	8,77	1,58	0,41

Fuente: Elaboración propia

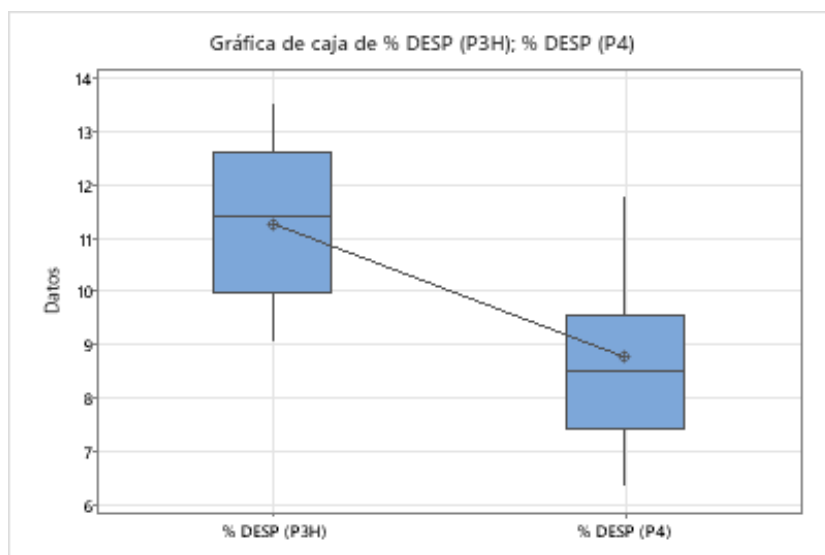
Ilustración 21: Resultados pruebas de hipótesis causa 3

Estimación de la diferencia		
Diferencia	IC de 95% para la diferencia	
2,504	(1,371; 3,636)	

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
4,53	27	0,000

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 22: Gráfico de cajas causa 3



Fuente: Elaboración propia

Dado que el valor p es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que existe una diferencia significativa entre los adhesivos. En términos prácticos, el adhesivo P4 genera significativamente menos desperdicio que P3H tal como se muestra en la gráfica de cajas de la ilustración 22.

2.7.3.9 Análisis de “5 ¿Por Qué?” de la causa 3: Las etiquetas no usan un adhesivo adecuado para el envase

Ilustración 23: 5 por qué de la causa 3

RONDA 1	HIPOTESIS	RONDA 2	HIPOTESIS	RONDA 3	HIPOTESIS	RONDA 4	HIPOTESIS	RONDA 5	HIPOTESIS	ACCION
¿Por qué se menciona que las etiquetas no usan un adhesivo adecuado para el envase?		¿Por qué el adhesivo no se adhiere correctamente?		¿Por qué la formulación del adhesivo P3H no es compatible con el envase?		¿Por qué no se realizó una validación adecuada del adhesivo?		¿Por qué no existía un procedimiento estándar de validación?		Establecer un procedimiento de evaluación técnico-económica para la selección de adhesivos correctos y compatibles con el envase en la compra de etiquetas
Porque el adhesivo no se adhiere correctamente a la superficie del envase, causando desprendimiento o fallas en la etiqueta.	SI	Porque la formulación del adhesivo P3H no es completamente compatible con el material de la superficie del envase en las condiciones del proceso, según el proveedor de etiquetas	SI	Porque el adhesivo fue seleccionado sin una validación adecuada de su desempeño en las condiciones reales de operación.	SI	Porque no existía un procedimiento estándar para evaluar la compatibilidad de nuevos adhesivos antes de su implementación.	SI	Porque históricamente se ha priorizado la disponibilidad de materiales y costos sobre la optimización del rendimiento del adhesivo.	SI	
		Porque las condiciones ambientales en el área de etiquetado afectan la viscosidad y adherencia del adhesivo.		¿Por qué las condiciones ambientales en el área de etiquetado afectan la viscosidad y adherencia del adhesivo?		¿Por qué la temperatura y la humedad en la zona de etiquetado varían fuera de los rangos recomendados por el fabricante del adhesivo?				
		Porque la superficie del envase tiene residuos o irregularidades que dificultan la adhesión	NO	Porque la temperatura y humedad en la zona de etiquetado varían fuera de los rangos recomendados por el fabricante del adhesivo.	SI	Porque no se dispone de un sistema de climatización o control ambiental en el área de etiquetado que sea adecuado para la etiqueta y el proceso actual.	NO			

