

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Reducción de tiempo de cambio de formato en máquina llenadora de línea de
botellas

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Tafur Martínez Javiera Nicole

Villaprado Yambay José Miguel

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

El presente proyecto se lo dedico a mi mamá Patricia Martínez que sin su amor, apoyo y esfuerzo incondicional no podría haber llegado tan lejos, ella forjó a la profesional y persona en la que me he estado convirtiendo, por enseñarme a ser perseverante, nunca dudar de mi potencial, siempre apoyarme en cada decisión que tomaba, pero sobre todo ayudarme a alcanzar este de los tantos objetivos que tenemos, todo nuestro sacrificio ha sido plasmado en cada una de las páginas de este documento. A mis ángeles de la guarda Willy y Archiekins de los cuales nunca necesité ni una sola palabra para poder sentir ferozmente su incansable e inquebrantable apoyo, a ustedes por siempre estar a mi lado. A mi hermano Bryan, mi primo John Byron, mis primas Gaby, Nathalia y Nathaly, y tías quienes con sus miradas llenas de orgullo siempre han iluminado mi camino, alentándome día a día de alguna manera u otra.

Porque todos mis logros, triunfos y éxitos son por ustedes y para ustedes.

Con incalculable amor y reconocimiento,

Javiera Nicole Tafur Martínez.

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a todas las personas que contribuyeron positivamente al desarrollo del mismo.

Sinceramente,

José Miguel Villaprado Yambay.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Camila y Elián por los magníficos momentos que me hicieron vivir, me quedo con todas las largas noches, en las que nos quedábamos riendo, molestando y conversando en lugar de hacer los proyectos. A JuanDa por ser el eterno ayudante, una excelente persona y amigo, que nunca deja de enseñarme ni de brindarme su apoyo. A la Ing. Darly y Yuma por ser personas extraordinarias, llegaron en el momento correcto a mi vida, la etapa de conocerlas no me la saltaría nunca, agradezco inmensamente su amistad. A Maria Emilia, Genesis y Karen, por ser incondicionales. A la M.Sc. María Isabel Alcívar nuestra fenomenal tutora, por todos sus consejos, y por darme la oportunidad de ser su ayudante. A esos amigos que pude conocer durante mi último semestre, ojalá nos hubiéramos conocido antes. Y finalmente a ese chico que conocí durante mi primer semestre y del que siempre me olvidaba su nombre quien diría que terminaríamos haciendo la tesis juntos, gracias José Miguel por acompañarme en este vals desde el día uno.

Que estas palabras reflejen el total agradecimiento que late en lo más profundo de mi ser.

Con inmensa gratitud, respeto y cariño,

Javiera Nicole Tafur Martínez.

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a mis padres y a mis hermanos que me apoyaron a lo largo de mi carrera brindándome su soporte incondicional y velar por mi bienestar. A Francheska por siempre motivarme a seguir adelante y ser un ejemplo de superación.

A mis amigos y futuros colegas Elián, Camila, Javiera y María Emilia por las buenas y malas experiencias que pasamos juntos a lo largo de estos años.

Finalmente agradezco a todas las personas que me aportaron a mi desarrollo como profesional y como persona.

José Miguel Villaprado Yambay.

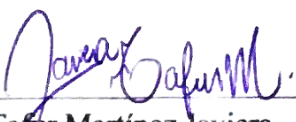
Declaración Expresa


Nosotros, Javiera Nicole Tafur Martínez y José Miguel Villaprado Yambay, acordamos y reconocemos 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. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, 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/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores 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, 2 de febrero del 2024.


Tafur Martínez Javiera


Villaprado Yambay José

Evaluadores

María Fernanda López S., M.Sc.

PROFESOR DE LA MATERIA

María Isabel Alcívar G., M.Sc.

TUTOR DE PROYECTO

Resumen

El siguiente documento muestra la aplicación de la metodología DMAIC en un proyecto de mejora destinado a la reducción de tiempos de cambio de formato en una empresa cervecera localizada en Guayaquil. La reducción de estos tiempos resulta fundamental desde el punto de vista económico, puesto que implica un aumento en la productividad de la planta y por ende, mayores ingresos económicos. El tiempo de cambio de formato histórico es de 113 minutos, mientras que la empresa espera que sea de 80 minutos.

Para ello se definió como objetivo reducir este tiempo en al menos 30% durante el transcurso de 4 meses. Con este propósito, se emplearon herramientas como VSM (para comprender en dónde se enfocaba el problema), VOC (para entender las necesidades del cliente), y metodologías como SMED (para la reducción de los tiempos en cuestión), sumado al empleo de sistemas de gestión visual para la estandarización de procedimientos.

El empleo de las diversas herramientas y metodologías usadas en el proyecto se tradujo en una disminución de pérdidas económicas de hasta \$41,570.28. A través de la implementación de las distintas soluciones se reduce el tiempo de cambio de formato a 75.14 minutos, cumpliendo así con el objetivo establecido.

Palabras Clave: DMAIC, gestión visual, estandarización, SMED

Abstract

The following document shows the application of the DMAIC methodology in an improvement project aimed at reducing changeover times in a brewery located in Guayaquil. The reduction of these times is fundamental from the economic point of view since this implies an increase in the productivity of the plant and therefore, greater economic income. The historical changeover time is 113 minutes, while the company expects it to be 80 minutes.

The objective was to reduce this time by at least 30% over the course of 4 months. For this purpose, tools such as VSM were used to understand where the problem was focused and VOC to understand the client's needs and methodologies such as SMED to reduce the time in question, in addition to the use of visual management systems for the standardization of procedures.

The use of the various tools and methodologies used in the project resulted in a reduction of economic losses of up to \$41,570.28. Through the implementation of the different solutions, the format changeover time was reduced to 75.14 minutes, thus meeting the established objective.

Keywords: DMAIC, visual management, standardization, SMED

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE ECUACIONES	X
CAPÍTULO 1.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3.1 Indicador Social.....	4
1.3.2 Indicador Ambiental.....	4
1.3.3 Indicador Económico	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 MARCO TEÓRICO	5
1.5.1 Metodología DMAIC.....	5
1.5.2 Definición.....	6
1.5.3 Medición.....	8
1.5.4 Análisis.....	8
1.5.5 Mejora.....	11
1.5.6 Control	11
1.5.7 Herramienta SMED.....	11
CAPÍTULO 2.....	12
2. METODOLOGÍA	13

2.1	DEFINICIÓN	13
2.1.1	<i>Antecedentes del cliente</i>	13
2.1.2	<i>Diagramación del proceso (SIPOC)</i>	13
2.1.3	<i>Estratificación del problema</i>	14
2.1.4	<i>Necesidades del cliente</i>	19
2.1.5	<i>Definición de la variable respuesta</i>	24
2.1.6	<i>Definición del problema</i>	24
2.2	MEDICIÓN	25
2.2.1	<i>Prueba de normalidad</i>	26
2.2.2	<i>Análisis de capacidad</i>	27
2.2.3	<i>Problema enfocado</i>	28
2.3	ANÁLISIS	28
2.3.1	<i>Lluvia de ideas</i>	28
2.3.2	<i>Diagrama ISHIKAWA</i>	29
2.3.3	<i>Matriz Causa-Efecto</i>	30
2.3.4	<i>Matriz Impacto-Esfuerzo</i>	32
2.3.5	<i>Plan de verificación de causas</i>	32
2.3.6	<i>Cinco Porqués</i>	37
CAPÍTULO 3.....		39
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	40
3.1	MEJORA	40
3.1.1	<i>Posibles soluciones</i>	40
3.1.2	<i>Análisis financiero inicial</i>	40
3.1.3	<i>Matriz de priorización Impacto – Esfuerzo</i>	41
3.1.4	<i>Análisis financiero final</i>	42
3.1.5	<i>Plan de implementación</i>	43
3.2	IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES.....	43
3.2.1	<i>Diseño de un manual detallado del proceso de cambio de formato de presentación</i> 44	
3.2.2	<i>Colocar de guías visuales in situ</i>	50
3.2.3	<i>Estandarización de los parámetros de calibración en el proceso de cambio de formato de presentación</i>	51
3.2.4	<i>Capacitación del personal</i>	52
3.3	RESULTADOS Y ANÁLISIS	53

3.3.1	<i>Justificación económica</i>	54
3.3.2	<i>Justificación ambiental</i>	54
3.3.3	<i>Justificación social</i>	55
3.3.4	<i>Plan de control</i>	56
CAPÍTULO 4		57
4.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		58
4.1.1	<i>Conclusiones</i>	58
4.1.2	<i>Recomendaciones</i>	58
REFERENCIAS		59
APÉNDICES		61

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC	Define, Measure, Analysis, Improve and Control
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers
VOC	Voice of Customer
VSM	Value Stream Mapping
CTQ	Critical to Quality
OPI	Operational Performance Indicator
EBI	Empty Bottle Inspector
APM	Autonomous Planned Maintenance
SOP	Standard Operation Procedure
OPL	One Point Lesson
DCS	Daily Control System
ECRS	Eliminar, Combinar, Reducir, Simplificar

