



FACULTAD DE POSGRADOS

TEMA: OPTIMIZACIÓN DEL LLENADO DE BOTELLONES EN
WATERCLEANER "EL RECREO" CON GESTIÓN DE PROCESOS Y
HERRAMIENTAS DE CALIDAD.

Docente: Rafael Graña Salgado

Integrantes:

María Belén Mejía Ron

Miguel Alejandro Rojas Hechavarría

2024

Tabla de contenido

Resumen	1
Abstract	2
1. Antecedentes	3
1.1. Descripción de la organización.....	3
1.2. Descripción del problema.....	9
1.3. Justificación del problema.....	11
1.4. Alcance.....	12
1.5. Objetivos.....	12
2. Revisión bibliográfica.....	13
3. Análisis de la situación actual.....	16
3.1. Gestión por procesos	16
3.2. Análisis de datos y transformación digital	18
3.3. Análisis del problema con datos del proceso.....	28
3.4. Priorización de los problemas.....	30
3.5. Análisis de causas.....	31
3.6. Priorización de las causas	33
4. Propuesta y justificación de alternativas de solución	35
4.1. Propuestas de mejora	35
4.2. Plan de mejora	44
4.3. Análisis costo-beneficio	46
4.4. Proyección de resultados	49
4.5. Discusión de resultados	50
5. Conclusiones.....	52
6. Recomendaciones.....	53
7. Bibliografía.....	54

Resumen

Este trabajo de investigación explora la optimización del proceso de embotellado de agua en la empresa Water Cleaner, El Recreo, con el objetivo de mejorar la eficiencia y mejorar la calidad del producto en general. El embotellado de agua es una industria crítica a nivel global, enfrentando desafíos relacionados con la sostenibilidad, la rentabilidad y las expectativas del consumidor. El estudio se centra en la implementación de avances tecnológicos y estrategias operativas para agilizar el proceso de embotellado manteniendo altos estándares de higiene y seguridad.

La investigación comienza con un análisis de las prácticas actuales de la empresa e identifica áreas clave para la mejora. Se evalúan factores como el rendimiento diario, la cantidad de fallas y el número de reprocesos para desarrollar un marco integral de optimización, esto se logra implementando técnicas de análisis como el AMEF, árbol de problemas, simulación, etc. La innovación tecnológica juega un papel fundamental en la modernización del proceso de embotellado. La automatización se integra para mejorar la precisión y la velocidad, minimizando errores humanos y maximizando la producción, por lo que se propuso automatizar el proceso de embotellado y etiquetado simulando con el apoyo de software los posibles resultados de la mejora.

Palabras clave: Embotellado de agua, optimización de procesos, control de calidad, innovación tecnológica.

Abstract

This research explores the optimization of the water bottling process at Water Cleaner, El Recreo, aiming to enhance efficiency and improve product quality overall. Bottled water production is a critical global industry facing challenges related to sustainability, profitability, and consumer expectations. The study focuses on implementing technological advancements and operational strategies to streamline the bottling process while maintaining high standards of hygiene and safety.

The research begins with an analysis of the company's current practices and identifies key areas for improvement. Factors such as daily performance, failure rates, and reprocessing numbers are evaluated to develop a comprehensive optimization framework. Techniques such as FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), problem tree analysis, simulation, etc., are utilized for this purpose.

Technological innovation plays a crucial role in modernizing the bottling process. Automation is integrated to enhance precision and speed, minimize human errors, and maximize production efficiency. Therefore, automating the bottling and labeling process was proposed, simulating potential improvement outcomes with software support.

Keywords: Bottled water, process optimization, quality control, technological innovation.

1. Antecedentes.

1.1. Descripción de la Organización

Water Cleaner, El Recreo, es una microempresa ecuatoriana dedicada al embotellamiento y distribución de agua purificada desde el año 2018. Forma parte de la red de franquicias Water Cleaner, ofreciendo una propuesta de valor centrada en garantizar agua purificada a través de cinco procesos: luz ultravioleta, post carbón, zeolita, carbón activo y ozonificación. La franquicia abrió el 29 de agosto de 2018, tiene aproximadamente seis años de funcionamiento. Con la tecnología necesaria para ofrecer agua 100% purificada, Water Cleaner, El Recreo, se compromete a mantener altos estándares de calidad y servicio para satisfacer las necesidades de sus consumidores. En términos del ciclo de vida de la empresa, se encuentra en una etapa de crecimiento y consolidación, aprovechando su experiencia de seis años en el mercado para expandir su presencia y fortalecer su posición competitiva (Sánchez, Lizarra, & Glaría, 2008).

Pilares estratégicos

- Misión

Ser una empresa de venta y distribución de agua embotellada 100% purificada a través de 5 procesos de alta tecnología, garantizando la satisfacción de nuestros clientes, con buen servicio y productos de calidad.

- Visión

Convertirnos en la comercializadora líder de agua en la zona sur de Quito y el Valle de los Chillos, siendo el aliado preferente de la comunidad para apoyar sus necesidades con nuestro producto.

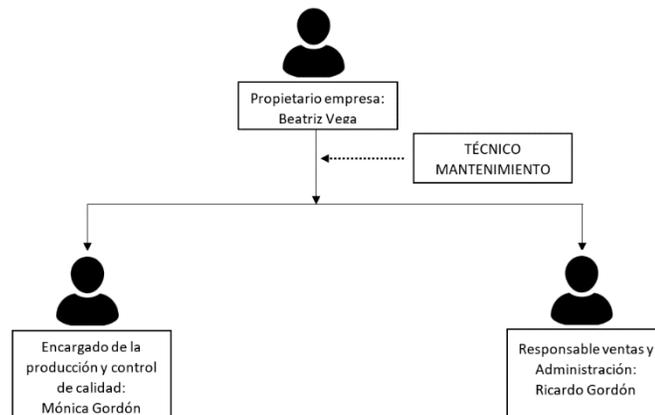
- Valores

Responsabilidad, compromiso, constancia, transparencia, respeto, trabajo en equipo, puntualidad, amabilidad, adaptabilidad.

Organigrama funcional

Figura 1

Organigrama Funcional de la empresa Water Cleaner



Nota. El grafico muestra las personas y sus responsabilidades en la empresa.

Fuente: Elaboración propia

Ubicación

El Tambo S10-24 y Calvas. Sector “El Recreo”. Parroquia Chimbacalle. Quito-Ecuador.

Número de colaboradores

Water Cleaner El Recreo, cuenta con 3 colaboradores en todos sus procesos, desde la propietaria del negocio, la encargada de producción y Calidad, el responsable de ventas y de la administración del negocio. Aparte de este personal, se cuenta con un técnico externo que es el dueño de toda la franquicia Water Cleaner para los mantenimientos de la planta.

Cartera de productos

Water Cleaner “El Recreo” ofrece el embotellamiento y distribución de agua purificada a través de 5 procesos: luz ultravioleta, post carbón, zeolita, carbón activo y ozonificación. Este negocio cuenta con las siguientes presentaciones:

- Botellón de agua
- Galón de agua
- Botella personal de 500 ml
- Recargas en el local
- Recargas a domicilio

Water Cleaner “El Recreo” tiene una capacidad de producción relacionada con su tanque de reserva de agua de máximo 1000 litros, la cual se va consumiendo de acuerdo con el volumen de ventas.

Cartera de clientes

La cartera de clientes de Water Cleaner, El Recreo, abarca diversos segmentos, incluyendo:

- Residencial: Hogares y familias que prefieren consumir agua purificada en lugar de agua del grifo.
- Comercial: Restaurantes, cafeterías, hoteles y otros establecimientos de hotelería.
- Corporativo: Oficinas, empresas y organizaciones.
- Eventos y Catering: Organizadores de eventos, bodas, conferencias y reuniones
- Tiendas Minoristas: Tiendas, supermercados y otros minoristas.

Facturación anual

Tabla 1

Facturación anual detallada

Productos	Precio	Cantidad	Volumen de ventas
Botellones	8	64	\$ 512,00
Galones	1,2	96	\$ 115,20
Botellas Personales	0,3	400	\$ 120,00
Recargas Local	1,8	560	\$ 1.008,00
Recargas a Domicilio	2,5	320	\$ 800,00
		Total Mensual	\$ 2.555,20
		Total Anual	\$ 30.662,40

Nota. Se detalla la facturación anual por producto y las cantidades vendidas.

Elaboración propia

Tecnología

- **Maquinaria:**
 - 1 tanque Grande de Agua

- 1 tanque de carbón
- 1 tanque de post carbón
- 1 tanque de zeolita.
- 1 tanque de Luz UV
- 1 motor de limpieza
- 1 ozonificador
- 1 luz UV
- **Herramientas**
 - 1 cepillo eléctrico de limpieza
 - 1 lavamanos
 - 1 máquina de Calor

Posición en el mercado

El mercado de plantas de embotellamiento y distribución de agua purificada ha tenido un alto crecimiento en el último año. Water Cleaner “El Recreo” se ha ido estableciendo dentro del mercado a pesar de la alta competencia existente. Un punto para considerar es que, en la zona donde este negocio se ubica en el sur de Quito, no existe una competencia directa, lo cual le beneficia a la empresa.

En los inicios del negocio se tenía un volumen de ventas de alrededor de \$100. Actualmente, se tienen ventas mensuales de unos 320 dólares, lo que resulta en un crecimiento de la demanda en un 300 %.

Normativa legal vigente a cumplir

- Registro Sanitario: emitido por el ARCSA
- Normas de Calidad del Agua Potable: emitido por el ARCSA
- Normativas de Etiquetado: emitido por el ARCSA
- Normas de Higiene y Seguridad Alimentaria: emitido por el ARCSA
- IESS
- SRI
- Permisos Municipales
- Permisos del Cuerpo de Bomberos

FODA

Figura 2

Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la empresa Water Cleaner.



características principales de cómo se desarrollan las actividades del proceso.

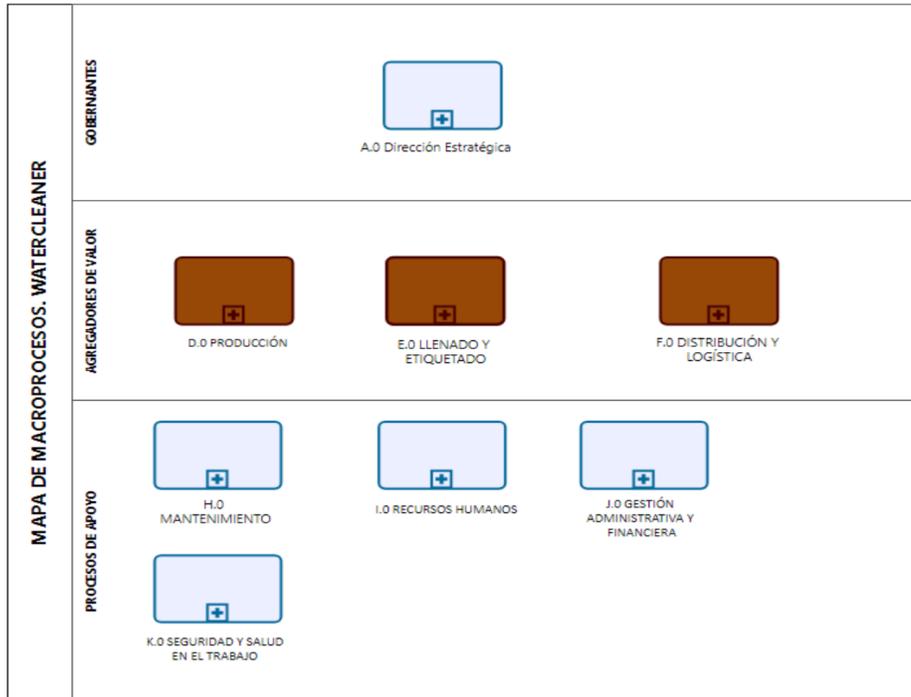
Fuente: Elaboración propia.