Fuente: Elaboración propia

2.7.4 Etapa de Mejora

2.7.4.1 Plan de Acción

Para establecer un procedimiento de evaluación técnico para la selección de adhesivos en la compra de etiquetas, , el cual se estableció como causa raíz en el análisis de 5 por qué mostrado en la ilustración 23, se realizó una reunión entre el equipo de producción, calidad, planificación y compras a fin de tener la información completa de los requisitos para las futuras compras de etiquetas con la especificación de adhesivo correcta, así mismo se levantó un plan de acción para la implementación de la solución encontrada tal como se muestra en la tabla 10 y la ilustración 24 que muestra el procedimiento para la evaluación de compra de etiquetas.

Tabla 10: Plan de acción

CAUSA RAIZ	¿QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿CÓMO?	¿DÓNDE?	¿CUÁNDO?
Las etiquetas no usan un adhesivo adecuado para el envase	Realizar un procedimiento de evaluación de adhesivos.	Para disminuir el porcentaje de desperdicio de etiquetas debido a incompatibilidad entre el adhesivo y el material del envase	El procedimiento dará las instrucciones para realizar pruebas físicas al material de la etiqueta y verificar que sea el adecuado para nuestro proceso, este documento servirá al área de compras para poder autorizar las nuevas adquisiciones de etiquetas.	En el proceso de compra de etiquetas	Cada vez que se realice la compra de etiquetas

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 24: Procedimiento de Evaluación de compra de etiquetas

Procedimiento de Evaluación Técnico-Económica para la Selección de Adhesivos en la Compra de Etiquetas		
Objetivo:		
Establecer un proceso sistemático para evaluar y seleccionar adhesivos para etiquetas, considerando tanto los aspectos técnicos como económicos, con el fin de optimizar el rendimiento del adhesivo y minimizar los costos asociados.		
Alcance:		
Este procedimiento se aplica a todas las etapas del proceso de selección de adhesivos para etiquetas, desde la identificación de necesidades hasta la implementación y seguimiento del adhesivo seleccionado.		
Responsabilidades:		
Equipo de Compras: Responsable de la adquisición de adhesivos y etiquetas, siguiendo los criterios de		
Equipo de Ingeniería/Producción: Responsable de evaluar el desempeño técnico de los adhesivos en		
Equipo de Calidad: Responsable de verificar el cumplimiento de los estándares de calidad de los adhesivos y etiquetas.		
Procedimiento:		
1. Identificación de Necesidades:		
Todos los adhesivos adquiridos para la empresa deberán tener adhesivo P4, el acabado de la misma será responsabilidad del área comercial.		
2. Investigación y Selección de Candidatos:		
Investigar y identificar proveedores de adhesivos que cumplan con los requisitos técnicos y de desempeño definidos.		
Solicitar muestras de adhesivos y etiquetas para realizar pruebas de laboratorio y de campo.		
3. Evaluación Técnica:		
Realizar las siguientes pruebas de laboratorio para evaluar las propiedades del adhesivo:		
Realizar pruebas de campo en condiciones reales de operación con las mismas pruebas anteriormente		
4. Selección del Adhesivo:		
Analizar los resultados de las evaluaciones técnicas y económicas para seleccionar el adhesivo que mejor cumpla con los requisitos y criterios establecidos.		
Documentación:		
Mantener un registro documentado de todo el proceso de evaluación, incluyendo los requisitos técnicos, los proveedores contactados, las pruebas realizadas, los resultados obtenidos y la justificación de la selección del adhesivo.		
Revisión y Mejora Continua:		
Revisar periódicamente este procedimiento para asegurar que siga siendo efectivo y relevante.		
ELABORACIÓN	REVISIÓN	APROBADO POR
PLANIFICADOR DE PRODUCCIÓN	GERENTE DE PRODUCCIÓN	GERENTE DE COMPRAS