Simbología

min	Minutos
kWh	Kilovatios hora
h	Horas
hl	Hectolitros

Índice de figuras

Figura 1: <i>Value Stream Mapping (VSM) de la línea de botellas</i>	15
Figura 2: <i>Tipos de paradas de enero 2022 a Julio 2023</i>	15
Figura 3: <i>Tipos de paradas externas de enero 2022 a Julio 2023</i>	16
Figura 4: <i>Tipos de paradas externas programadas de enero 2022 a Julio 2023</i>	16
Figura 5: <i>Tiempo de cambio de formato en promedio por cambio</i>	17
Figura 6: <i>Serie de tiempo de cambios de formatos de enero 2022 a Julio 2023</i>	17
Figura 7: <i>Actividades AV, NAVN & NAV del proceso de cambio de formatos</i>	19
Figura 8: <i>Mapa de actores</i>	20
Figura 9: <i>VOC del Supervisor de Empacado</i>	20
Figura 10: <i>VOC de la Analista de Empacado</i>	21
Figura 11: <i>VOC del Técnico de llenadora</i>	21
Figura 12: <i>VOC del Operador de llenadora</i>	22
Figura 13: <i>Drivers</i>	22
Figura 14: <i>Necesidades del cliente</i>	23
Figura 15: <i>Critical to Quality (CTQ)</i>	23
Figura 16: <i>Definición del problema utilizando la herramienta 3w+2h</i>	24
Figura 17: <i>Tiempo de cambio de formato de enero 2022 a Julio 2023</i>	24
Figura 18: <i>Plan de recolección de datos</i>	25
Figura 19: <i>Programación cambio de formato</i>	25
Figura 20: <i>Gráfico de distribución de datos observados</i>	26
Figura 21: <i>Distribución y análisis de capacidad por tipo de cambio de formato</i>	27
Figura 22: <i>Definición del problema enfocado utilizando la herramienta 3w+2h</i>	28
Figura 23: <i>Luvia de ideas</i>	29
Figura 24: <i>Diagrama Ishikawa</i>	29
Figura 25: <i>Pareto - Diagrama Causa-Efecto</i>	31
Figura 26: <i>Matriz Impacto-Esfuerzo</i>	32
Figura 27: <i>Gemba - Verificación potencial causa N° 1</i>	33
Figura 28: <i>SharePoint de la compañía</i>	34
Figura 29: <i>Diagrama de dispersión de los tiempos de cambio de formato de presentación</i>	34
Figura 30: <i>Gemba - Verificación de potencial causa N° 2</i>	35
Figura 31: <i>Operador realizando el cambio de formato de presentación</i>	36
Figura 32: <i>Análisis de diferencia de medias de los tiempos de cambio de formato de presentación por operador</i>	36

Figura 33: <i>Instructivo del área de envasado y SharePoint de la compañía</i>	37
Figura 34: <i>Gemba - Verificación de potencial causa N° 4</i>	37
Figura 35: <i>Análisis cinco porqués de causas potenciales</i>	38
Figura 36: <i>Causas y posibles soluciones</i>	40
Figura 37: <i>Matriz de priorización de soluciones Impacto - Esfuerzo</i>	42
Figura 38 <i>Análisis de actividades internas del proceso</i>	47
Figura 39 <i>Análisis ECRS</i>	47
Figura 40 <i>Diagrama de flujo del proceso de cambio de formato llenadora de botellas</i>	48
Figura 41 <i>Proceso de cambio de formato llenadora de botellas documentado</i>	49
Figura 42 <i>Guías de cambio de formato llenadora</i>	49
Figura 43 <i>Esquema de la máquina llenadora de botellas dividido por colores</i>	50
Figura 44 <i>Colocación de guías visuales in situ por parte del equipo del proyecto</i>	50
Figura 45 <i>Recolección de estándares por parte del equipo de proyecto</i>	51
Figura 46 <i>Registro de asistencia a la capacitación</i>	52
Figura 47 <i>Capacitación a personal de llenadora</i>	52
Figura 48 <i>Tiempo de cambio de formato inicial Vs actual</i>	53
Figura 49 <i>Ingresos no obtenidos</i>	54
Figura 50 <i>Consumo energético (kWh)</i>	55
Figura 51 <i>Operadores de llenadora capacitados</i>	55

Índice de tablas

Tabla 1 <i>SIPOC de la empresa</i>	14
Tabla 2 <i>Diagrama de proceso de cambio de formato</i>	18
Tabla 3 <i>Tabla de resumen del diagrama de proceso de cambio de formato</i>	19
Tabla 4 <i>Ponderaciones para la matriz causa-efecto</i>	30
Tabla 5 <i>Matriz Causa-Efecto</i>	30
Tabla 6 <i>Causas potenciales con mayor ponderación</i>	31
Tabla 7 <i>Plan de verificación de causas</i>	33
Tabla 8 <i>Análisis financiero inicial por solución</i>	41
Tabla 9 <i>Análisis financiero final por solución</i>	42
Tabla 10 <i>Plan de implementación de soluciones</i>	43
Tabla 11 <i>Análisis SMED del proceso</i>	44
Tabla 12 <i>Resumen del análisis de actividades internas del proceso</i>	46
Tabla 13 <i>Parámetros de calibración estandarizados para cada presentación y marca</i>	51
Tabla 14 <i>Plan de control</i>	56

Índice de ecuaciones

Ecuación 1: <i>Trabajadores capacitados</i>	4
Ecuación 2: <i>Pérdidas económicas</i>	4

Capítulo 1

1.1 Introducción

En la actualidad, las empresas dedicadas a la producción de cerveza se enfrentan a una creciente presión para reducir costos, mejorar su productividad y su capacidad de respuesta frente a los dinámicos cambios del mercado, de tal manera de que puedan mantenerse a la vanguardia y demostrar su ventaja competitiva. En este contexto, el tiempo de cambio de formato juega un rol clave para lograr el éxito en sus operaciones. El tiempo de cambio de formato es el tiempo que tarda una empresa en cambiar de un formato de producto a otro en una máquina o línea de producción, por ejemplo, de una botella de 600 ml a una de 330 ml, por lo tanto, un tiempo de cambio de formato prolongado afecta directamente a la productividad y los costos de producción. Es por ello por lo que una mayor productividad significa que la empresa puede producir más productos con los mismos o menos recursos, además de que es capaz de adaptarse a las necesidades cambiantes del mercado, lo que se traduce en una reducción de los costos y esto a su vez permite que la empresa sea más competitiva frente al mercado.

El presente proyecto se lleva a cabo en una empresa de Guayaquil dedicada a la elaboración, distribución y venta de cervezas, esta empresa posee una amplia gama de productos, desde cervezas premium con amargor fino e intenso, bebidas malteada sin alcohol, cervezas embotelladas y en latas, sin mencionar la variedad en mililitros que estas cervezas son presentadas al mercado, para poder satisfacer la demanda de estos diferentes productos, la empresa debe ser capaz de cambiar rápidamente de formato en sus máquinas llenadoras, es por ello, que en este proyecto se busca afrontar la problemática relacionada a los tiempos de cambio de formato y para ello se emplearan metodologías de mejora continua las cuales serán de ayuda para el análisis e identificación de las causas que originan estos tiempos prolongados, y de esta manera hacer el proceso más eficiente.

1.2 Descripción del Problema

La empresa cervecera en análisis presenta altos tiempos de cambio de formatos; en la actualidad, este aumento en el tiempo de cambio de formatos se ha evidenciado desde julio del 2022. Actualmente el tiempo de cambio de formatos de la máquina llenadora de la línea de envasado de botellas toma alrededor de 113 minutos en promedio por cambio, lo que al mes se traduce en una media de 18.07 horas al mes, es decir, en alrededor de 3252 Hectolitros de producto no envasado al mes o, en otras palabras, cerca de 550.000 botellas no producidas, representando el aproximadamente 10% de tiempo muerto, evidenciando un desperdicio significativo de tiempo y recursos.

Debido a ello, surge la necesidad por parte de la empresa de asegurar la reducción de estos tiempos de cambio de formato en la máquina llenadora de la línea de botellas. Actualmente la empresa mantiene un registro de los tiempos en un Excel, sin embargo, no han podido realizar el análisis requerido para identificar lo que está ocurriendo en el proceso, además de no poseer un procedimiento estándar que impida al operador incurrir en actividades que no agreguen valor a la actividad, por lo que es de vital importancia la implementación de una metodología orientada a la reducción de estos tiempos.

1.3 Justificación del Problema

Los tiempos de cambio de formato en la máquina llenadora de la línea de botella de la empresa cervecera, afectan a diversos indicadores que son relevantes para la empresa, el más importante está asociado principalmente con el rendimiento operacional del área de envasado, y un elevado tiempo de cambio impacta de manera directa a este indicador, además, la reducción de este tiempo de cambio de formato, también está relacionado con otros tres indicadores claves para poder medir el éxito de la empresa y lograr su sostenibilidad a largo plazo, y estos son: el indicador Social, Ambiental y Económico, a continuación, se detalla cada uno de ellos y su impacto dentro de la empresa.

1.3.1 Indicador Social

El indicador social se denota como “**Cantidad de operadores capacitados**”, que se lo calculará mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Operadores capacitados} = \frac{\text{Número de operadores capacitados}}{\text{Número total de operadores}} * 100 [\%] \quad (1.1)$$

La formación de los operarios implica la adquisición de nuevas competencias que se traducen en la estandarización de los procesos y en la reducción del tiempo de cambio, permitiendo que el proceso sea más eficiente, lo que reduce las posibilidades de errores.

1.3.2 Indicador Ambiental

El indicador Ambiental se denota como “**Cantidad de energía eléctrica utilizada durante el tiempo de cambio de formato**”, y será medida con ayuda del equipo de mantenimiento el cual lleva un registro de la cantidad de energía utilizada, se sabe que al realizar el cambio de formato en la maquina llenadora de la línea de botellas las operaciones en la empresa no paran, por lo tanto se sigue consumiendo una cantidad significativa de energía eléctrica lo cual genera pérdidas para la empresa, por lo tanto al reducir el tiempo de cambio de formato, los costos de producción también disminuyen.