1.2. Descripción del Problema

Mapa de procesos general de la organización

Figura 3

Mapa de procesos de la empresa Water Cleaner



Nota. Se observan los procesos de las áreas estratégicas de la empresa.

Elaboración propia.

Líneas de producción o servicio

- Producción

- Purificación del agua por luz ultravioleta, post carbón, zeolita, carbón activo.
- Ozonificación del agua.
- **Llenado y etiquetado**
 - Envasado del agua purificada.
 - Etiquetado de envases.
 - Sellado de envases.
- **Distribución y logística**
 - Entrega de productos a clientes.
 - Planificación de rutas de entrega.

Procesos que requieren mejorar

Considerando los procesos que en el mapa de procesos son agregadores de valor podríamos encontrar opciones de mejora en:

- **Producción:** lavado manual de botellones
- **Llenado y etiquetado de botellones:** proceso totalmente manual que genera problemas de calidad.
- **Distribución y logística:** no se tiene una ruta actualizada de entrega de pedidos.

1.3. Justificación del Problema

El envasado y etiquetado de agua purificada es un proceso crítico en la cadena de producción y distribución de Watercleaner “El Recreo”. Ahora este proceso se realiza manualmente, lo que conlleva desafíos y deficiencias que afectan la calidad del producto final, la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente.

El problema principal radica en la falta de precisión y consistencia en el llenado de los envases. Al ser un proceso manual, existe un margen significativo de error en la cantidad de agua purificada que se coloca en cada botellón. Esto puede resultar en productos que no cumplen con los estándares de calidad establecidos, lo que afecta la confianza del consumidor y la reputación de la empresa.

Además, el método actual de aplicación de etiquetas presenta sus propios desafíos. El uso de una máquina de calor para adherir las etiquetas puede ocasionar daños en estas, lo que no solo afecta la apariencia del producto, sino que también puede dificultar la identificación de este por parte del consumidor. Esto contribuye a una experiencia de compra negativa y puede impactar en las ventas y la fidelidad del cliente.

1.4. Alcance

Este proyecto abarcará el proceso de llenado y etiquetado de botellones, debido a su importancia en la cadena de valor y su alto impacto en la satisfacción del cliente. Se analizará con el producto más vendido que son los botellones de agua. El límite de análisis será cuando el botellón se encuentre envasado, sellado y etiquetado, procesos manuales con mayor número de errores.

1.5. Objetivos

Objetivo General

Mejorar el proceso de llenado y etiquetado de botellones en WaterCleaner “El Recreo”, mediante la aplicación de gestión de procesos y herramientas de calidad. Para mejorar la calidad del producto y eficiencia del proceso, reduciendo los costos y tiempos asociados a los procesos manuales.

Objetivos Específicos

- Analizar e identificar la causa raíz del problema mediante herramientas de calidad como Ishikawa y Matriz de Priorización.
- Modelar y simular los procesos de la situación actual de la organización y de la propuesta de mejora mediante la utilización del software Flexsim para evidenciar la mejora en al menos un 30% en la eficiencia del proceso.
- Aplicar herramientas de control estadístico de procesos como cartas de control, capacidad del proceso, entre otras para identificar las fallas en el proceso actual y posibles mejoras.
- Elaborar una propuesta de mejora de la capacidad del proceso y la cantidad de fallas detectadas posterior al análisis de la información recaudada.

2. Revisión bibliográfica

La transformación digital permite que los procesos esbeltos sean más dinámicos a través de la digitalización, esto permite que actividades manuales puedan ser realizadas por medios cibernéticos mejorando los tiempos en los que se realizan los procesos aumentando así la eficiencia del proceso, los procesos esbeltos o como se le conoce por su nombre en inglés, Lean, son aquellos orientados a la eliminación de residuos o desperdicios en el proceso basándose en un conjunto de principios que tienen como objetivo final el ahorro de recursos y la producción eficiente (Potthoff & Gunnemann, 2023).

La industria 4.0 es un concepto referente a la revolución industrial actual en la que se ha generado la necesidad de realizar una transformación digital en los procesos, la industria 5.0 busca una sinergia entre el ser humano y maquinaria avanzada una colaboración que permita la obtención de un proceso totalmente eficaz (Fernandes et al., 2024).

En la industria 4.0 se ha adoptado la necesidad de las empresas por un área de tecnologías de la información y comunicación (TIC) con el fin de que la implementación de máquinas para la gestión de información, la digitalización se puede entender como la conversión de texto, fotos y sonidos analógicos a información que puede ser procesada en una computadora (Schumacher et al., 2020).

La transformación digital tiene un impacto directo en los métodos y herramientas que están disponibles en la organización facilitando de gran manera la implementación de métodos nuevos que permitan con mayor facilidad la integración de una industria 4.0 con las practicas del sistema de producción esbelto (Schumacher et al., 2020).

Un proceso se puede mejorar partiendo de conocer los conceptos básicos y las herramientas que pueden ser utilizadas con este fin, ante esta disyuntiva existe la gestión eficaz Lean Six Sigma en la cual se pueden analizar el estado del proceso actual y empezar los primeros pasos hacia un cambio a procesos más eficientes, este cambio en la organización requiere implementar un ciclo

de mejora y adaptación continuo en el que se pueda realizar rediseños en caso de ser necesario utilizando herramientas tácticas y estratégicas de la calidad.

- Ciclo de adaptación

En una primera instancia se establecen los indicadores, los que deberán alcanzar el rendimiento esperado o de lo contrario el ciclo de adaptación debe repetirse las veces que sea necesario, después se podrá considerar comparar el rendimiento de la empresa con otras del mercado e intentar superarlas, esto es importante para luego agregar cualquier tipo de mejora en el proceso y recibir retroalimentación de los dueños del proceso teniendo en cuenta que son los expertos los que nos permiten adentrarnos más en un proceso y las dificultades que experimenta, es importante tener en cuenta que siempre las primeras acciones que se van a tomar son correctivas con el fin de prevenir cualquier tipo de problema que se pueda desarrollar en un futuro (Reato & Socconini,2019).

- Ciclo de mejora

Una vez implementado un ciclo de adaptación eficiente en el proceso se debe agregar un paso más al ciclo en donde se busca la mejora e innovación, una vez identificados los cambios que se van a realizar se deberá recurrir al ciclo de adaptación una vez más hasta que se alcance el rendimiento requerido o se identifique una nueva mejora posible de implementar al proceso.

Una vez citados los conceptos básicos requeridos para la mejora continua es importante entender qué tipos de herramientas se pueden utilizar en el caso de una empresa de producción de agua embotellada, así como también los tipos de indicadores que se pueden plantear para el monitoreo continuo del rendimiento del sistema de llenado y envasado.

El mapeo de flujo de valor o VSM por sus siglas en inglés, es una herramienta que permite conocer las actividades que no agregan valor al producto final si no que agregan costo a la producción además permite identificar oportunidades de mejora mediante un diagrama en donde

se pueda identificar con claridad cómo se da el proceso y cada uno de los factores que lo componen siendo uno de los primeros pasos a seguir en busca de la mejora general de cualquier proceso (Rodríguez, 2020).

En el caso de las empresas de embotellamiento de agua se ha reportado que las herramientas más utilizadas tanto para un diagnóstico inicial como para un control regular son el análisis de Pareto, diagrama de Ishikawa, gráficas de control, diseño de experimentos y ANOVA permitiendo una reducción efectiva de los defectos, cabe mencionar que la aplicación de herramientas de control estadístico con una mayor cantidad de variables es recomendada ya que esto permite un entendimiento más profundo del proceso y de sus deficiencias, herramientas como la capacidad de proceso y las cartas de control se deben tener en cuenta (Khwaja et al., 2021), el indicador recomendado en términos de calidad general del agua puede ser la cantidad de CO₂ disuelto pero teniendo en cuenta el proceso en el que se ha centrado mejorar esta investigación, se optó por la cantidad de botellones producidos en una jornada laboral.

El método de análisis modo y defecto de fallas (AMEF) es otra de las herramientas que ha probado ser primordial para la mejora del rendimiento en plantas purificadoras de agua, el mantenimiento para la maquinaria tanto preventivo como correctivo y predictivo permiten la detección inmediata de cualquier tipo de afectación hacia el rendimiento (Torres & Rodríguez, 2021).

La implementación de los ciclos de mejora y herramientas mencionadas anteriormente deben estar sumadas al compromiso de la alta dirección, así como a la misión y visión de la empresa para que la mejora sea continua y los cambios se puedan implementar con mayor facilidad en cada ciclo (Felizzola Jiménez & Amaya, 2014), es importante también motivar a los empleados a que colaboren con este proceso de mejora con el bien que se pueda ver un mayor impacto tanto en lo financiero como en lo operacional.

3. *Análisis de la situación actual.*

3.1. *Gestión por Procesos*

Para el análisis de gestión por procesos dentro de la empresa Water Cleaner “El Recreo”, se utilizaron dos herramientas que permiten ver y analizar los procesos que se llevan a cabo para el llenado y envasado de botellones, con el fin de comprender el proceso general de la empresa.

- **SIPOC**

La primera herramienta utilizada es la matriz SIPOC, en la cual se identifica los proveedores, entradas, proceso, salida y cliente del proceso general. Además, en la siguiente matriz se puede identificar los recursos, el PHVA, controles y requisitos del proceso. Teniendo así una visión sistemática y entendiendo cómo se conforma la purificación, llenado y envasado de botellones de agua en Water Cleaner “El Recreo”.