Fuente: Elaboración propia

2.7.5 Etapa de Control

Para garantizar la sostenibilidad de las mejoras implementadas y prevenir la reaparición del defecto "ETIQUETA NO DESPEGA", se establecieron controles enfocados en la selección del adhesivo y el monitoreo del proceso de etiquetado.

2.7.5.1 Validación del Adhesivo Óptimo

Se acordó con el equipo de compras la implementación exclusiva de etiquetas con adhesivo P4, eliminando gradualmente el inventario de etiquetas con adhesivo P3H para minimizar su impacto en la producción. Para asegurar la trazabilidad y estandarización, se documentaron las especificaciones técnicas del adhesivo P4 y se incorporaron en las fichas técnicas de insumos proporcionadas por los proveedores al área de calidad.

Adicionalmente, en reunión con el equipo de producción, comercial y calidad se determinaron los parámetros y criterios que deben ser evaluados en las etiquetas a fin de ser consideradas aptas para su uso dentro del proceso productivo.

El área comercial aportó con los criterios de evaluación a la apariencia de la etiqueta, en este caso se considera que la etiqueta debe mantener una buena y sostenida pigmentación en el tiempo bajo condiciones ambientales variables (expuesta al ambiente, sin protección solar). En la tabla 11, se presenta el formato creado para la realización de las pruebas de homologación de adhesivos, mismo que también se utiliza para la evaluación periódica de nuevos lotes de etiquetas aleatorios.

Tabla 11: FOR-CCA-14-V2 procedimiento para prueba de homologación de adhesivo

PROCEDIMIENTO PARA LA PRUEBA DE HOMOLOGACIÓN DE ADHESIVO PARA USO EN ETIQUETAS EN ENVASES DE LITRO, GALON, BALDE, MINIBALDE Y TANQUE		
FOR-CCAL-14-V2 - 23/04/2024		
OBJETIVO:		
ESTABLECER LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y LOS PARÁMETROS A EVALUAR EN EL MATERIAL ADHESIVO DE LAS ETIQUETAS, A FIN DE UTILIZAR ETIQUETAS ADECUADAS PARA EL PROCESO DE ETIQUETADO.		
ALCANCE:		
Control de calidad de materiales de empaque		
Responsabilidad		
Analistas de calidad:	Responsables de realizar las pruebas técnicas de homologación del material adhesivo	
Gerente de producción	Responsable de la aprobación y aceptación del material homologado	
Equipo de compras:	Equipo responsable de la adquisición de etiquetas bajo la recomendación del presente procedimiento.	
PROCEDIMIENTO		
1. Equipo de compras notifica a equipo de calidad sobre el arribo de etiquetas para homologación por parte del proveedor.		
2. El proveedor debe entregar junto con las muestras la ficha de calidad del material adhesivo. Hay que asegurar que el material adhesivo declarado sea el P4.		
3. Analista de calidad clasifica las muestras según la presentación (litro, galón, balde, mini balde y tanque) para realizar las pruebas en la superficie adecuada de cada envase.		
4. Se toman 15 etiquetas para cada envase		
5. Se asegura que la superficie de los envases esté libre de contaminación (polvo, insectos, aceite o grasa) y etiquetar. Hay que asegurar que esté correctamente etiquetado, sin presencia de burbujas de aire en el interior, dobleces y cortes en los bordes de las etiquetas.		
6. Se colocan las 15 etiquetas a los envases y se colocarán en las siguientes ubicaciones:		
a. 5 envases etiquetados en el estante que se encuentra expuesto al aire libre		
b. 5 envases en el estante que se encuentra bajo techo.		
c. 5 envases dentro del laboratorio de control de calidad (excepto mini baldes, baldes y tanques, estos serán colocados al interior de la bodega de materias primas, en el espacio designado por el jefe de bodega para realizar las pruebas)		
7. Dejar en los lugares indicados durante 5 días.		
8. Luego de 5 días se revisarán los siguientes parámetros en todos los envases:		
a. Presencia de burbujas: sin presencia de burbujas (CONFORME), se presentan burbujas (NO CONFORME).		
b. Etiqueta se levanta por alguna de las esquinas de la etiqueta: sin presencia de levantamiento de etiqueta (CONFORME), se presentan burbujas (NO CONFORME).		
c. Despigmentación de la tinta: Si no se presentan variaciones en la apariencia de la tinta (CONFORME), si se presentan variaciones en la apariencia de la tinta (NO CONFORME).		
REVISIÓN Y MEJORA CONTINUA		
El presente documento será revisado cada 6 meses, a fin de actualizar los criterios y los parámetros a evaluar o en caso de actualización de material adhesivo por parte del proveedor a uno con mejores características.		
ELABORACIÓN	REVISIÓN	APROBADO POR
ANALISTA DE CALIDAD	GERENTE DE PRODUCCIÓN	GERENTE DE PRODUCCIÓN