1.3.3 Indicador Económico

El indicador económico se denota como “**Cantidad de pérdidas económicas**” y este se lo calculará de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas económicas } [\$] = & \\ & \text{Tiempo de cambio de la máquina llenadora (h)} * \\ & \text{Velocidad de funcionamiento de la máquina llenadora } \left(\frac{\text{bottles}}{\text{hour}}\right) * \\ & \text{Volumen de la botella } \left(\frac{\text{Hl}}{\text{bottle}}\right) * \text{Costo del líquido } \left(\frac{\$}{\text{Hl}}\right) \quad (1.2) \end{aligned}$$

Este indicador está ligado al tiempo de cambio de formato debido a que al reducir el dicho tiempo, la producción puede comenzar antes, lo que significa que este tiempo representa un ingreso económico.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Reducir el tiempo de cambio de formato en máquina llenadora de botellas de 113 minutos a 80 minutos en promedio por cambio desde octubre del 2023 hasta enero del 2024.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Identificar las causas que contribuyen a los tiempos excesivos en el cambio de formato en máquina llenadora de botellas.
2. Estandarizar el procedimiento de cambio de formato en máquina llenadora de botellas.
3. Capacitar al personal en el uso efectivo del procedimiento estandarizado para el cambio de formato en máquina llenadora de botellas.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Metodología DMAIC

La metodología DMAIC es un método estructurado de resolución de problemas que ayuda a las organizaciones a identificar y abordar las causas profundas de los problemas y a aplicar soluciones que conduzcan a una mejora sostenida de los procesos o servicios (Sasikumar, Acharya, Nair, & Ghafar, 2023).

La metodología DMAIC consta de cinco etapas clave. La "D" se refiere a DEFINIR, definir el o los problemas centrales. M" significa MEDIR, es decir, evaluar el rendimiento actual de una operación y utilizarlo como línea de base para evaluar el progreso a la hora de implantar soluciones. A" significa ANÁLISIS, se realiza un razonamiento basado en pruebas para identificar la "causa raíz" inicial de los problemas que se extienden y tienen un impacto tan negativo en el rendimiento corporativo. "I" se refiere a la MEJORA, se implementan soluciones para abordar la raíz del problema y la "C" se refiere al CONTROL, en el que se establecen medidas, se garantiza el seguimiento de los sistemas, además de medir y mantener el rendimiento dentro de unos niveles de calidad aceptables (Atkinson, 2014).

1.5.2 Definición

El objetivo principal de esta etapa es comprender los problemas críticos del proceso y las posibilidades de mejora del proceso. En esta fase, las tareas consisten en identificar a los clientes, seleccionar el área del proyecto, definir el objetivo, el alcance y los recursos necesarios para el proyecto, los problemas se expresan en términos de métricas cuantificables y se identifican los aspectos que cruciales para garantizar la calidad. (Sasikumar, Acharya, Nair, & Ghafar, 2023). Para ello se pueden implementar las siguientes herramientas:

1.5.2.1 SIPOC

SIPOC significa Supplier-Inputs-Process-Outputs-Customers; es la representación gráfica de un proceso de gestión que permite entender e identificar los elementos importantes en un proceso. Esta metodología se usa para mejora de procesos y se basa en la representación esquemática de elementos claves de un proceso. La herramienta sirve para analizar el proceso de una manera amplia, reconociendo los respectivos proveedores, todas las entradas y salidas del proceso y la vinculación de los clientes con cada paso del proceso, de este modo se pueden entender, clasificar y adaptar los requerimientos de los clientes, aspecto que facilita el entendimiento entre ambas partes (González & Prado, 2021).

1.5.2.2 VSM

El mapeo del flujo de valor (VSM) se utiliza para identificar, documentar y mejorar el flujo de información o de materiales para satisfacer la demanda de los clientes. El VSM traza el método completo que muestra el flujo particular de materiales e información de varios elementos dentro de una empresa, con el objetivo de poder visualizar e identificar las actividades que agregan valor, no agregan valor pero son necesarias, y las que no agregan valor en absoluto las cuales provocan cuellos de botella dentro de la producción (Nandakumar, Saleeshya, & Harikumar, 2020).

1.5.2.3 Mapa de actores

El Mapa de actores permite realizar análisis de las partes interesadas, esta es una técnica que permite identificar y evaluar la importancia de las personas, grupos de personas e

instituciones clave que pueden influir en el éxito de su actividad o proyecto. Los hallazgos sobre las partes interesadas pueden proporcionar información temprana y esencial sobre: quién se verá afectado, quién podría influir en el proceso o los resultados, qué personas, grupos u organizaciones deben participar, en concreto, el mapa de actores identificar conflictos de intereses entre las partes interesadas, que influirán en la evaluación del riesgo de un proyecto; ayuda a identificar las relaciones entre las partes interesadas que pueden aprovecharse y permitir "coaliciones" de patrocinio, apropiación y cooperación del proyecto; y ayudar a evaluar el tipo adecuado de participación de las distintas partes interesadas en las sucesivas fases del proyecto (World health organization Wester Pacific Region, 2008).

1.5.2.4 VOC

Voice of Customer, o también conocido como en sus siglas en inglés VOC, es una de las principales herramientas de Seis Sigma que permite conocer las necesidades de los clientes en relación con un producto o servicio ofrecido, esta metodología de la "voz del cliente" nos permite recabar información directa e indirecta, estos datos pueden ser recopilados mediante encuestas, entrevistas y/o grupos de discusión/focales, los datos recopilados y analizados correctamente permiten identificar y comprender lo que quieren los clientes, lo que permite el desarrollo, la mejora y la innovación de productos, procesos o servicios (Jach, Antony, Thomson, Cudney, & Furterer, 2022).

1.5.2.5 CTQ

Las CTQ o como su significado en inglés Critical To Quality son las características clave mensurables de un producto o proceso cuya especificación de rendimiento debe cumplir los requisitos del cliente. Alinean los esfuerzos de mejora o diseño con los requisitos del cliente. Las CTQ representan las características del producto, proceso, procedimiento o servicio definidas por el cliente (interno o externo). Incluyen los límites superior e inferior de especificación o cualquier otro factor relacionado con el producto o servicio. Por lo general, una CTQ debe interpretarse desde la declaración cualitativa del cliente hasta una especificación empresarial cuantitativa manejable (He, Tang, & Chang, 2009).

1.5.3 Medición

Una vez definido el problema a atacar, se debe de establecer que características determinan el comportamiento del proceso. Para esto es necesario identificar cuáles son los requisitos y/o características en el proceso o producto que el cliente percibe como clave (variables de desempeño), y que parámetros (variables de entrada) son los que afectan este desempeño. A partir de estas variables se define la manera en la que será medida la capacidad del proceso, por lo que se hace necesario establecer técnicas para recolectar información sobre el desempeño actual del sistema (Ocampo & Pavón, 2012).

1.5.4 Análisis

Esta etapa tiene como objetivo analizar los datos obtenidos del estado actual del proceso, determinar las causas de este estado y las oportunidades de mejora. En esta fase se determina si el problema es real o es solo un evento aleatorio que no puede ser solucionado usando DMAIC. En esta etapa se seleccionan y se aplican herramientas de análisis a los datos recolectados en la etapa de Medir y se estructura un plan de mejoras potenciales a ser aplicado en el siguiente paso. Esto se hace mediante la formulación de diferentes hipótesis y la prueba estadística de las mismas para determinar qué factores son críticos para el desempeño final del proceso (Ocampo & Pavón, 2012). Entre las herramientas más comúnmente usadas se encuentran:

1.5.4.1 Prueba de normalidad

Las pruebas de normalidad se utilizan para determinar si una distribución de datos sigue una distribución normal o no. Esto es importante porque muchos procedimientos estadísticos asumen que los datos siguen una distribución normal, y utilizar estos procedimientos con datos que no siguen una distribución normal puede llevar a resultados sesgados o poco precisos (Sánchez, 2023).

Las principales pruebas para la evaluación de la normalidad son la prueba de Kolmogórov-Smirnov (K-S), la prueba K-S corregida de Lilliefors, la prueba de Shapiro-Wilk, la prueba de Anderson-Darling, la prueba de Cramer-von Mises, la prueba de asimetría de

D'Agostino, la prueba de curtosis de Anscombe-Glynn, la prueba ómnibus de D'Agostino-Pearson y la prueba de Jarque-Bera. Las pruebas mencionadas comparan las puntuaciones de la muestra con un conjunto de puntuaciones distribuidas normalmente con la misma media y desviación típica; la hipótesis nula es que "la distribución de la muestra es normal". Si la prueba es significativa, la distribución no es normal (Ghasemi & Zahediasl, 2012).

1.5.4.2 Cartas de control

Son métodos gráficos para monitorear y diagnosticar el desempeño de un proceso en el tiempo, detectando posibles corrimientos de magnitud en los valores nominales de sus principales parámetros; por ejemplo, en la media o desviación estándar de una variable descriptiva de su desempeño. Las cartas bilaterales tienen un doble rol: permiten detectar corrimientos por abajo y por arriba del valor nominal del parámetro, lo que señala deterioros y mejoras en el desempeño. Las cartas bilaterales son entonces claves en todo programa de mejoramiento continuo y, en particular, del pensamiento Six Sigma. Lecturas periódicas del desempeño del proceso se vuelcan a un estadístico de control cuya estructura matemática depende del tipo de carta. Sus valores, representados en la gráfica mediante puntos, se comparan con dos líneas horizontales: los límites de control superior (LS), para detectar corrimientos, e inferior (LI), para corrimientos (Esther, Virginia, & Néstor, 2015).

1.5.4.3 Lluvia de ideas

El brainstorming, o también conocido como lluvia de ideas en español, es una técnica creativa de generación de ideas. También es una técnica de resolución de problemas. La lluvia de ideas es una herramienta para maximizar la creatividad de un grupo en la resolución de problemas, proporciona un entorno libre para presentar ideas individuales, sin atraer las críticas de nadie, esta se la puede realizar mediante un grupo que intenta encontrar una solución para un problema específico acumulando todas las ideas de sus miembros de forma espontánea. Cada idea generada se registra y se considera una solución a un problema (Kumbhar, 2018).