Figura 4

SIPOC de la empresa Water Cleaner

	<i>Water Cleaner "El Recreo"</i>		CÓDIGO:	001
			VERSIÓN:	1
	CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS		EMISIÓN:	11/4/2024
NOMBRE DEL PROCESO:	Purificación y ozonificación de agua y envasado de botellones.	DUEÑO DEL PROCESO:	Encargado de la planta	
OBJETIVO DEL PROCESO:	Lograr el 95% de efectividad al envasar los botellones con agua purificada, garantizando que se encuentren correctamente envasados y sin problemas de calidad.			
PROPÓSITO DEL PROCESO:	Garantizar el correcto envasado de botellones con agua purificada y ozonificada.			
PROVEEDOR (Supplier)	ENTRADA (Input)	PROCESO (Process)	SALIDA (Output)	CLIENTE (Customer)
Proveedor de etiquetas Proveedor de tapas Proveedor de botellones Proveedor de capuchones EPMAPS Pedido del cliente	Agua sin purificar ni ozonificar	Recepción del pedido Lavado y limpieza de botellones Pasar el agua por la luz ultravioleta Pasar el agua por el post Carbón Pasar el agua por la zeolita Pasar el agua por el carbón activo Ozonificar el agua Llenar el botellón manualmente Tapar el botellón manualmente Sellar la tapa con martillo de goma manualmente Colocar el capuchón de la tapa manualmente Calentar y sellar el capuchón manualmente Colocar etiqueta manualmente Consolidar el pedido	Botellones envasados con agua purificada, tapados y etiquetados.	Departamento de distribución y logística de entrega de pedidos.
RECURSOS	PLANEAR	HACER	CONTROLES	
Materiales: botellones, etiquetas, tapas, capuchones, cepillo eléctrico de limpieza, máquina de calor, martillo de goma, implementos de limpieza TIC's: computadora, celular, internet Dinero: presupuesto Maquinaria/Equipos: tanque de almacenamiento de agua, tanques de purificación, ozonificador, luz UV, lavamanos.	Manual con las especificaciones de la presión del agua para lavar los botellones Check list de mantenimiento y funcionamiento de filtros para purificar y ozonificar el agua Manual de mantenimiento y hoja de verificación del estado de los materiales utilizados en el proceso	Procedimiento de limpieza de botellones Registros y procedimientos de cómo hacer el proceso de purificación y ozonificación del agua Manual de cómo sellar la tapa y el capuchón en el botellón Manual cómo debe colocarse la etiqueta en todos los pedidos	Muestreo del agua para análisis de calidad Control de calidad del botellón Control de etiquetado, sellado y tapado del botellón	
	ACTUAR	VERIFICAR		
Mano de obra: trabajador de la planta (cliente interno) Medio Ambiente: planta purificadora de agua	Registros de fallas basado en indicadores Documento de firmas de aprobación de los pedidos	Registro de validación de limpieza de botellones Check list para verificar que el agua pasó por todos los pasos de purificación ozonificación Registro de calidad del sellado de tapa y capuchón del botellón.		
REQUISITOS NORMATIVOS O LEGALES		INDICADORES A MEDIR		
Regulación Sanitaria: Ley Orgánica de Salud y sus regulaciones derivadas Normas Técnicas como las normas NTE INEN 1108. Registro Sanitario, Etiquetado y Rotulación emitidos por el ARCSA Regulaciones ambientales Regulaciones de calidad del agua Reglamento Interno de Higiene y Seguridad en el Trabajo		Disponibilidad de equipos y maquinaria Calidad del agua Calidad del proceso de limpieza Cumplimiento del mantenimiento preventivo Eficiencia de Producción Cumplimiento Normativo		

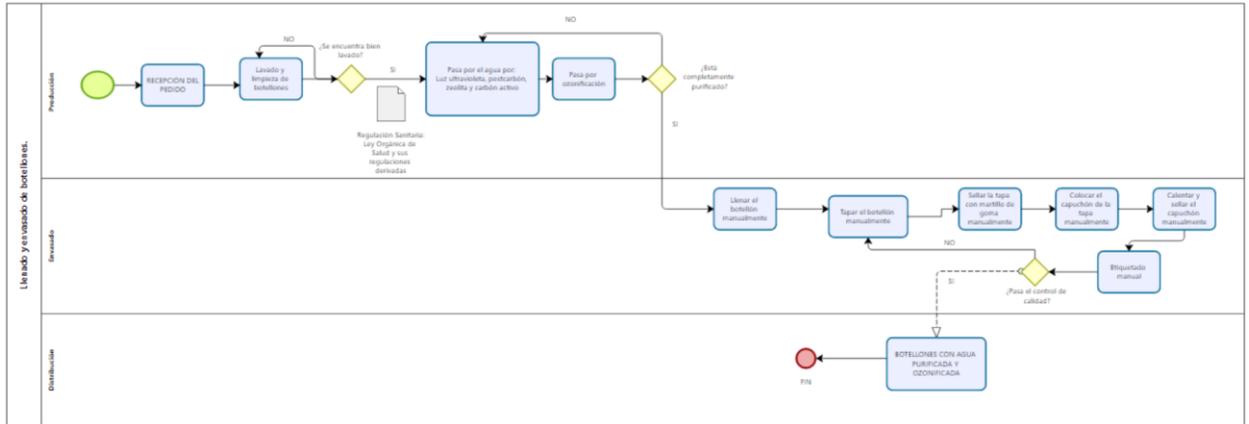
Nota. Elaboración propia.

• **Modelamiento de procesos**

El Modelamiento de procesos es una herramienta esencial para entender gráficamente el proceso seleccionado, para este estudio se utilizó el software Bizagi, en el cual se levantó el proceso de llenado y envasado de botellones, con el fin de identificar y graficar cada uno de los pasos del SIPOC anteriormente revisado.

Figura 5

Modelo de procesos de la empresa Water Cleaner



Nota. Se observan el modelo del proceso de la empresa.

Elaboración propia.

3.2. Análisis de datos y Transformación Digital

- **AMEF**

Técnica que permite identificar y priorizar posibles fallas en un proceso, evaluando su impacto y probabilidad de ocurrencia. Permite anticipar y prevenir problemas antes de que ocurran, lo que reduce los riesgos para la calidad y la satisfacción del cliente.

Figura 6

AMEF de la empresa Water Cleaner

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO Y SUS EFECTOS (AMEF)										
Proceso:					Llenado y envasado de botellones					
Responsable (Dpto. / Área):					Producción					
Responsable de AMEF (persona):					Belén Mejía y Miguel Rojas					
Fecha AMEF:					12/4/2024					
ACTIVIDADES DEL PROCESO	Modo de Fallo	Causa	Efecto	Método de detección	G gravedad	O ocurrencia	D detección	NPR inicial	Acciones recomend.	Responsable
Llenado de botellones	Variabilidad en la presión de llenado	1. Fallas en el sistema de control de presión.	Botellones con cantidades incorrectas de agua.	Inspección visual del llenado.	9	8	5	360	Implementar un sistema de control automático de presión.	Ingeniero de Procesos
Llenado de botellones	Desgaste de equipos	1. Mantenimiento insuficiente de la maquinaria.	Botellones mal sellados o con fugas.	Monitoreo regular del estado de la maquinaria.	7	6	9	378	Establecer un programa de mantenimiento preventivo.	Departamento de Mantenimiento
Etiquetado de botellones	Daños en las etiquetas durante la aplicación	1. Temperatura excesiva de la máquina de calor.	Etiquetas mal adheridas o dañadas.	Inspección visual de las etiquetas después de la aplicación.	6	9	9	486	Ajustar la temperatura de la máquina de calor.	Técnico de Producción
Etiquetado de botellones	Calidad deficiente de las etiquetas	1. Proveedor de etiquetas de baja calidad.	Dificultad en la identificación del producto.	Control de calidad de las etiquetas antes de su uso.	7	6	9	378	Buscar un proveedor de etiquetas de mayor calidad.	Departamento de Compras
Etiquetado de botellones	Daños en las etiquetas durante la aplicación	2. Configuración inadecuada de la máquina de etiquetado.	Etiquetas mal colocadas o arrugadas.	Inspección visual de las etiquetas después de la aplicación.	6	7	8	336	Realizar una configuración adecuada de la máquina.	Técnico de Producción
Sellado de botellones	Daños en las tapas de los botellones	Errores al momento de colocar la tapa bajo presión	Mal sellado de botellones	Inspección visual de los botellones que no se riegue el agua	7	4	9	252	Capacitar al personal sobre el correcto sellado de botellones	Producción

Nota. Se observa la matriz AMEF del proceso seleccionado de la empresa.

Elaboración propia.

- **CONTROL ESTADÍSTICO**

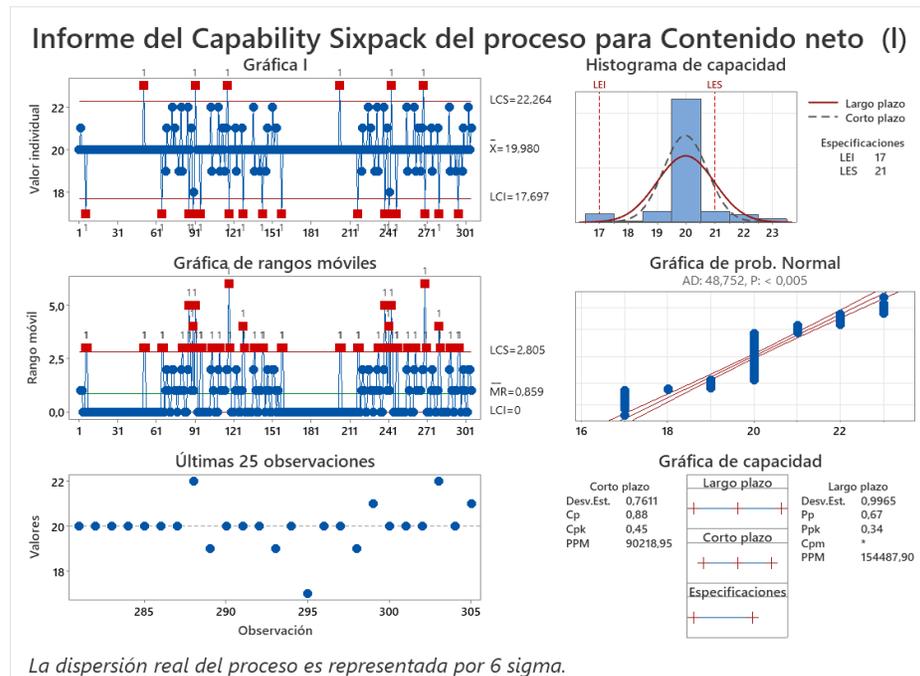
El control estadístico es una metodología que permite levantar y analizar datos para la toma de decisiones, dentro de este estudio se han aplicado varias herramientas para identificar puntos de mejora en el proceso.

○ **Capacidad del proceso**

Se realizó el estudio de la capacidad del proceso para el llenado de botellones, considerando que el peso ideal es de 20 L.

Figura 7

Capacidad del proceso de llenado de botellones



Nota. Elaboración propia.

- **CP:** se obtuvo un valor de 0,67 y con este valor de Cp al ser mayor a 0,67 y menor a 1 está en la clase 3, el cual no es adecuado y requiere de un análisis del proceso y modificaciones para alcanzar calidad satisfactoria. Lo que quiere decir que se producirían 3,5729% de botellones fuera de las especificaciones, correspondiendo a 17,864 partes malas por cada millón producido.
- **CR:** se obtuvo un valor de 1,49 y al ser un valor menor a 1, cumple parcialmente con las especificaciones.
- **CPI 0,99 y CPS 0,35:** Se puede observar que el CPS es menor que el CPI y también es menor que 1, lo cual se traduce en que la mayoría de los problemas de los botellones son por sobredosificación, es decir que se colocar mayor cantidad de la debida.

El porcentaje de producto que tiene menor cantidad de agua que la especificación inferior es el 3,59% y el porcentaje que tiene mayor cantidad de agua que la especificación superior es 1,79%.

- **CPK:** El valor de CPK 0,35 indica una capacidad no satisfactoria. Por lo tanto, cierta cantidad de botellones no son llenados con la cantidad adecuada.
- **CPM:** el valor de 0,22 El llenado de botellones de 20L no cumple con especificaciones, la razón principal es que el proceso no está centrado.

- **Seis Sigma**

Conociendo que en el proceso de envasado de botellones el cual comienza por la producción, llenado y etiquetado y distribución y logística; existen 3 oportunidades de error.

De igual forma se conoce que en un día de trabajo se producen 160 unidades y se tienen 63 defectos de este lote.

Con esta información se calculó las métricas seis sigma:

Figura 8

Métricas seis sigma

DATOS	
O	3
U	160
d	63

Unidades producidas en un día laboral

DPU	0,39	defectos/unidad
En 100 botellones se esperarían 4 productos defectuosos.		

DPO	0,131250	67/8000
De cada 8000 botellones listos, se fabricaron 13 con algún defecto.		

DPMO	131250
De 1 millón de botellones producidos se tendrán 8375 con defectos.	

Nota. Elaboración propia.