Fuente: Empresa de elaboración de aceites lubricantes

Adicionalmente, se realizaron pruebas de adherencia en lotes aleatorios, permitiendo verificar que el adhesivo P4 cumple con los criterios de calidad definidos.

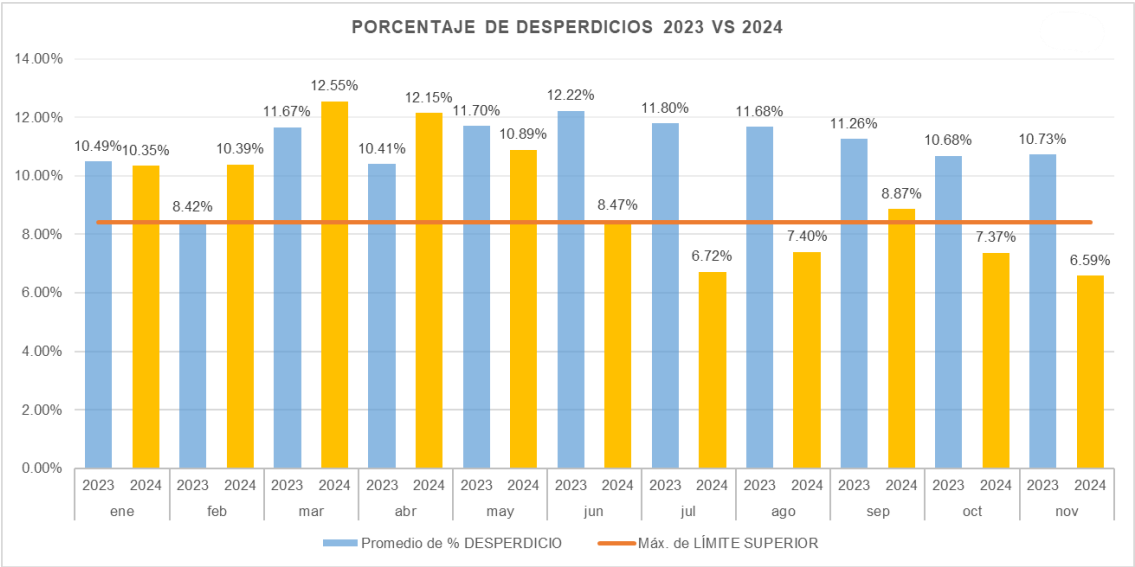
Así mismo, se determinó un período de seguimiento de seis meses, con mediciones mensuales de la tasa de desperdicio, a fin de monitorear la reducción esperada y garantizar la estabilidad del proceso.