1.5.4.4 Diagrama ISHIKAWA

El diagrama de ISHIKAWA o también conocido como espina de pescado es una herramienta muy utilizada en el control de calidad y la resolución de problemas en diversas industrias, este diagrama ayuda a identificar las causas profundas de los defectos o problemas y ofrece una representación visual de las posibles causas y su interrelación. Esta es una herramienta eficaz para comprender la relación causa-efecto y priorizar las acciones correctivas. (Sasikumar, Acharya, Nair, & Ghafar, 2023)

1.5.4.5 Matriz Causa-Efecto

Una matriz causa-efecto es una herramienta útil para identificar y organizar las causas conocidas. La estructura que proporciona el diagrama ayuda a los miembros del equipo a pensar de forma muy sistemática (Boutros & Cardella, 2016).

En un proceso, las variables de entrada pueden influir en el resultado, pero no todas las variables de entrada tienen la misma importancia. Por lo tanto, debe desarrollar un modelo matemático para concentrar las entradas importantes con respecto al resultado del cliente. La Matriz de Causas y Efectos ayuda a identificar esas entradas clave (Hessing, 2019).

1.5.4.6 Matriz Impacto-Esfuerzo

La matriz de Impacto-Esfuerzo es una herramienta avanzada para el análisis de causa raíz que puede ayudarle a tomar medidas una vez identificada la causa raíz, la matriz de se diseñó específicamente para decidir cuál de las muchas soluciones sugeridas debe aplicarse (ASQ Team, 2021).

1.5.4.7 Cinco porqués

La técnica de los cinco porqués es una sencilla técnica de formulación de preguntas que explora las relaciones causa-efecto subyacentes a los problemas, hay tres elementos clave para el uso eficaz de la técnica de los cinco porqués: planteamiento preciso y completo del problema, honestidad total al responder a las preguntas, determinación para llegar al fondo de los problemas y resolverlos (Serrat, 2010).

1.5.5 Mejora

Una vez que se ha determinado que el problema es real y no un evento aleatorio, se deben identificar posibles soluciones. En esta etapa se desarrollan, implementan y validan alternativas de mejora para el proceso. La habilidad de dichas propuestas para producir mejoras al proceso debe ser validada para asegurar que la mejora potencial es viable. De estas pruebas y experimentos se obtiene una propuesta de cambio en el proceso, es en esta etapa en donde se entregan soluciones al problema. (Ocampo & Pavón, 2012)

1.5.6 Control

El objetivo de la fase de control es lograr la sostenibilidad del sistema mejorado y modificado, que deberá ser robusto, para mantener el proceso bajo control. (Ankesh Mittal, 2023). Para esto debe de diseñarse e implementarse una estrategia de control que asegure que los procesos sigan corriendo de forma eficiente. (Ocampo & Pavón, 2012)

1.5.7 Herramienta SMED

La herramienta SMED, conocida por sus siglas en inglés Single Minute Exchange of Die, se traduce como el cambio rápido de utillaje en menos de diez minutos, que se basa en reducir las operaciones internas y externas en un cambio; además, de mejorar y optimizar los recursos a la máxima eficiencia, buscando reducir tiempos, costes y movimientos. SMED se ha dividido en operaciones internas y externas; la operación interna consiste en realizar actividades cuando la máquina está parada, como el desmontaje y el montaje. Por otro lado, la operación externa consiste en realizar tareas cuando la máquina está en funcionamiento, como realizar tareas de mantenimiento, alistamiento y preparación de herramientas (López, Mateus, & Ovalle, 2021).

Capítulo 2

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó la metodología DMAIC, la cual comprende de cinco etapas, en donde se Definirá la problemática a resolver, los actores involucrados y el proceso a mejorar, se realizará la recopilación de datos del proceso para poder Medir el desempeño del proceso actual, para luego Analizarlo y poder identificar la causa raíz, de tal manera de que se logre desarrollar, probar e implementar soluciones para Mejorar el proceso y Controlarlo. A continuación, se presentan cada una de estas fases y las herramientas utilizadas para poder solucionar la problemática relacionada con los tiempos de cambio de formato.

2.1 Definición

Durante esta primera etapa se detalló quien era el cliente, sus actividades claves, se mapearon las actividades relacionadas con la problemática, de tal manera de que se pueda evidenciar de manera visual como se encuentra la empresa actualmente, se identificó a los actores involucrado y se recolectaron las necesidades mediante entrevistas, lo que nos permitió establecer el alcance del proyecto.

2.1.1 Antecedentes del cliente

Para poner un poco en contexto, la empresa bajo estudio es una multinacional ubicada Vía a Daule en la ciudad de Guayaquil, que entre sus principales actividades se tiene la elaboración, distribución y venta a nivel nacional de cerveza de primera calidad, además posee proveedores nacionales e internacionales y sus clientes son mayoristas y minoristas de todo el país.

2.1.2 Diagramación del proceso (SIPOC)

Se desarrolló el SIPOC general de la empresa para poder tener una visión amplia de cuales son todas las actividades específicas que realiza la empresa en el proceso de elaboración de cerveza, se puede observar en la Tabla 1 que el proceso de toda la compañía va desde la llegada de la materia prima hasta la venta, sin embargo, se logró identificar que en el proceso de

envasado interviene el mayor número de proveedores, por lo que el proyecto se centra dichas operaciones.

Tabla 1

SIPOC de la empresa

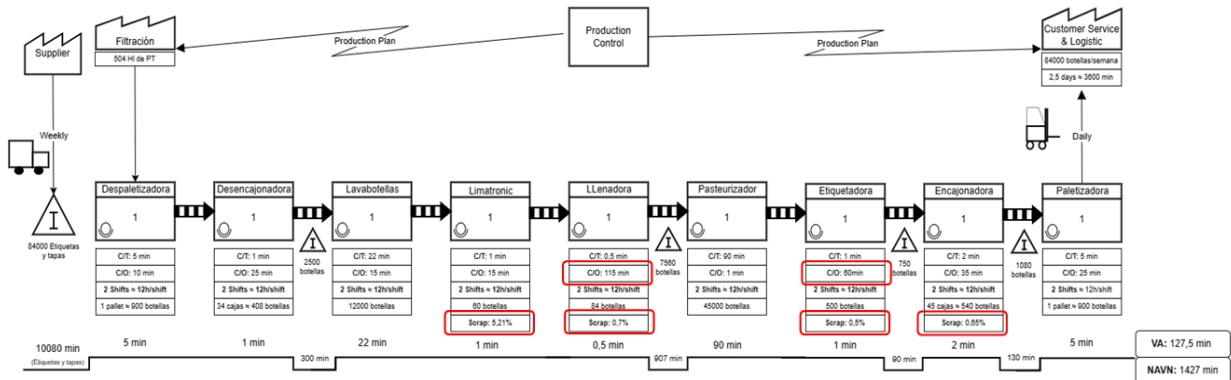
Supplier	Input	Process	Output	Customer
Proveedores de PM (malta, cebada, arroz, levadura, glicol, etc.)	1. Órdenes de compra	Recepción de insumos	1. Entradas en el sistema	Elaboración de la cerveza
Fabricación de cerveza, servicios públicos	1. Malta, arroz 2. Energía eléctrica	Molienda	1. Materia prima molida	Elaboración de la cerveza
Fabricación de cerveza, servicios públicos	1. Malta molida y/o arroz 2. Aditivos 3. Agua, vapor, energía eléctrica	Maceración	1. Mosto	Elaboración de la cerveza
Fabricación de cerveza, servicios públicos	1. Mosto 2. Agua, energía eléctrica	Filtración del mosto	1. Mosto 2. Frecho húmedo	Elaboración de la cerveza
Fabricación de cerveza, servicios públicos	1. mosto, lúpulo 2. Aditivos 3. Vapor, energía eléctrica	Hervir	1. Mosto	Elaboración de la cerveza
Fabricación de cerveza, servicios públicos	1. Mosto 2. Energía eléctrica	Whirlpool	1. Mosto caliente	Elaboración de la cerveza
Fabricación de cerveza, servicios públicos	1. Mosto 2. Glicol 3. Agua, energía eléctrica	Refrigeración	1. Mosto frío	Elaboración de la cerveza
Fabricación de cerveza, servicios públicos	1. Levadura, mosto frío 2. Glicol 3. Energía eléctrica	Fermentación	1. Cerveza fermentada	Elaboración de la cerveza
Fabricación de cerveza, servicios públicos	1. Cerveza fermentada 2. Glicol	Maduración	1. Cerveza madurada	Elaboración de la cerveza
Fabricación de cerveza, servicios públicos	1. Cerveza madurada 2. Glicol 3. Dióxido de carbono, vapor 4. Tierra	Filtración	1. Cerveza filtrada 2. Tierra filtrada	Elaboración de la cerveza
Fabricación de cerveza, Utilidades, Proveedores de botellas, Tapones, Etiquetas, Pegamento	1. Cerveza filtrada 2. Energía eléctrica, vapor, agua, dióxido de carbono	Envasado	1. Producto terminado	Bodega de producto terminado
Envasado	1. Producto terminado	Distribución	1. Órdenes de compra	Mercado

2.1.3 Estratificación del problema

Una vez que se identificó en que parte del macroproceso nos íbamos a centrar, se mapeó el VSM (Figura 1) del proceso de packaging, para identificar de manera visual actividades que no agreguen valor y cuellos de botellas, entonces se logró evidenciar que en general estas operaciones son bastante ágiles, sin embargo, estas se empiezan hacer cada vez más lentas cuando aparecen ciertos cambios y estos cambios pueden ir desde 1 min donde no hay problemas

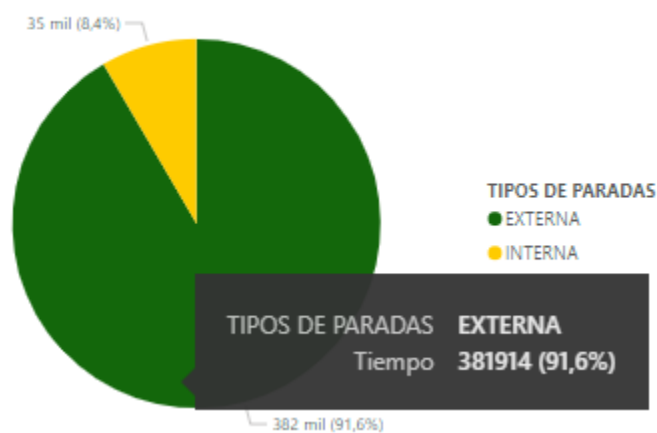
pero pueden llegar hasta 113 min como es el caso de la llenadora, además se identificó que el porcentaje de scrap en linatronic es superior no obstante, es necesario indicar que desde la desencajadora hasta linatronic no hay producto, solo es botella vacía, y a partir de la llenadora en adelante es producto como tal es por ello que el scrap de llenadora vendría a ser superior.