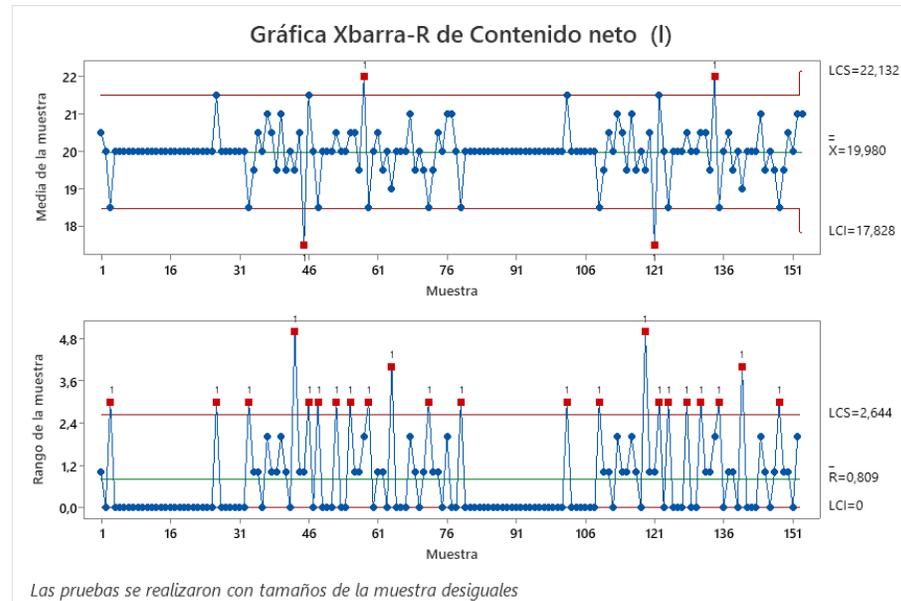
- **Cartas de control**

Se aplicó la carta XR al proceso de fabricación y llenado de botellones, ya que este tipo de carta de control de variables permite monitorear la variabilidad de

un proceso a lo largo del tiempo y detectar rápidamente cualquier desviación del comportamiento normal del proceso.

Figura 9

Carta de control XR del proceso seleccionado.



Nota. Elaboración Propia

- **Carta R:** El proceso de llenado de botellones sí es variable porque los datos se mueven a través de la media, de igual forma no es estable ya que todos los datos están fuera del límite superior (22,132) e inferior (17,828).
- **Carta X:** El proceso de llenado de botellones sí es variable porque los datos se mueven a través de la media, de igual forma no es estable ya que todos los datos están fuera del límite superior (2,644) e inferior.

Se concluye que el proceso de fabricación y llenado de botellones no es estable y es variable. Estos resultados se validan con el valor de 0,67 del CP que al ser mayor a 0,67 y menor a 1 está en la clase 3, el cual no es adecuado y requiere de un análisis del proceso y modificaciones para alcanzar calidad satisfactoria

○ **AQL**

▪ **Crear Plan de muestreo**

Para terminar de analizar el control estadístico de este proceso se hizo la creación de un plan de muestreo, considerando 153 datos de la muestra, donde el límite inferior es de 17 L y el superior de 21 L. Además, se conoce que el AQL es de 150 DPM y el RQL es de 400 DPM.

Con toda esta información se tiene el siguiente plan de muestreo:

Figura 10

Plan de muestreo.

HOJA DE TRABAJO 1
Muestreo de aceptación por variables - Crear/Comparar

Calidad del lote en elementos defectuosos por millón

Método

Límite de especificación inferior (LEI)	17
Límite de especificación superior (LES)	21
Tamaño del lote	3000
Nivel de calidad aceptable(AQL)	150
Riesgo del productor(α)	0,05
Nivel de calidad rechazable (RQL o LTPD)	400
Riesgo del consumidor(β)	0,1

Planes generados

Tamaño de la muestra	872
Distancia crítica (valor k)	3,46775
Desviación estándar máxima (DEM)	0,548335

$Z_{LEI} = (media - especificación inferior) / desviación estándar$
 $Z_{LES} = (especificación superior - media) / desviación estándar$
 Aceptar el lote si la desviación estándar es \leq MSD, $Z_{LEI} \geq k$ y $Z_{LES} \geq k$; de lo contrario, rechazarlo.

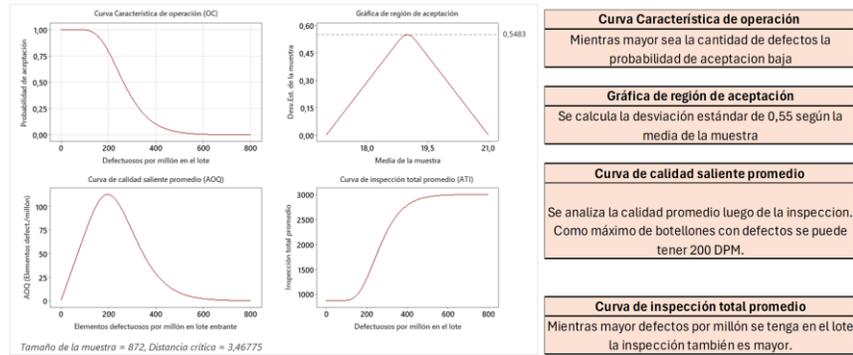
Elementos defectuosos en un millón	de aceptación	Probabilidad	de rechazo	AOQ	ATI
150	0,951	0,049	101,1	977,2	
400	0,102	0,898	28,8	2783,7	

Límite(s) de calidad saliente promedio (AOQL)

En defectuosos	
AOQL	por millón
112,6	197,1

Figura 11

Plan de muestreo.



Nota. Elaboración Propia.

- **Aprobar o Rechazar lote**

Figura 12

Muestreo de aceptación del proceso de la empresa Water Cleaner.

HOJA DE TRABAJO 1

Muestreo de aceptación por variables - Aceptar/Rechazar lote

Tomar la decisión de aceptar o rechazar utilizando Contenido neto (I)

Tamaño de la muestra	305
Media	19,9803
Desviación estándar	0,996510
Límite de especificación inferior (LEI)	17
Límite de especificación superior (LES)	21
Z.LEI	2,99076
Z.LES	1,02324
Distancia crítica (valor k)	3,46775
Desviación estándar máxima (DEM)	0,549018

Decisión: Rechazar lote.

Nota. Elaboración Propia.

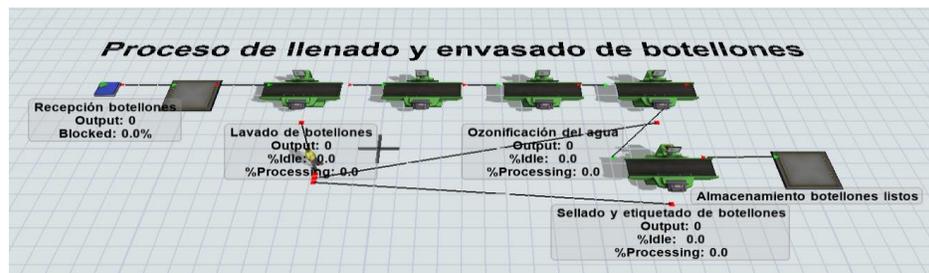
Finalmente, tomando como referencia el plan de muestreo anterior se hizo un muestreo del lote para conocer si se debe aceptar o rechazar el lote estudiado. Como resultado, el lote debe ser rechazado.

- **SIMULACIÓN PROCESOS**

Para realizar una simulación del proceso y poder identificar el cuello de botella del proceso, se utilizó el programa FlexSim, donde se pudo simular el proceso de producción, partiendo desde la recepción de botellones, luego pasa al lavado y purificación del agua, llegando al proceso de envasado, sellado y etiquetado.

Figura 13

Proceso de llenado y envasado de botellones Water Cleaner



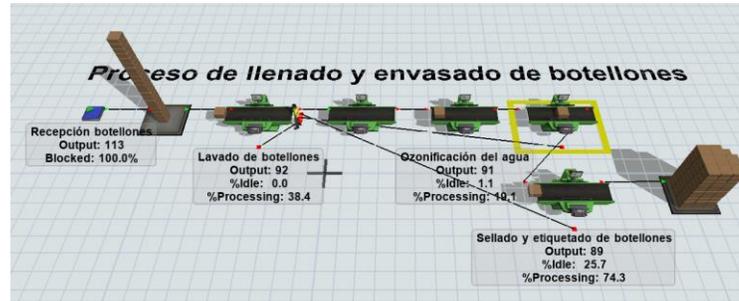
Nota. Elaboración Propia.

Se realizó la simulación del proceso en un día laboral de 8 horas, tomando los tiempos de cada proceso. Hay que considerar que en todo el proceso solo se tiene un operario y al ser bastante manual, el cuello de botella se comprueba que es en el proceso de sellado y etiquetado de botellones, seguido del llenado. Estos dos

procesos son los que mayor tiempo de utilización del recurso tienen y en los cuales se quedan los productos.

Figura 14

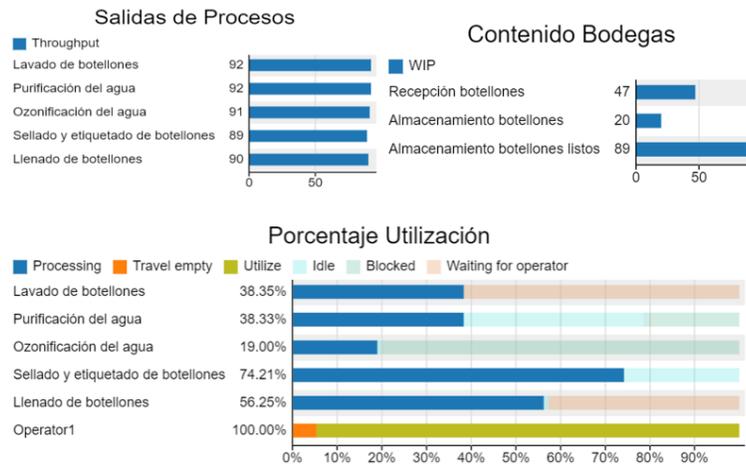
Simulación del proceso de llenado y envasado de botellones Water Cleaner



Nota. Elaboración Propia.

Figura 15

Indicadores de la simulación de procesos



Nota. Elaboración Propia.

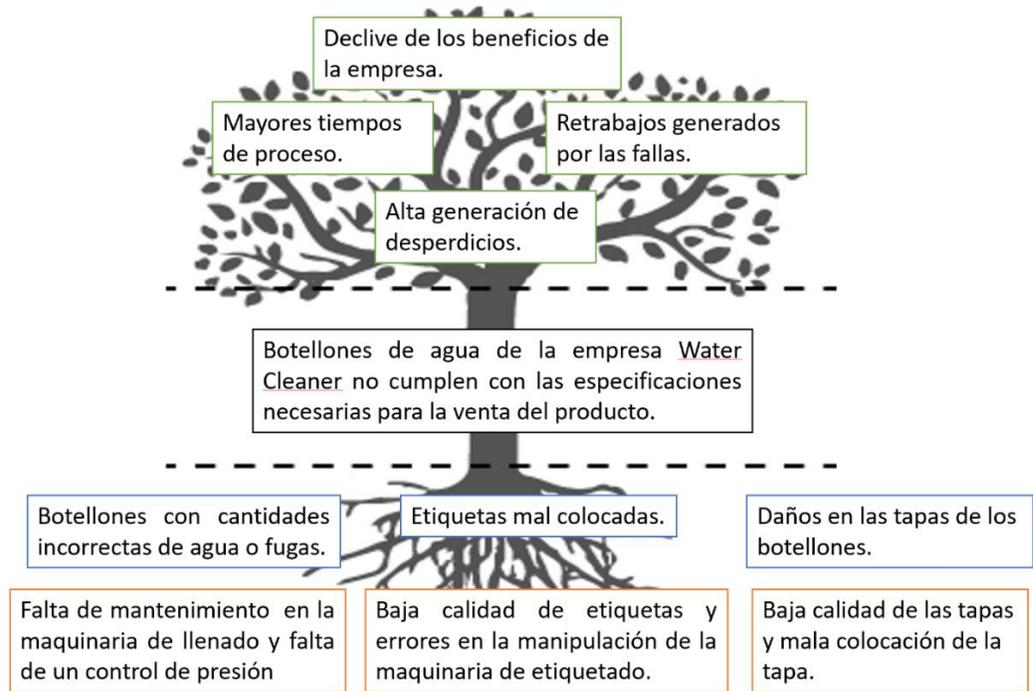
3.3. Análisis del problema real con datos del proceso

- **ÁRBOL DE PROBLEMAS**

Se elaboro el árbol de problemas de la empresa Water Cleaner en el que se identificó los tres problemas centrales del proceso de embotellado y etiquetado de los botellones de agua además de los efectos principales que tiene en el proceso.