CAPÍTULO 3

3.1 RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

Luego de la implementación de las mejoras en los adhesivos de las etiquetas y la disposición al área de compras y control de calidad, se llevó a cabo la recolección de 519 datos sobre desperdicio en el área. Como resultado, el promedio de desperdicio se muestra en la ilustración 25, en el periodo de junio a noviembre se disminuyó de 11.40% en 2023 a 7.63% en 2024, lo que representa una mejora de 3.77 puntos porcentuales.

Ilustración 25: Comparación del porcentaje de desperdicio mensual 2023 VS 2024 luego de la implementación de las mejoras.



Fuente: Elaboración propia

A pesar de esta mejora general, se observaron dos incrementos puntuales en los meses de agosto (7,40%) y septiembre (8,87%), atribuibles a la utilización de un stock remanente de etiquetas con especificaciones anteriores. Sin embargo, a partir de junio, la tendencia muestra una disminución sostenida, alcanzando valores inferiores al 8,42% (benchmark) en noviembre.

Análisis del ahorro monetario por desperdicios (2023 vs 2024)

Así mismo, se realizó un análisis de los valores monetarios que se redujeron; entre junio y noviembre el ahorro asociado por desperdicio de etiquetas fue de **\$4,336.02**, representando una reducción del 32.9% con respecto a 2023.

También, observando en la tabla 12, si se compara los últimos 6 meses antes de las mejoras, se observa que el valor total de los desperdicios fue de **\$13,091.09**, y el valor total de los desperdicios 6 meses luego de las mejoras fue de **\$8,836.82**, esto representa un ahorro de **\$4,254.27**

Tabla 12: Comparativo del porcentaje y valores totales por desperdicios 2023-2024

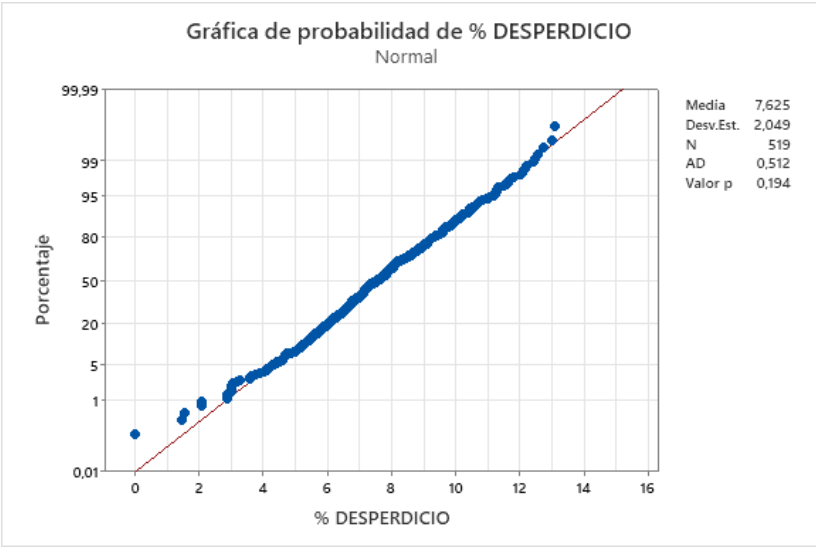
MES	AÑO			
	2023		2024	
	% DESPERDICIO	VALOR TOTAL (USD)	% DESPERDICIO	VALOR TOTAL (USD)
ene	10.49%	\$2,214.65	10.35%	\$1,636.59
feb	8.42%	\$708.44	10.39%	\$1,944.13
mar	11.67%	\$2,224.31	12.55%	\$2,978.84
abr	10.41%	\$1,659.45	12.15%	\$3,038.68
may	11.70%	\$1,823.86	10.89%	\$2,339.56
jun	12.22%	\$2,305.58	8.47%	\$2,296.19
jul	11.80%	\$2,409.38	6.72%	\$1,638.47
ago	11.68%	\$2,369.78	7.40%	\$1,460.16
sep	11.26%	\$1,588.82	8.87%	\$1,772.66
oct	10.68%	\$2,463.21	7.37%	\$927.75
nov	10.73%	\$2,036.07	6.59%	\$741.59
dic	12.29%	\$1,153.30		
Total general	11.22%	\$22,956.85	9.34%	\$20,774.61

Fuente: Elaboración propia

Análisis de capacidad post-mejoras

Previo a realizar el análisis de capacidad se debe asegurar que se tienen datos que sigan una distribución normal, se realizó prueba de normalidad de Anderson-Darling y se obtuvieron los siguientes resultados, tal como se muestra en la ilustración 26.