Figura 1:
Value Stream Mapping (VSM) de la línea de botellas



Por lo tanto, se decidió analizar los tipos de paras que afectaron a todo el proceso de la línea de botellas de enero 2022 a julio 2023, en donde se logró evidenciar que el 91,6% del tiempo está relacionado con paras externas, tal y como se lo puede identificar en la Figura 2.

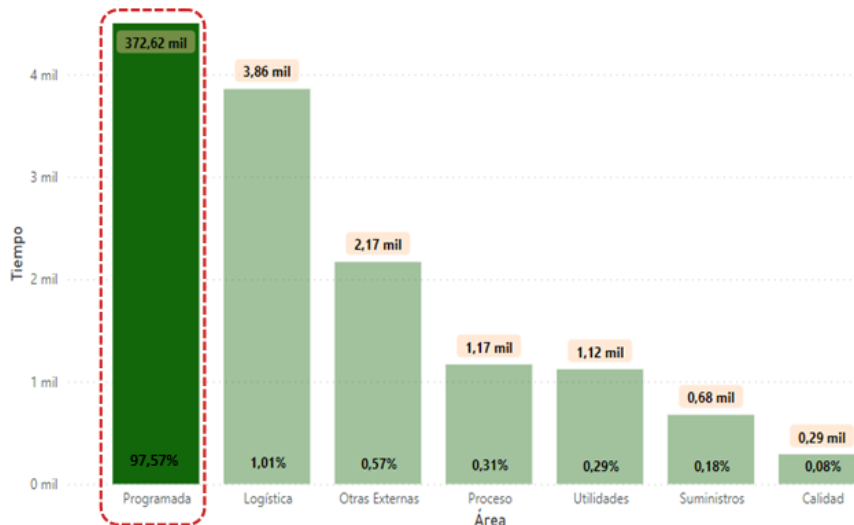
Figura 2:
Tipos de paradas de enero 2022 a Julio 2023



Entonces se analizó qué tipo de paradas externas hay en el proceso, identificando que dentro de este 91,6% de paradas externas el 97,57% corresponden a paradas externas programadas, y evidenciándolo en la Figura 3.

Figura 3:

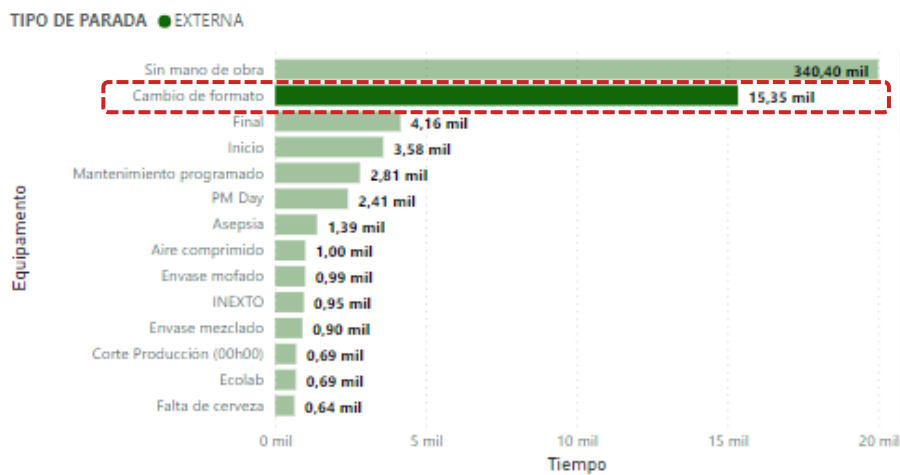
Tipos de paradas externas de enero 2022 a Julio 2023



Y dentro de estas paradas externas programadas, las que mayormente ocurren y que no involucran la contratación de nuevo personal son estas paradas programadas externas de cambio de formato, cabe recalcar que estos cambios de formatos ocurren exclusivamente en la llenadora.

Figura 4:

Tipos de paradas externas programadas de enero 2022 a Julio 2023



Según lo que se había mostrado en el VSM, justamente tiene este valor de 113 min en promedio por cambio. Si este valor de cambio se lo ve a lo largo del tiempo desde enero 2022 a Julio 2023 los valores pueden ir desde tiempos bajos cercanos a 50 min, pero pueden llegar hasta casi 250 min y esto es justamente lo que la empresa quiere reducir, es por ello que nuestro alcance del proyecto se centra en analizar qué es lo que está pasando en esta etapa.

Figura 5:

Tiempo de cambio de formato en promedio por cambio

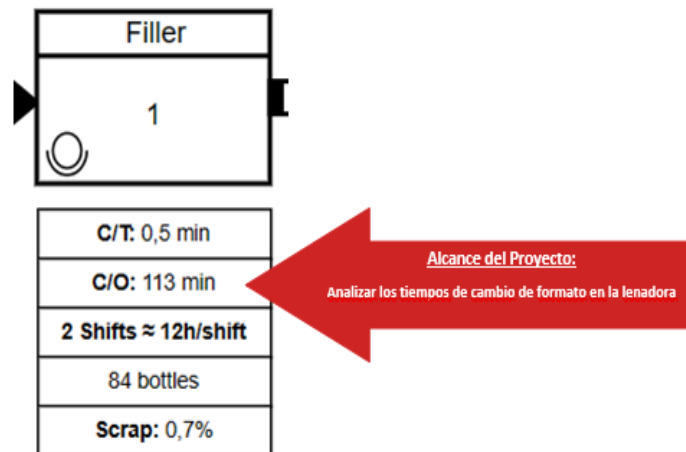
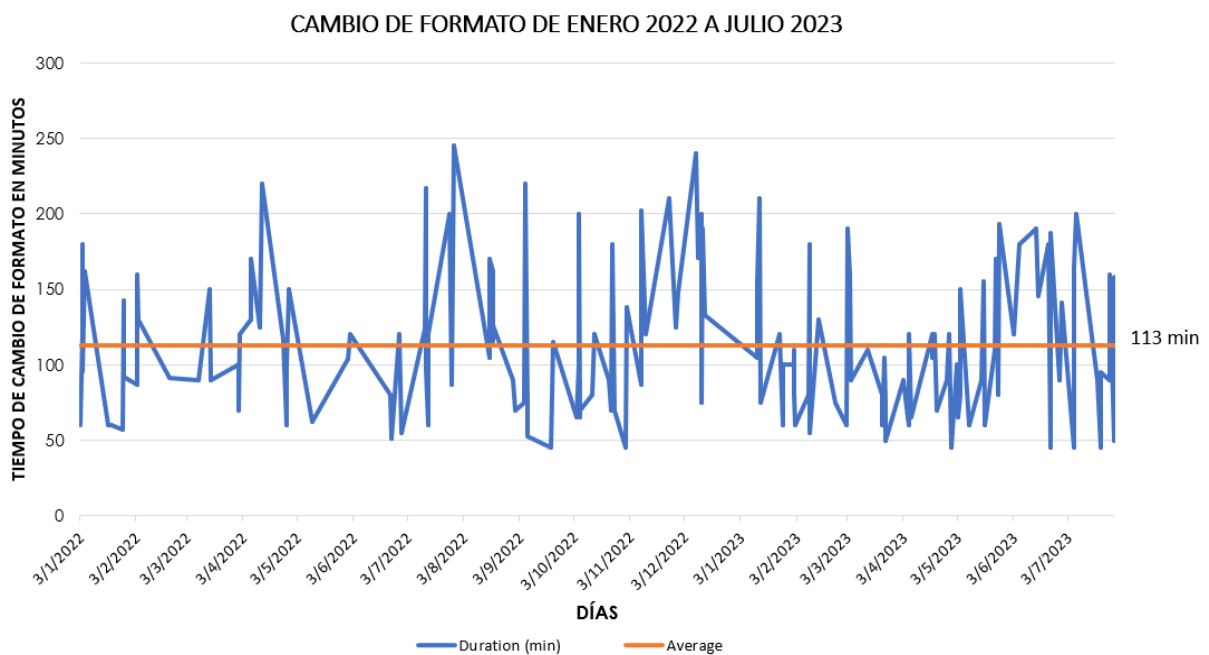


Figura 6:

Serie de tiempo de cambios de formatos de enero 2022 a Julio 2023



Cuando se profundizó en el diagrama de proceso (Tabla 2) se logró evidenciar que el 25% son actividades que no agregan valor.