Figura 16

Árbol de problema.



Nota. Elaboración Propia.

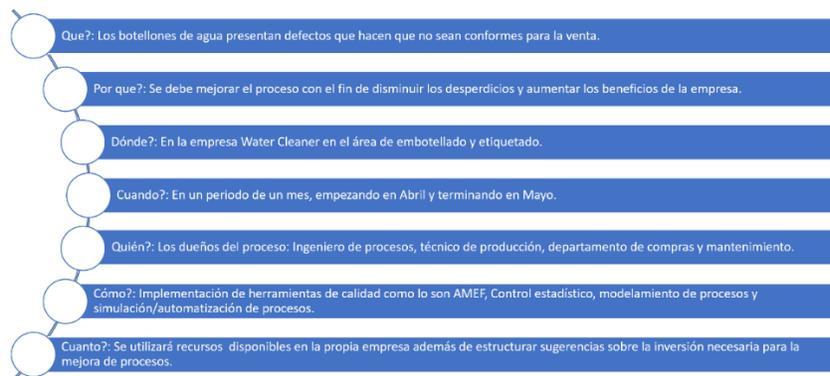
Se puede observar los tres problemas centrales que son los botellones con cantidades de agua incorrectas o fugas, etiquetas mal colocadas y daños en las tapas de los botellones, estos problemas después de un análisis superficial el efecto principal a largo plazo es el declive de los beneficios de la empresa ocasionado por los retrabajos y la generación de desperdicios, lo que indica la urgencia con la que se debe solucionar estos problemas si se quiere optimizar el proceso y los recursos que se utilizan en el mismo.

- **5W2H**

Se definió aspectos principales sobre el proyecto que se va a desarrollar, como los periodos de tiempo o el problema principal que se va a solucionar mediante la gestión de procesos siguiendo el siguiente esquema de preguntas consecutivas:

Figura 17

5 Porque y 2 Como.



Nota. Elaboración Propia.

3.4. Priorización de los problemas

- **MATRIZ DE PRIORIZACIÓN**

La presencia de varios problemas en el proceso llevó a que sea necesario establecer cuál de los problemas es el más importante, para lo que se utilizó una matriz de priorización en la que se le otorgo puntajes a aspectos como el impacto en el proceso, el esfuerzo requerido para dar una solución al problema y la urgencia con la que se necesita que sea solucionado.

Se utilizo este método debido a la facilidad de priorizar uno o varios problemas de manera cuantitativa.

Figura 18

Matriz de priorización.

Problema	Impacto (1-5)	Esfuerzo requerido (1-5)	Urgencia (1-5)	Puntuación Total
Variabilidad de la presión de llenado.	5	3	5	13
Desgaste de equipos.	3	2	4	9
Daños en las etiquetas durante la aplicación.	2	3	2	7
Calidad de la materia prima.	3	4	2	9
Daños en las tapas de botellones.	4	4	4	12

Nota. Elaboración Propia.

Se puede observar que se delimito dos problemas centrales, la variabilidad de la presión del llenado de los botellones y los daños en las tapas de los botellones con

puntuaciones de 13 y 12 respectivamente, por lo que son los problemas que son mas importantes a resolver en la optimización del proceso.

3.5. Análisis de causas

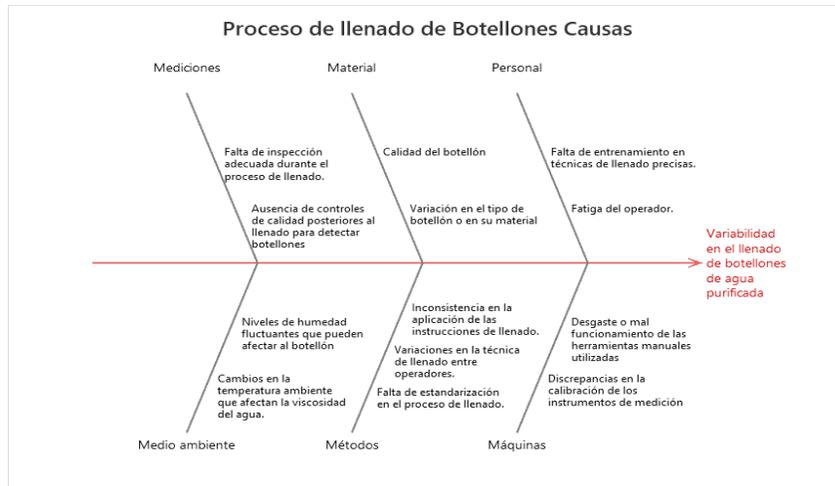
Una vez identificados y priorizados los problemas del proceso, se deben identificar las causas de los problemas principales, en este caso el de variabilidad en el llenado de botellones y el daño de las tapas. Con eso, podemos priorizar las causas y atacar a la causa raíz para implementar mejoras en el proceso y lograr que el mismo sea estable y menos variable.

Para identificar las causas se utilizó la herramienta Ishikawa para detectar todas las causas basado en las 6M.

- **Diagrama Ishikawa**
 - **Problema 1: Variabilidad del llenado de botellones**

Figura 19

Ishikawa del problema de variabilidad de llenado de botellones.

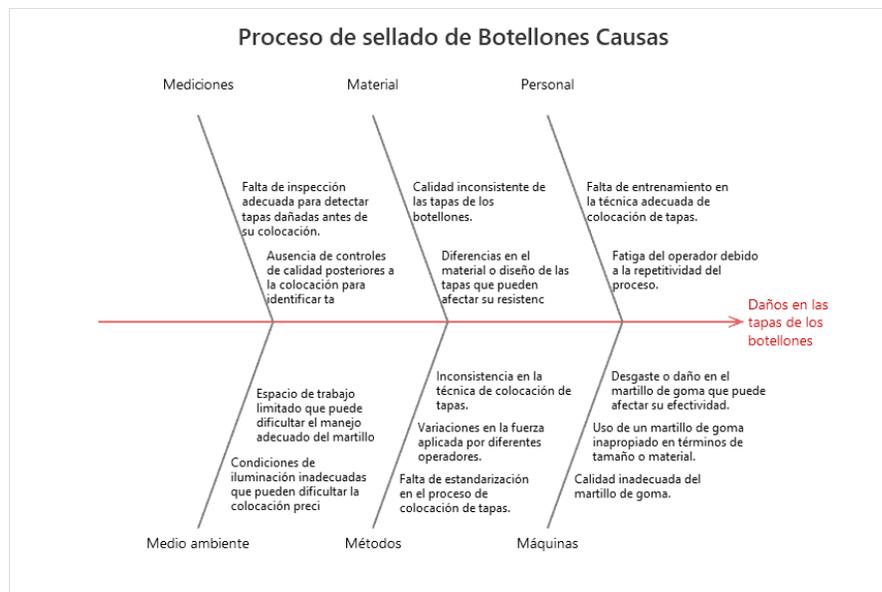


Nota: Elaboración propia

○ **Problema 2: Daños en las tapas de los botellones**

Figura 20

Ishikawa del problema en tapas de los botellones.



Nota: Elaboración propia

3.6. Priorización de las causas

Para poder priorizar las causas anteriormente identificadas se aplicó un Pareto el cual mediante la regla del 80-20, permite conocer las causas raíz que causan el 80% de los problemas, y de esta forma establecer acciones de mejora en el proceso.

- **Pareto**

- **Problema 1: Variabilidad del llenado de botellones**

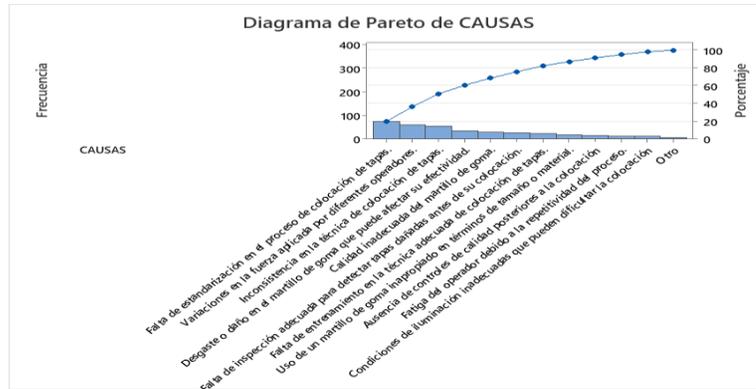
Una vez realizado el diagrama Pareto para el problema 1, se pueden identificar las principales causas para la variación en el llenado de botellones:

1. Falta de estandarización
2. Variabilidad en la fuerza y técnica aplicada
3. Desgaste en el martillo de goma utilizado
4. Calidad inadecuada del martillo

Estas 4 causas representan el 20% que ocasionan el 80% del problema de los botellones.

Figura 21

Pareto del problema en la variabilidad del llenado de los botellones



Nota: Elaboración Propia

○ **Problema 2: Daños en las tapas de los botellones**

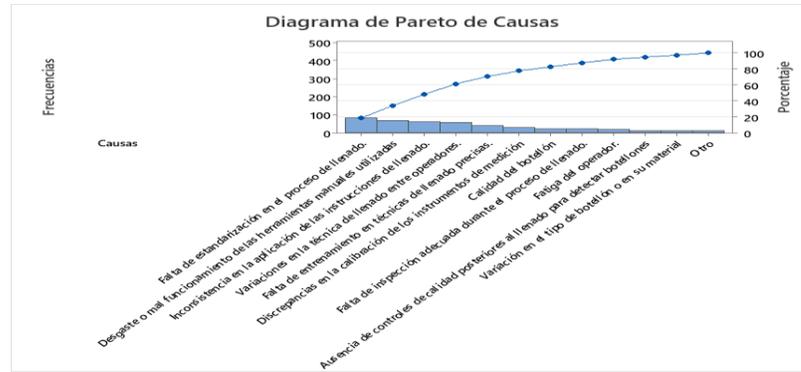
Una vez realizado el diagrama Pareto para el problema 1, se pueden identificar las principales causas para la variación en el llenado de botellones:

1. Falta de estandarización
2. Desgaste de las herramientas utilizadas
3. Inconsistencia en el proceso de llenado y en su aplicación
4. Falta de entrenamiento del personal

Estas 4 causas representan el 20% que ocasionan el 80% del problema de los botellones.