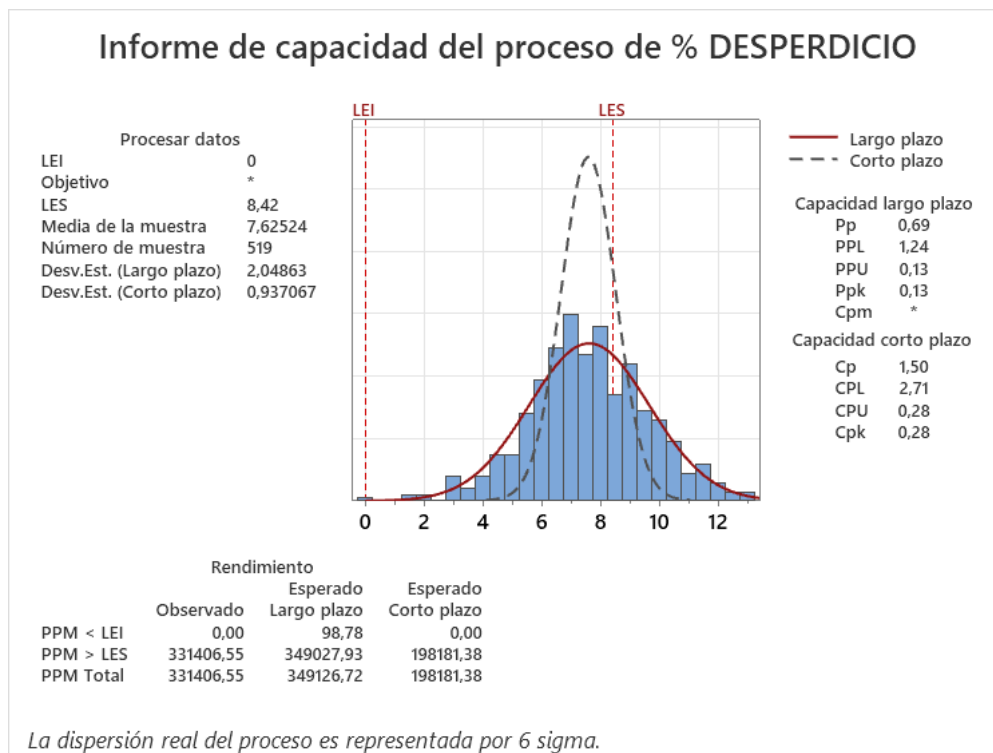
Ilustración 26: Prueba de normalidad post-mejoras



Fuente: elaboración propia

El valor p de 0.194 obtenido indica que los datos no se desvían significativamente de una distribución normal. Lo que permite asumir que los datos de desperdicio siguen una distribución normal.

Ilustración 27: Análisis de capacidad post-mejoras



Fuente: elaboración propia

Según los resultados obtenidos del análisis de capacidad en la Ilustración 27, el índice $C_p = 1.50$ indica que el proceso tiene el potencial de operar dentro de los límites establecidos, reflejando una baja variabilidad. Sin embargo, el valor de $C_{pk} = 0.28$ muestra que el proceso no está centrado dentro de las especificaciones, lo que significa que, en la práctica, sigue sin ser capaz de cumplir consistentemente con los requisitos. Este desbalance en la generación de desperdicios puede estar relacionado con el aumento en el promedio de desperdicio observado en los meses de agosto y septiembre, cuando se utilizaron etiquetas con adhesivo de la especificación anterior.