Tabla 2

Diagrama de proceso de cambio de formato

Proceso		AV/NAV/NAVN	O	T	I	D	A
INICIO							
1.	Corta producción avisando al operador de procesos (filtración) por radio	NAVN	1				
2.	Espere corte de envío de agua del final de producción de PT y programación de nuevo envío	NAV				1	
3.	Espere hasta que el operador de procesos (filtración) cambie los codos de las líneas de agua y programe el envío de agua, CO2 y cerveza	NAVN				2	
4.	Busca una funda en el cuarto de repuestos	NAV	2				
5.	Se dirige hacia la máquina de llenado	NAV		1			
6.	Retira las tapillas sobrantes del producto anterior	NAVN	3				
7.	Nuevamente se dirige al cuarto de repuestos y almacena las tapillas	NAV		2			
8.	Busca las tapillas correspondientes al nuevo producto y las coloca en la tolva de tapas	NAVN	4				
9.	Busca los utensilios de limpieza	NAV	5				
10.	Se dirige hacia la línea de llenado y bota agua del producto anterior	NAVN		3			
11.	Se acerca al HDMI y apertura las válvulas reguladoras automáticas y la manual	AV	6				
12.	Realiza limpieza dentro de la máquina de llenado	NAVN	7				
13.	Se aflojan los seguros y se ajustan las guías desde el greenliner hasta el IBV, dependiendo del ancho de la botella a emplear	AV	8				
14.	Ajusta la altura del geo	AV	9				
15.	Ajusta la cantidad de aire a inyectar en el calderin	AV	10				
16.	Búsqueda de las herramientas y del rack de cambio de formato	NAVN	11				
17.	Se dirige con el rack y las herramientas hasta donde se encuentra la llenadora	NAV		4			
18.	Retira el formato anterior y lo coloca en el rack	AV	12				
19.	Desajusta la altura de los coronadores y los retira	AV	13				
20.	Retiran los 84 tubos de llenado (uno por uno)	AV	14				
21.	Coloca el nuevo formato, se ajustan pernos y tuercas	AV	15				
22.	Coloca los coronadores y se ajusta la altura	AV	16				
23.	Ajusta la altura del calderin	AV	17				
24.	Coloca los 84 tubos de llenado	AV	18				
25.	Limpieza del área y recolección de herramientas	NAVN	19				
26.	Espere que el operador de procesos (filtración) que realice el envío de agua y CO2 para limpiar la tubería	NAVN				3	
27.	Enjuaga el calderin con el CO2	NAVN	20				
28.	Verifica que el nivel del calderin esté vacío antes de que llegue la cerveza	NAVN			1		
29.	Verifica en la pantalla del HDMI en el conductivimetro la cantidad de oxígeno y Ph que tiene el producto	AV			2		
30.	Cierra las válvulas reguladora, cuando el conductivimetro esté dentro del rango permisible,	AV	21				
31.	Envía CO2 al calderin y abre la válvula automática 5 y la 100 en la pantalla del HDMI	AV	22				
32.	Verificar que las válvulas de llenado no contengan agua	NAVN			3		
33.	Se toma una muestra en la tubería del producto	NAV	23				
34.	Se dirige con la muestra al laboratorio de calidad	NAV		5			
35.	Espere que calidad realice el análisis de tolerancia	NAV				4	
36.	Arrancar la producción	AV	24				
FIN							

Tabla 3

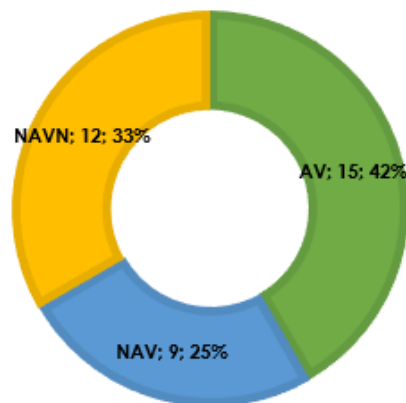
Tabla de resumen del diagrama de proceso de cambio de formato

Summary	
Operations	24
Transport	5
Inspection	3
Delay	4
Archive	0
Total	36

Figura 7:

Actividades AV, NAVN & NAV del proceso de cambio de formatos

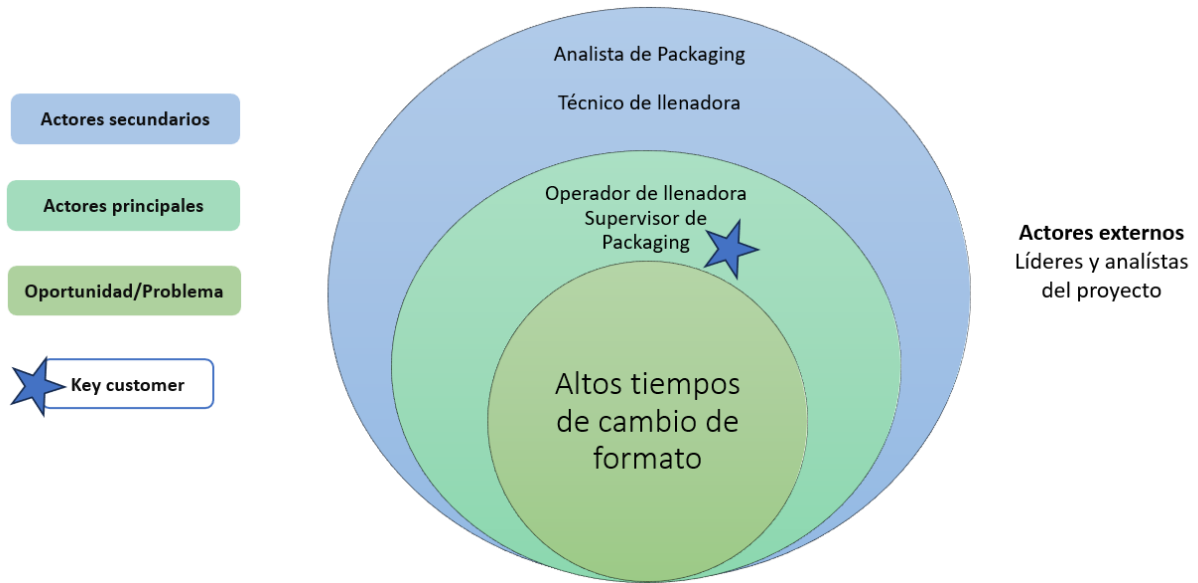
ACTIVIDADES AV, NAVN & NAV



2.1.4 Necesidades del cliente

Una vez que se tuvo claro lo que se deseaba analizar, el siguiente paso consistía en identificar a los actores interesados en resolver la problemática. En la Figura 8 se puede apreciar el Mapa de actores en donde en el centro se encuentra la problemática, los actores primarios para la empresa son los afectados directamente por la problemática y la solución de esta, estos son el operador de llenadora y el supervisor de empaçado siendo este último nuestro cliente clave. Así mismo, para la empresa los actores secundarios son el técnico de llenadora y la analista de empaçado pero que la solución no los considera estos, y como actores externos tenemos al equipo del proyecto.

Figura 8:
Mapa de actores



Luego de identificar a los actores involucrados se les realizó entrevistas para obtener el VOC y empezar a conocer de primera mano que es lo que está ocurriendo.

Figura 9:
VOC del Supervisor de Empacado

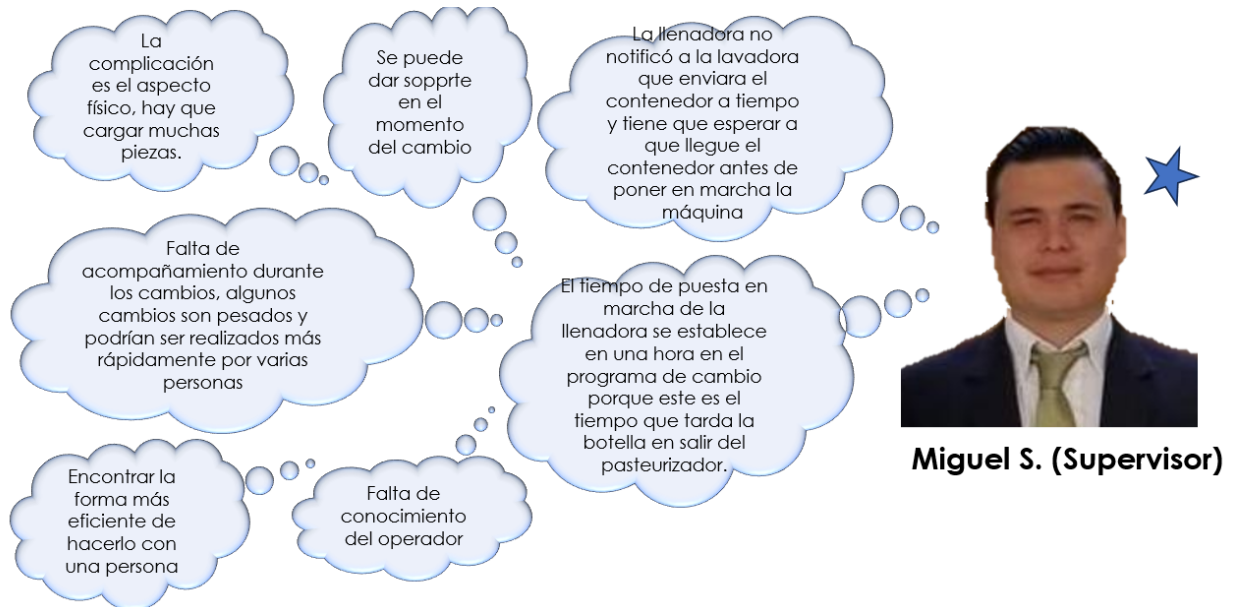


Figura 10:

VOC de la Analista de Empacado

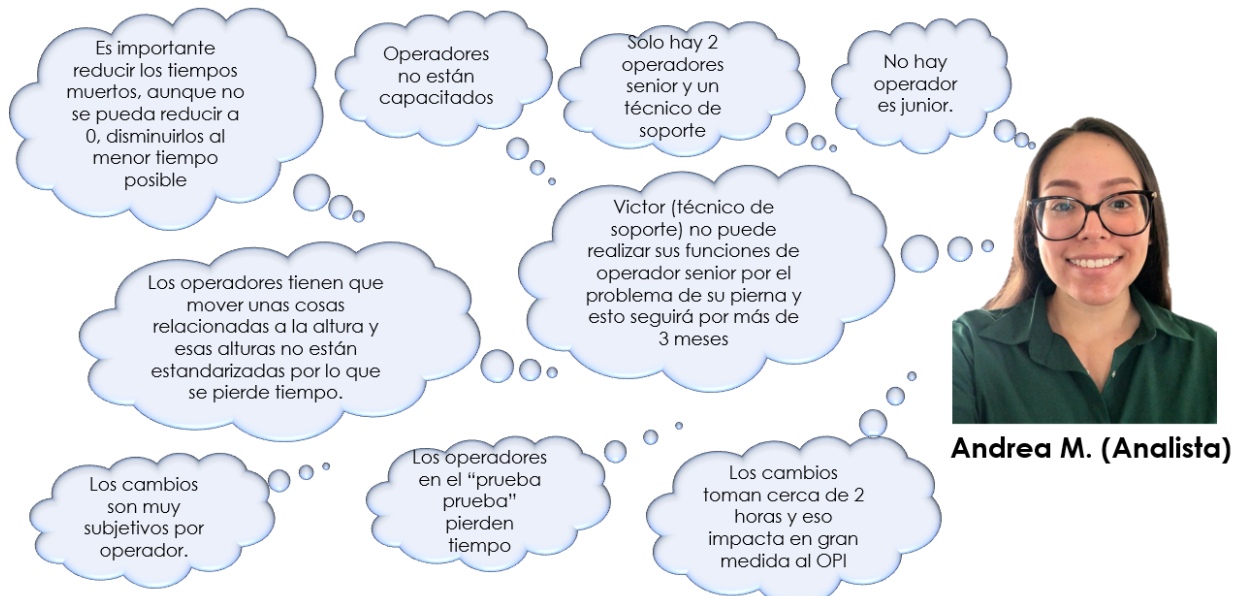


Figura 11:

VOC del Técnico de llenadora

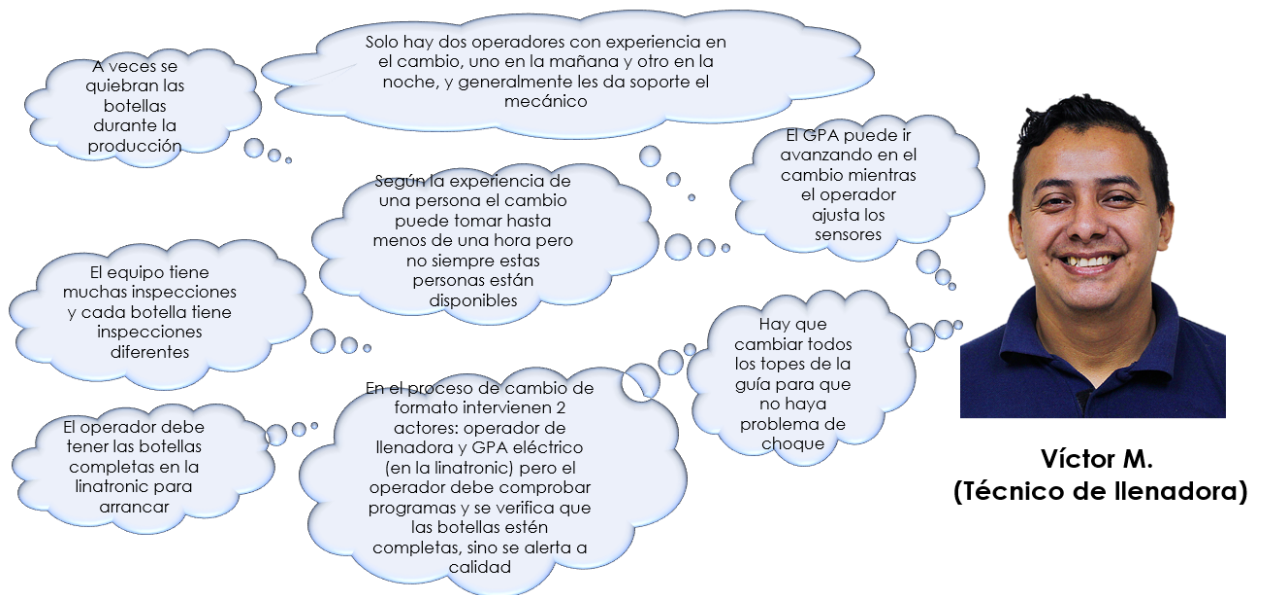
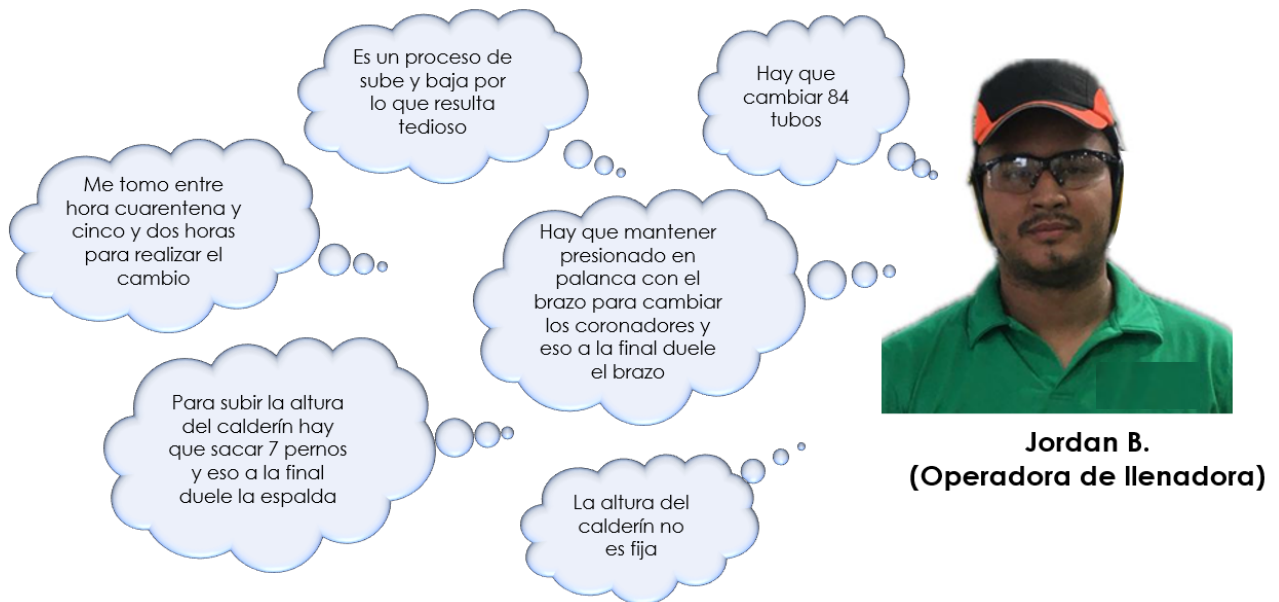


Figura 12:

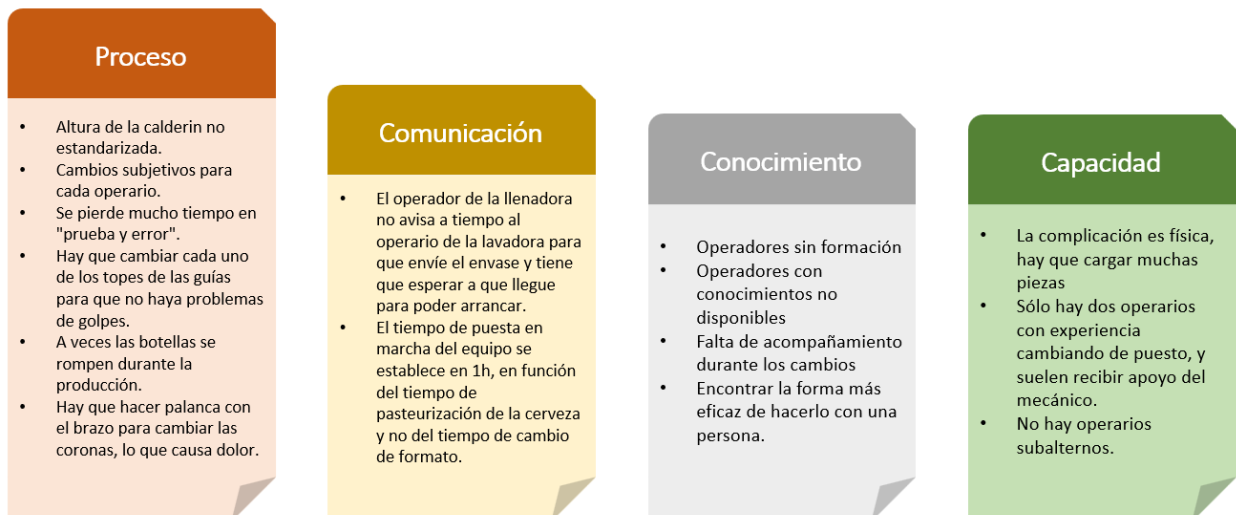
VOC del Operador de llenadora



Una vez recolectada toda esa información se la clasificó 4 drivers los cuales pueden visualizarse en la Figura 13.