Figura 22

Pareto del problema en tapas de los botellones



Nota: Elaboración Propia

4. Propuesta y justificación de alternativas de solución

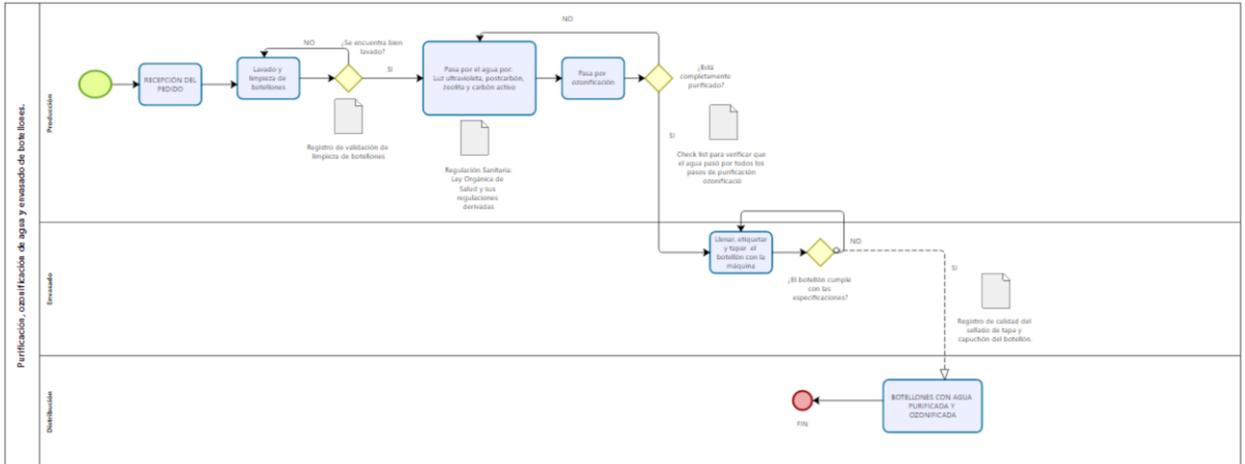
4.1. Propuestas de mejora

- **MODELADO DE PROCESOS MEJORADO**

Se realizó el modelo del proceso seleccionado, con la simulación de la propuesta de mejora en la automatización del proceso de llenado, tapado y etiquetado de botellones.

Figura 23

Modelo de procesos mejorado de la empresa Water Cleaner



Nota. Elaboración propia.

- **CARACTERIZACIÓN MEJORADA**

Con la matriz SIPOC del proceso mejorado se puede identificar las mismas entradas, proveedores, salidas y clientes. Sin embargo, existe un cambio en el proceso, puesto que en la propuesta de mejora se busca automatizar el llenado y la colocación de tapas del proceso, ya que son las principales causas de los problemas de calidad.

Figura 24

SIPOC mejorado de la empresa Water Cleaner

	<i>Water Cleaner "El Recreo"</i>		CÓDIGO:	001
			VERSIÓN:	2
	CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS		EMISIÓN:	10/5/2024
NOMBRE DEL PROCESO:	Purificación y ozonificación de agua y envasado de botellones.	DUEÑO DEL PROCESO:	Encargado de la planta	
OBJETIVO DEL PROCESO:	Lograr el 95% de efectividad al envasar los botellones con agua purificada, garantizando que se encuentren correctamente envasados y sin problemas de calidad.			
PROPÓSITO DEL PROCESO:	Garantizar el correcto envasado de botellones con agua purificada y ozonificada.			
PROVEEDOR (Supplier)	ENTRADA (Input)	PROCESO (Process)	SALIDA (Output)	CLIENTE (Customer)
Proveedor de etiquetas Proveedor de tapas Proveedor de botellones Proveedor de capuchones EPMAPS Pedido del cliente	Agua sin purificar ni ozonificar	Recepción del pedido Lavado y limpieza de botellones Pasar el agua por la luz ultravioleta Pasar el agua por el post Carbón Pasar el agua por la zeolita Pasar el agua por el carbón activo Ozonificar el agua Llenar, tapar y etiquetar el botellón automáticamente Consolidar el pedido	Botellones envasados con agua purificada, tapados y etiquetados.	Departamento de distribución y logística de entrega de pedidos.
RECURSOS	PLANEAR	HACER	CONTROLES	
Materiales: botellones, etiquetas, tapas, capuchones, cepillo eléctrico de limpieza, máquina de calor, martillo de goma, implementos de limpieza TIC's: computadora, celular, internet Dinero: presupuesto Maquinaria/Equipos: tanque de almacenamiento de agua, tanques de purificación, ozonificador, luz UV, lavamanos, máquina de dosificación y tapado de botellones.	Manual con las especificaciones de la presión del agua para lavar los botellones Check list de mantenimiento y funcionamiento de filtros para purificar y ozonificar el agua Manual de mantenimiento y hoja de verificación del estado de los materiales utilizados en el proceso	Procedimiento de limpieza de botellones Registros y procedimientos de cómo hacer el proceso de purificación y ozonificación del agua Procedimiento de uso de máquina con especificaciones para el llenado y tapado de botellones Manual cómo debe colocarse la etiqueta en todos los pedidos	Muestreo del agua para análisis de calidad Control de calidad del botellón Control de etiquetado, sellado y tapado del botellón	
Mano de obra: trabajador de la planta (cliente interno) Medio Ambiente: planta purificadora de agua	ACTUAR	VERIFICAR		
	Registros de fallas basado en indicadores Documento de firmas de aprobación de los pedidos	Registro de validación de limpieza de botellones Check list para verificar que el agua pasó por todos los pasos de purificación ozonificación Registro de calidad del sellado de tapa y capuchón del botellón.		
REQUISITOS NORMATIVOS O LEGALES	INDICADORES A MEDIR			
Regulación Sanitaria: Ley Orgánica de Salud y sus regulaciones derivadas Normas Técnicas como las normas NTE INEN 1108. Registro Sanitario, Etiquetado y Rotulación emitidos por el ARCASA Regulaciones ambientales Regulaciones de calidad del agua Reglamento Interno de Higiene y Seguridad en el Trabajo	Disponibilidad de equipos y maquinaria Calidad del agua Calidad del proceso de limpieza Cumplimiento del mantenimiento preventivo Eficiencia de Producción Cumplimiento Normativo			

Nota. Elaboración propia.

- AMEF FINAL**

Tomando en consideración las acciones sugeridas en el AMEF inicial, se hace un análisis de cómo se vería la mejora con estas acciones, reduciendo el nivel del NPR.

Figura 25

AMEF final de la empresa Water Cleaner

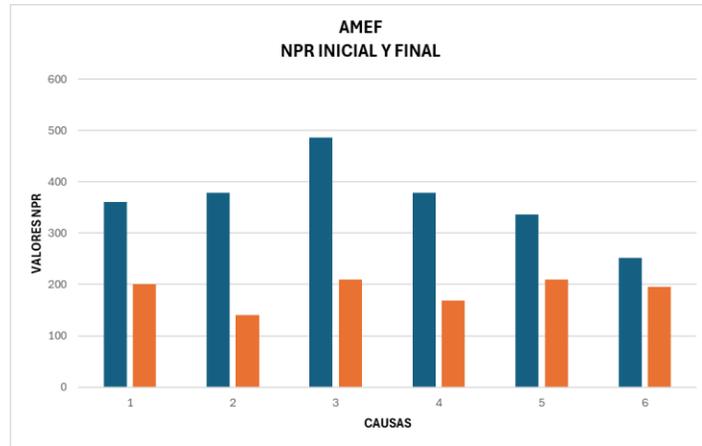
ACTIVIDADES DEL PROCESO	Modo de Fallo	Causa	Efecto	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	D detección	NPR inicial	Acciones recomend.	Responsable	Acción Tomada	Gravedad	Ocurrencia	D detección	NPR Final
Llenado de botellones	Variabilidad en la presión de llenado	1. Fallas en el sistema de control de presión.	Botellones con cantidades incorrectas de agua.	Inspección visual del llenado.	9	8	5	360	Implementar un sistema de control automático de presión.	Ingeniero de Procesos	Implementar una máquina dosificadora de agua	8	5	5	200
Llenado de botellones	Desgaste de equipos	1. Mantenimiento insuficiente de la maquinaria.	Botellones mal sellados o con fugas.	Monitoreo regular del estado de la maquinaria.	7	6	9	378	Establecer un programa de mantenimiento preventivo.	Departamento de Mantenimiento	Realizar capacitaciones regulares para los operadores sobre técnicas de llenado precisas.	7	4	5	140
Etiquetado de botellones	Daños en las etiquetas durante la aplicación	1. Temperatura excesiva de la máquina de calor.	Etiquetas mal adheridas o dañadas.	Inspección visual de las etiquetas después de la aplicación.	6	9	9	486	Ajustar la temperatura de la máquina de calor.	Técnico de Producción	Investigar y adquirir una máquina de etiquetado que utilice métodos menos agresivos.	6	5	7	210
Etiquetado de botellones	Calidad deficiente de las etiquetas	1. Proveedor de etiquetas de baja calidad.	Dificultad en la identificación del producto.	Control de calidad de las etiquetas antes de su uso.	7	6	9	378	Buscar un proveedor de etiquetas de mayor calidad.	Departamento de Compras	Busqueda de proveedores de etiquetas con pruebas de calidad	7	4	6	168
Etiquetado de botellones	Daños en las etiquetas durante la aplicación	2. Configuración inadecuada de la máquina de etiquetado.	Etiquetas mal colocadas o arrugadas.	Inspección visual de las etiquetas después de la aplicación.	6	7	8	336	Realizar una configuración adecuada de la máquina.	Técnico de Producción	Capacitar al personal en el manejo adecuado de la máquina de calor para reducir el daño a las etiquetas.	6	5	7	210
Sellado de botellones	Daños en las tapas de los botellones	Errores al momento de colocar la tapa bajo presión	Mal sellado de botellones	Inspección visual de los botellones que no se riegue el agua	7	4	9	252	Capacitar al personal sobre el correcto sellado de botellones	Producción	Automatizar el proceso de colocar tapas en los botellones	7	4	7	196

Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la siguiente imagen, se tiene una disminución considerable en los valores del NPR inicial vs el NPR final, lo cual indica que las acciones recomendadas si ayudarían a disminuir los efectos de las posibles fallas del proceso.

Figura 26

Comparación NPR inicial vs final



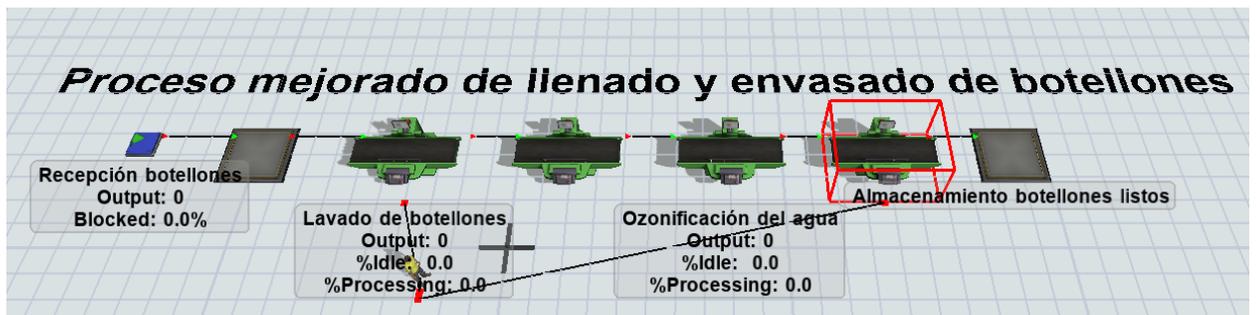
Nota. Elaboración propia.