Si bien la mejora en la calidad del adhesivo en las etiquetas ha contribuido a reducir el desperdicio, la falta de centrado del proceso refuerza la necesidad de un control más estricto y ajustes adicionales para garantizar que la producción se mantenga dentro de los límites establecidos. Además, se recomienda una gestión más rigurosa del inventario de etiquetas para evitar variaciones que puedan comprometer la estabilidad del proceso.

A largo plazo, el análisis muestra que la capacidad del proceso se reduce considerablemente con un valor $P_p = 0.69$ y su desempeño es muy bajo con un valor $P_{pk} = 0.13$, lo que indica que el proceso no solo sigue descentrado, sino que además presenta mayor variabilidad con el tiempo.

CAPÍTULO 4

4.1 CONCLUSIONES

La implementación de mejoras en el proceso de etiquetado permitió reducir el desperdicio de etiquetas del 9.81% al 7,63% en el periodo de junio a noviembre, lo que representa una disminución del 22.2%

A través del análisis de datos, se detectó que el desperdicio estaba influenciado por factores como la calidad del adhesivo de las etiquetas y la falta de un procedimiento adecuado de adquisición de etiquetas adecuadas para el proceso de la empresa. Además, la presencia de un stock remanente de etiquetas con especificaciones previas generó un pico de desperdicio en el mes de septiembre (8.87%), afectando la estabilidad del proceso.

La recolección de 519 datos, en el periodo de junio a noviembre, permitió evaluar la evolución del desperdicio y evidenciar la mejora progresiva en la eficiencia del etiquetado. La implementación de registros sistemáticos y la estratificación de datos facilitaron la toma de decisiones basadas en evidencia, reduciendo la variabilidad y optimizando los recursos.

La aplicación del enfoque DMAIC y herramientas de control de calidad permitió no solo reducir el desperdicio, sino también establecer un sistema de mejora continua, asegurando la sostenibilidad de los resultados obtenidos. La tendencia a la baja del desperdicio en los últimos meses del estudio indica que las acciones correctivas han sido efectivas y pueden mantenerse en el tiempo con un control adecuado.

4.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda garantizar que todos los lotes de etiquetas cumplan con las especificaciones óptimas en términos de adhesivo, resistencia y compatibilidad con los envases, evitando futuros incrementos en el desperdicio por variabilidad en los insumos.
2. Para evitar el uso de etiquetas con especificaciones obsoletas, se recomienda mejorar el control de inventarios bajo una estrategia FIFO (First In, First Out), asegurando que las etiquetas más antiguas sean utilizadas antes y evitando acumulaciones de insumos incompatibles con los procesos mejorados.
3. Se recomienda realizar auditorías y revisiones trimestrales del proceso de etiquetado para detectar posibles variaciones y corregirlas antes de que afecten la producción.

BIBLIOGRAFÍA

- Ignacio Tomás Rooney. (2006). *IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE LA VOC PARA AGREGAR VALOR A LOS CLIENTES* . instituto Tecnológico de Buenos Aires.
- Liker, J. K. (2004). The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. *McGraw-Hill*.
- Montgomery, D. C., & Wiley, J. (2009). Sixth Edition Introduction to Statistical Quality Control. *Aptara, Inc.*, 6, 1–754. <https://www.uaar.edu.pk/fs/books/12.pdf>
- Silva, Q., Lourenço, E., & Martins, C. I. (2020). Application of DMAIC method in an industrial case study. *International Conference on Quality Engineering and Management*, 1(4), 47–57.
<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/72027/1/Application%20of%20DMAIC%20method%20in%20an%20industrial%20case%20study.pdf>
- Utama, D. M., & Abirfatin, M. (2023). Sustainable Lean Six-sigma: A new framework for improve sustainable manufacturing performance. *Cleaner Engineering and Technology*, 17. <https://doi.org/10.1016/J.CLET.2023.100700>