- **SIMULACIÓN FINAL**

Con las mejoras propuestas se puede realizar la simulación del proceso con la herramienta FlexSim.

Figura 27

Proceso mejorado de llenado y envasado de botellones Water Cleaner



Nota. Elaboración Propia.

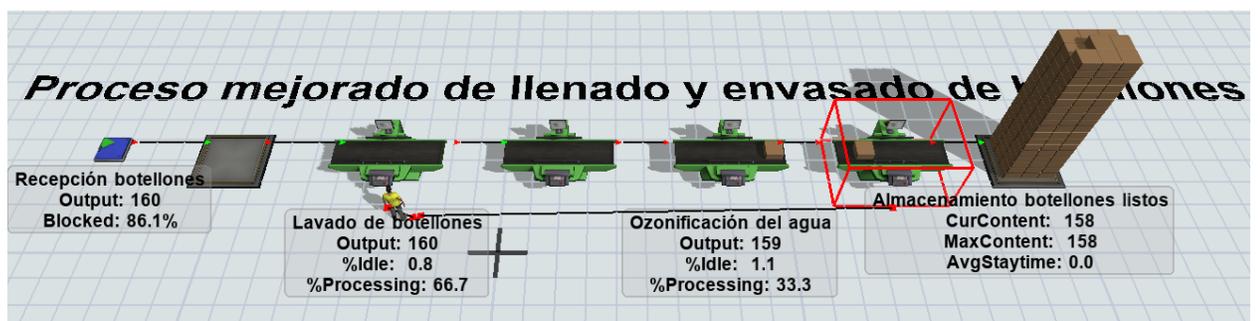
Se realizó la simulación del proceso mejorado en un día laboral de 8 horas, tomando los tiempos de cada proceso. Hay que considerar que en todo el proceso solo se tiene un operario y se realiza el cambio de los procesos manuales a la automatización del llenado, etiquetado y tapado de botellones, utilizando una máquina que permita hacer todos estos pasos en uno solo y sin que deba intervenir el operador.

Con esto, se puede evidenciar que se elimina el cuello de botella por procesos manuales, donde ya se pueden producir el 98% de la producción planificada para una jornada laboral.

Dentro de los indicadores se puede observar cómo aumenta el procesamiento de los botellones, y se reduce el tiempo muerto.

Figura 28

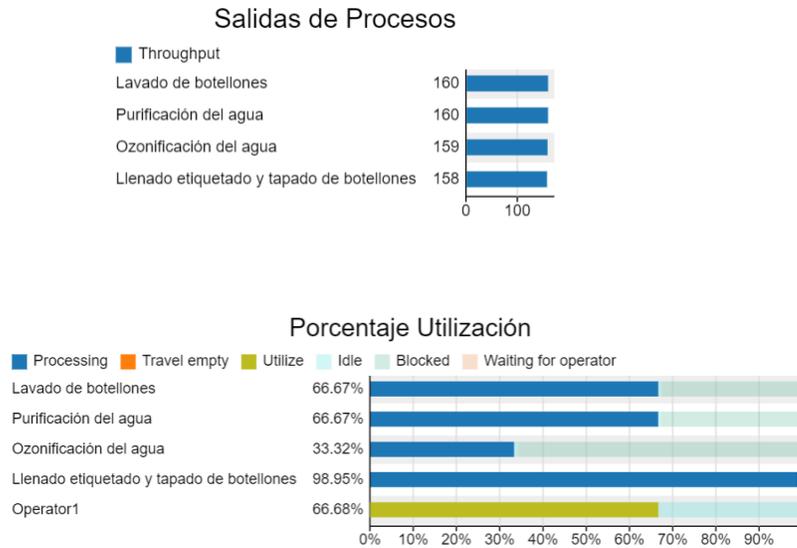
Simulación del proceso mejorado de llenado y envasado de botellones



Nota. Elaboración Propia.

Figura 29

Indicadores de la simulación de procesos



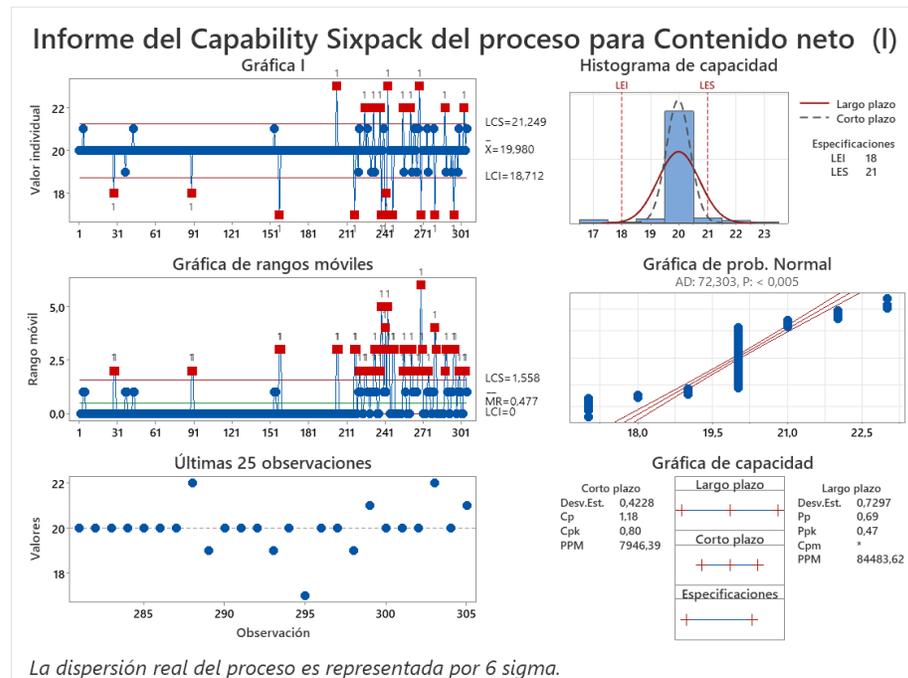
Nota. Elaboración Propia.

- **CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**
 - **Capacidad del proceso mejorada**

Se realizó el estudio de la capacidad del proceso con la simulación de la situación mejorada para el llenado de botellones, considerando que el peso ideal es de 20 L.

Figura 30

Capacidad del proceso mejorado de llenado de botellones



Nota. Elaboración propia.

- **CP:** se obtuvo un valor de 1,18 y con este valor de Cp al ser mayor a 1 y menor a 1,33 está en la clase 2, el cual es parcialmente adecuado. Lo que quiere decir que se producirían 0,0318% de botellones fuera de las

especificaciones, correspondiendo a 159 partes malas por cada millón producido.

- **CR:** se obtuvo un valor de 0,80 y al ser un valor menor a 1, cumple con las especificaciones.
- **CPI 1,21 y CPS 1,28:** Se puede observar que El CPI es menor que el CPS y también es mayor que 1, lo cual se traduce en que la mayoría de los problemas de los botellones son por colocar menor cantidad de la debida, sin embargo al ser mayor a 1 no presentan mayores problemas.

El porcentaje de producto que tiene menor cantidad de agua que la especificación inferior es el 0,031% y el porcentaje que tiene mayor cantidad de agua que la especificación superior es 0,009%.

- **CPK:** El valor de CPK 1,21 indica una capacidad satisfactoria. Por lo tanto, muy poca cantidad de botellones no son llenados con la cantidad adecuada.

○ **Seis Sigma Mejorado**

Conociendo que en el proceso de envasado de botellones el cual comienza por la producción, llenado y etiquetado y distribución y logística; existen 3 oportunidades de error.

De igual forma se conoce que en un día de trabajo se producen 160 unidades y se tienen 32 defectos de este lote, al realizar el cambio al proceso de manual a automático para llenar, etiquetar y tapar los botellones, se tienen los siguientes resultados.

Figura 31

Métricas seis sigma mejoradas

DATOS		
O	3	Unidades producidas en un día laboral
U	160	
d	32	
DPU	0,20	defectos/unidad
En 100 botellones se esperarían 2 productos defectuosos.		
DPO	0,066667	32/8000
De cada 8000 botellones listos, se fabricaron 7 con algún defecto.		
DPMO	66666,6667	
De 1 millón de botellones producidos se tendrán 66667 con defectos.		

Nota. Elaboración propia.

4.2. Plan de mejora

Se identifico a través de las diferentes herramientas que la propuesta general para la mejora del proceso es automatizar el llenado y la colocación de tapas del proceso para lo que es necesario una inversión económica en maquinaria, además se busca mantener la misma cantidad de empleados aumentando solamente la cantidad de botellones que la empresa puede producir al

día, teniendo en cuenta este cambio se realizó un cronograma en el que se incluye tanto actividades posteriores realizadas como los siguientes pasos del plan de mejora.

Figura 32

Cronograma del plan de mejora propuesto

Semana	Mes del año 2024																											
	Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Identificación del problema.	■	■	■	■																								
Estructuración de SIPOC y AMEF.	■	■	■																									
Modelado del proceso en Bizagi.		■	■	■																								
Simulación del proceso en FLEXSIM.			■	■	■	■	■	■																				
Establecimiento de las métricas/indicadores.																												
Cálculo de capacidad del proceso, AQL y métricas <i>Seis sigma</i> .																												
Aplicación de Cartas de control.																												
Aplicación de herramientas de diagnóstico.																												
Estruturación Árbol de problemas y 5W2H.																												
Implementación de matriz de priorización, Ishikawa y Pareto.																												
Estructuración del plan de mejora.																												
Establecimiento de los cambios que se van a realizar.																												
Definición de los recursos necesarios para los cambios.																												
Simulación del proceso mejorado.																												
Simulación en FLEXSIM y modelado en Bizagi.																												
Implementación de indicadores costo/beneficio.																												
Cálculo eficiencia operativa, reducción de defectos y productividad.																												
Aprobación del plan de mejora.																												
Nuevos acuerdos con proveedores y automatización.																												
Nuevo diagnóstico del proceso.																												

Nota. Elaboración propia.

Se implemento también la actividad de llegar a nuevos acuerdos con los proveedores ya que se espera que se pueda mejorar la calidad de la materia prima para que cumpla con los estándares de calidad aumentando aún más la producción diaria, esto se realizara junto con la automatización que deberá ser aprobada por la mesa directiva de la empresa, además se agregó un periodo en el que se deberá realizar un diagnóstico continuo del proceso en búsqueda de nuevos cuellos de botella con el fin de alcanzar la mejora continua.

4.3. Análisis costo –beneficio

Para el análisis de costo - beneficio del proyecto es importante partir de la simulación realizada en FlexSim, donde según la figura 14 y figura 28, se puede comparar que la capacidad de producción real es de 89 botellones y al simular la mejora propuesta de una máquina automática se puede llegar a 158 botellones.

Conociendo esta mejora, y teniendo en consideración que anualmente los ingresos son de \$55.000, se podría llegar a un ingreso de \$71.000, lo que significa un ingreso extra de \$16.000. Sin embargo, se debe considerar que el primero año no va a existir el ingreso extra, ya que la inversión de la máquina es aproximadamente de \$20.000, pero desde el segundo año, se verá reflejado el beneficio monetario de la mejora.

Además de este indicador económico se tienen los siguientes indicadores de cómo mejora el proceso al automatizar el envasado, llenado y etiquetado de botellones:

- **Eficiencia Operativa**

Medida en relación con el nivel de cumplimiento de los objetivos al menor costo posible (García, y otros, 2019).

Este indicador permite cuantificar la mejora comparando la producción real contra la producción estándar u objetivo.

Figura 33

Cálculo Eficiencia Operativa WaterCleaner El Recreo

Eficiencia Operativa		
	ANTES	DESPUÉS
Producción Real	89	158
Producción Estándar	160	160
Eficiencia Operativa	55,6%	98,8%

Nota. Elaboración propia.

Este indicador arroja como resultado una mejora del 43% en la eficiencia operativa, al poder aumentar la producción real de 89 a 158 unidades por día laboral.

- **Reducción de Defectos**

La competencia exige productos de alta calidad, lo que impulsa a las empresas a mejorar sus procesos para reducir defectos. Minimizar ineficiencias y desperdicios es crucial para disminuir costos y aumentar la competitividad (Desimavilla, 2021).

Entendiendo la importancia de disminuir los defectos, se tiene el siguiente indicador de la mejora:

Figura 34

Cálculo Reducción de defectos WaterCleaner El Recreo

Reducción de defectos		
	ANTES	DESPUÉS
Defectos	63	32
Reducción de defectos	49,2%	
Reducción de costo por defectos		
	ANTES	DESPUÉS
Costo por defecto	\$ 504,00	\$ 256,00
Reducción de costo	\$ 248,00	

Nota. Elaboración propia.

Como resultado al automatizar el proceso se reduce en 49% los defectos lo cual significa un ahorro de \$248 por la diferencia del número de defectos.

- **Productividad**

La productividad se refiere a la optimización de los procesos productivos, evaluando la relación entre los recursos empleados y los productos generados. Mide la eficiencia de un sistema al comparar sus salidas con las entradas utilizadas para crearlos (Carro & González, 2012).

Medir y comparar la productividad antes de simular la mejora, brinda indicadores importantes de ahorro con relación a los recursos utilizados. En este caso, se produce más botellones en las mismas horas de trabajo, dando como resultado una mejora de \$69 y \$16 por hora trabajada.

Figura 35

Cálculo Productividad WaterCleaner El Recreo

Productividad		
	ANTES	DESPUÉS
Producción botellones	89	158
Insumo (tiempo - horas)	8	8
Eficiencia Operativa	11	20
Costo por Hora Nuevo	\$ 89,00	\$ 158,00
Costo por Hora Recarga	\$ 20,03	\$ 35,55

Nota. Elaboración propia.

4.4. Proyección de resultados

Los cambios en las métricas del proceso planeados son que los defectos por unidad (DPU) mostrados en la figura 8 pasen de 0,4 aproximadamente a la mitad 0,2, lo que significa que en vez de tener 4 productos defectuosos se pasa 2 por 100 productos elaborados mostrados en la figura 31, la capacidad del proceso (CP) con las mejoras planteadas alcanza un valor de 1.18 que entra a clase 2 (Figura 30) siendo antes 0,67 menor a uno por lo que se consideraba no capaz de la producción deseada (Figura 7), las cartas de control mostradas en la figura 9 demostraban un proceso, se realizaron dos AMEF uno sobre la situación actual y otro sobre la situación que se espera como se muestra en la figura 25 en donde se puede observar la disminución del valor del número de prioridad de riesgo (NPR).

A través del análisis de las simulaciones se espera que la automatización del proceso aumente los indicadores costo/beneficio, en un 43,2% la eficiencia operativa alcanzando el 98.8%, también se espera una reducción del costo de los defectos del 49,2%, y un aumento del costo por hora del 43,67%.

4.5. Discusión de resultados

Se utilizo el método análisis modo y efecto de fallas (AMEF) como una de las herramientas principales de la detección de problemas presentes en el proceso, uno de los objetivos claros de aplicar esta herramienta fue darle un valor cuantitativo a la cantidad de fallas actuales del proceso y en que etapa del mismo estaban sucediendo, este método utilizado en plantas purificadoras de agua ha demostrado no solo aumentar la productividad en general si no la calidad del producto final, también se ha podido evidenciar que su correcta aplicación continua en el proceso puede conllevar a acciones preventivas ante una inminente falla (Torres & Rodríguez, 2021), en este caso en particular se ha utilizado el AMEF ligado a varias herramientas de diagnóstico para priorizar la acción que se debe tomar en cuanto al proceso y realizar un diagnóstico del impacto de las acciones tomadas mostrando una reducción del NPR en cada una de las distintas fallas detectadas.

Se analizó también la capacidad del proceso la que en primera instancia se encontraba en el valor de 0,67 lo que indicaba que el proceso no solo era muy variable si no que la cantidad de defectos que se producían eran significativos, luego de los cambios realizados se encontró que el valor aumentaba a 1,18 siendo un proceso apenas capaz (Mahapatra,2020) , el cual necesitara no solo un monitoreo continuo si no posteriores mejoras con el fin de alcanzar un valor mayor que indique que el proceso es capaz, sin embargo cabe recalcar que la mejora indica que se reducen significativamente la cantidad de fallas que presenta el proceso.

Los indicadores costo/beneficio indican que la eficiencia con la automatización del proceso aumenta al 98,8%, en este caso comparado con lo presentado por Perez & Fernandez (2023) en una empresa embotelladora la eficiencia aumento un 9,42% con la aplicación de una metodología de aplicación de un modelo de gestión logística, teniendo en cuenta que se siguieron los mismos pasos realizados en este proyecto, se infiere que la aplicación a futuro de un modelo como las 5S puede ayudar a alcanzar un valor mayor de eficiencia y a estabilizar mucho más el proceso debido a que existen estudios que demuestran su éxito en este tipo de casos al reducir varios aspectos como los desperdicios y fallas (Rai et al., 2023) .

La automatización del proceso y el aumento de la eficiencia permitieron no solo disminuir el número de fallas, también el costo de cada una presentando un nuevo valor del 256\$ este nuevo valor significa una reducción del costo del 49.2%, el cual comparado con lo obtenido con estudios similares en los cuales se obtuvo una reducción de las fallas del 61,81% al automatizar una parte del proceso de producción de bebidas gaseosas (Chikumbirike et al., 2021), se cumple con las expectativas de la mejora que se obtiene al automatizar un proceso de embotellado, la variación se puede deber a la diferencia de los líquidos y la cantidad de intervención humana con la maquinaria utilizada, aun así se obtiene una mejora significativa.

5. Conclusiones

Se mejoro el proceso de llenado y etiquetado de botellones en la empresa WaterCleaner “El Recreo”, como primer paso se realiza un SIPOC, mapa de proceso y un AMEF, mediante estas herramientas se identificó que el proceso de llenado y envasado de botellones presenta fallas en las actividades de llenado, sellado y etiquetado.

Se aplico métricas seis sigma (Figura 8), cartas de control (Figura 9) y se calculó la capacidad del proceso (Figura 7), es estas se pudo identificar no solo que el proceso no es capaz de cumplir con los estándares si no la cantidad de fallas que presenta y lo variable que es.

Al analizar los problemas presentes se realizó un análisis de Ishikawa (Figura 19 y Figura 20), Pareto (Figura 21 y Figura 22) y una matriz de priorización (Figura 18), se identificó que las principales causas de la variabilidad del llenado de los botellones son por la falta de estandarización, la variabilidad de la fuerza y técnica aplicada, desgaste de la goma utilizada y la falta de entrenamiento del personal, en consecuencia se determinó que el mejor plan de mejora es realizar una automatización del proceso mediante la adquisición de maquinaria especializada.

Se realizo simulaciones mediante el uso de FlexSim (Figura 29) en las que se obtuvo los datos necesarios para observar que mediante la automatización del proceso aumentaría en un 43% de eficiencia del proceso excediendo las expectativas de una mejora del 30% y la capacidad del proceso aumento a 1,18 lo que lo convierte en un proceso apenas capaz de cumplir con los estándares necesarios.

6. Recomendaciones

Se recomienda mantener un control continuo de las métricas con el fin de identificar nuevos cuellos de botellas y oportunidades de mejora, también se recomienda la aplicación de una metodología como las 5S o Kaizen ya que se ha demostrado que en empresas embotelladoras pueden tener un impacto positivo en la eficiencia.

Bibliografía

- Carro, R., & González, D. (2012). Administración de las operaciones. Obtenido de https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf
- Chikumbirike, M. O., Kanyemba, G., Chirinda, G. P., & Matope, S. (2021). Design of an automated monitoring and control system for the soft drink capping machine and process mixer. *South African Journal of Industrial Engineering*, 32(3), 225-237.
- Desimavilla, E. (2021). La competencia industrial exige productos de alta calidad, lo que impulsa a las empresas a mejorar sus procesos para reducir defectos. Minimizar ineficiencias y desperdicios es crucial para disminuir costos y aumentar la competitividad. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21464/1/UPS-GT003543.pdf>
- Felizzola Jiménez, H., & Amaya, C. L. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico Lean Six Sigma in small and medium enterprises: a methodological approach. In *Revista chilena de ingeniería* (Vol. 22, Issue 2).
- Fernandes, M., Correia, D., & Teixeira, L. (2024). Lean maintenance practices in the improvement of information management processes: a study in the Facility Management division. *Procedia Computer Science*, 232, 2269–2278. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.046>
- García, J., Cazallo, A., Barragán, C., Mercado, M., Olarte, L., & Meza, V. (2019). Indicadores de Eficacia y Eficiencia en la gestión de procura de materiales en empresas del sector construcción del Departamento del Atlántico, Colombia. *Revista Espacios*, 40(2). Obtenido de <https://www.revistaespacios.com/a19v40n22/a19v40n22p16.pdf>
- Khwaja, S., Vivekanand, V., & Jayakumar, C. (2021). Literature review on the usage of six sigma techniques for improvement of quality in soft drink beverage and bottling industries. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1033(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1033/1/012006>
- Potthoff, L., & Gunnemann, L. (2023). Resilience of Lean Production Systems: A Systematic Literature Review. *Procedia CIRP*, 120, 1315–1320. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.09.169>

- Rai, C., Agarwal, P., & Verma, P. L. (2020). Implementation of 5S Tools in Bottling Industry to Improvement of Productivity. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*.
- Reato, C. & Socconini, L. (2019). *Lean Six Sigma: sistema de gestión para liderar empresas*. Marge Books. <https://elibro.net/es/ereader/udla/117568?page=24>.
- Rodriguez, C. (2020). Aplicación de herramientas de manufactura esbelta y automatización en procesos industriales. Schumacher, S., Bildstein, A., & Bauernhansl, T. (2020). The impact of the digital transformation on lean production systems. *Procedia CIRP*, 93, 783–788. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.03.066>
- Sánchez, A., Lizarra, D., & Glaría, A. (2008). El estado de flujos de tesorería según las etapas del ciclo de vida de la empresa: una aproximación empírica. *Investigaciones europeas de dirección y economía de la empresa*, 14(2), 211-227.
- Torres, S., & Rodríguez, C. (2021). Método AMEF: estrategias para su empleo en el mantenimiento en plantas purificadoras de agua. *Polo Del Conocimiento*, 6(59), 1018–1039.
- Mahapatra, A., Song, J., Shao, Z., Dong, T., Gong, Z., Paul, B., Padhy, I. (2020). Concept of process capability indices as a tool for process performance measures and its pharmaceutical application, *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 10(5):333-344.
- Perez, A., & Fernández, V. (2023). Modelo de gestión logística para mejorar la eficiencia en una empresa embotelladora: caso de estudio. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología Innovación*, 10(1), 116–132. <https://doi.org/10.26495/icti.v10i1.2402>