Figura 13:

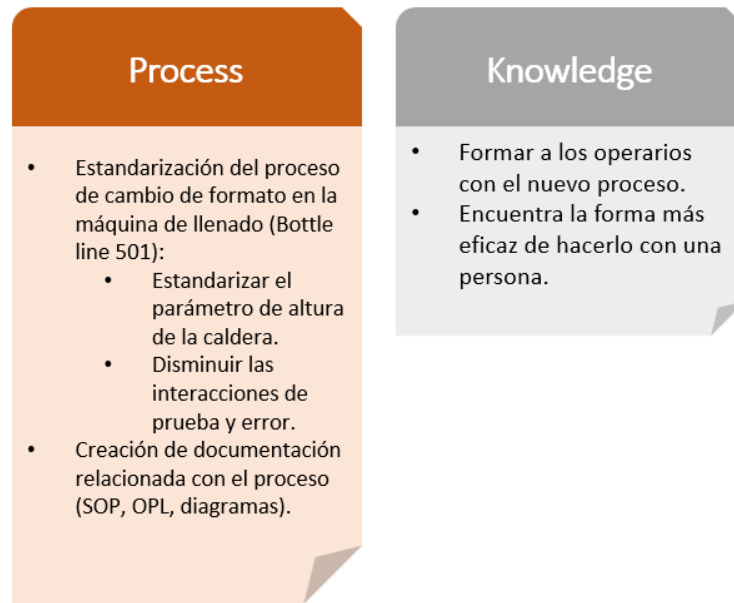
Drivers



Luego se filtraron los comentarios para tener netamente las necesidades del cliente las cuales están asociadas a 2 *drivers* principales, estas son proceso y conocimiento.

Figura 14:

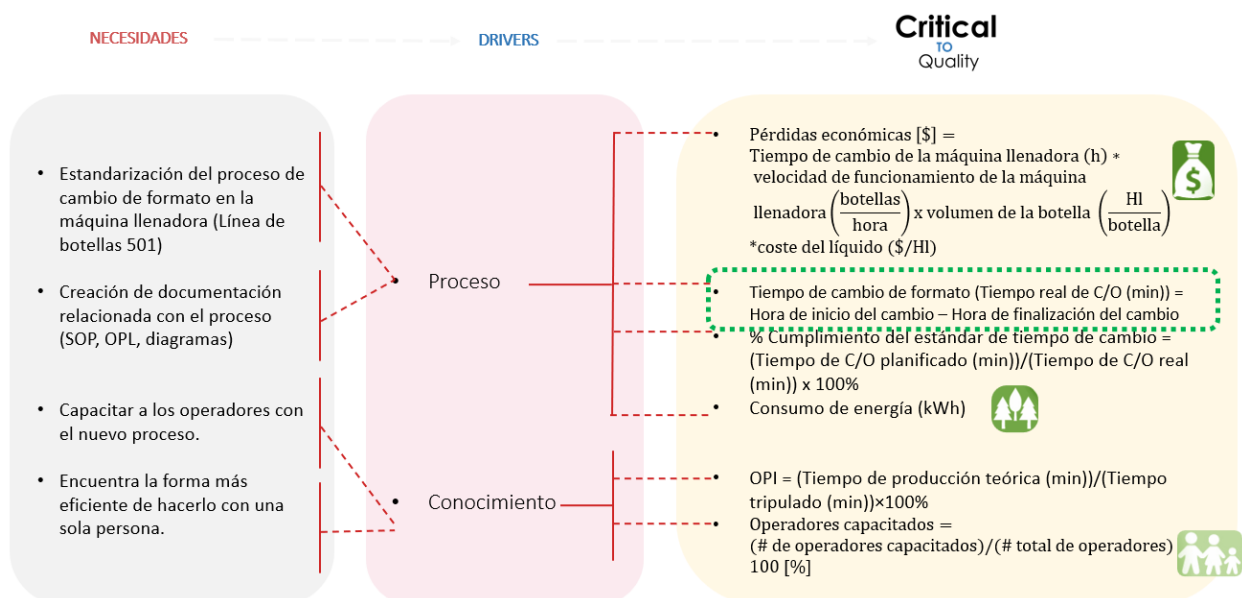
Necesidades del cliente



Cada necesidad y *driver* está asociado con su CTQ, con el enfoque en el tiempo de cambio de formato debido a que a partir de esta influimos positivamente en el resto de los indicadores presentados.

Figura 15:

Critical to Quality (CTQ)



2.1.5 Definición de la variable respuesta

A partir de lo que se obtuvo en el CTQ la variable de respuesta o *Y* se la define como el tiempo de cambio de formato el cual está dado por la resta entre el tiempo de inicio del cambio y el tiempo de finalización del cambio, siendo su unidad de medida en minutos.

2.1.6 Definición del problema

Y con ayuda de la variable de respuesta (*y*) se definió la problemática haciendo uso de la herramienta 3W+2H tal y como se puede observar en la Figura 19, y se obtuvo que “Desde julio de 2022, se han registrado tiempos de cambio de formato elevados en la máquina de llenado de la línea de botellas. El tiempo medio de cambio actual es de 113 minutos, mientras que la empresa espera que este tiempo sea de aproximadamente 80 minutos”

Figura 16:

Definición del problema utilizando la herramienta 3w+2h

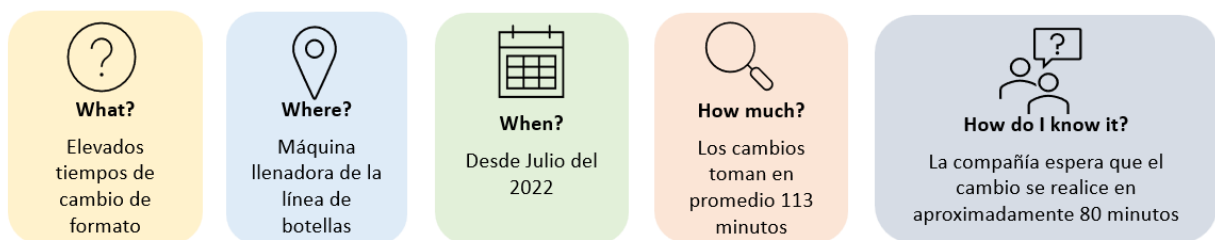
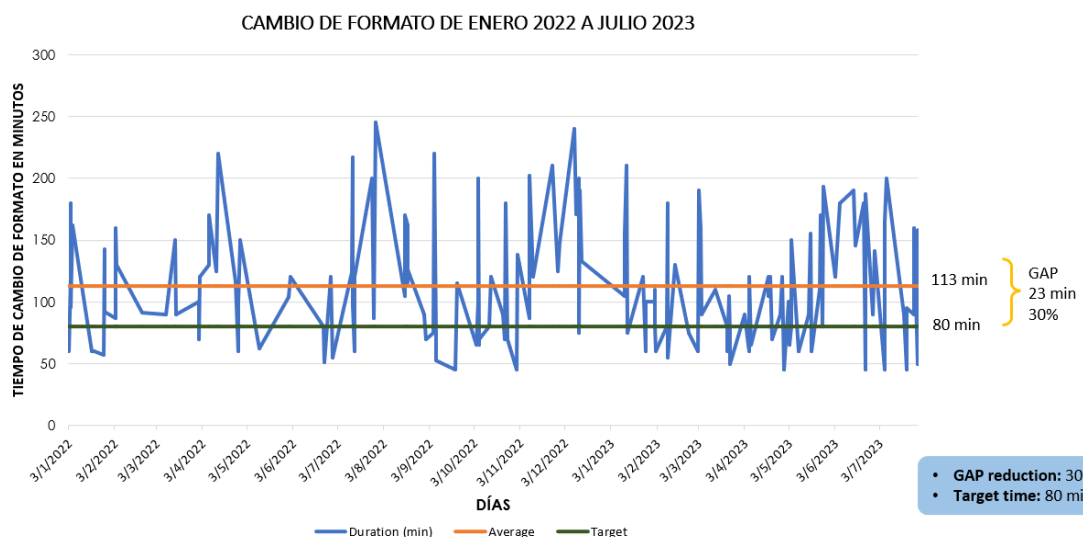


Figura 17:

Tiempo de cambio de formato de enero 2022 a Julio 2023



2.2 Medición

Para cumplir con los objetivos se realizó un plan de recolección de datos, este se lo puede visualizar en la Figura 18 en donde se detallan la variable a recolectar, la unidad de medición, el tamaño de muestra y los factores de estratificación.

Figura 18:

Plan de recolección de datos

¿Qué?						¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Cómo?	¿Para qué?	¿Quién?	Status
Variable Y	Medición	Unidad	Tipo de dato	Tamaño de muestra	Factores de estratificación	Fecha	Punto de origen	Método de recolección	Uso	Persona a cargo	
Tiempo de cambio de formato	Tiempo de inicio del cambio – Tiempo de finalización del cambio	Mínutos	Cuantitativo - Continuo	Julio 2022 – Julio 2023	Tipo de cambio y por operador	Octubre 2023 – Febrero 2024	Línea de botellas, maquina llenadora	Data Histórica	Identificar variación por tipo de cambio de formato	Packaging & project team	On going
Tiempo de cambio de formato	Tiempo de inicio del cambio – Tiempo de finalización del cambio	Mínutos	Cuantitativo - Continuo	Julio 2022 – Julio 2023		Octubre 2023 – Febrero 2024	Línea de botellas, maquina llenadora	Data Histórica		Packaging & project team	On going
Tiempo de cambio de formato	Tiempo de inicio del cambio – Tiempo de finalización del cambio	Mínutos	Cuantitativo - Continuo	Julio 2022 – Julio 2023		Octubre 2023 – Febrero 2024	Línea de botellas, maquina llenadora	Data Histórica		Packaging & project team	On going

La empresa realiza dos tipos de cambios, uno que se basa solamente en el cambio del líquido, en donde se mantienen las mismas especificaciones de la botella, por ejemplo, pasar de Reserva Biela 600 ml a Heineken 600 ml, el otro tipo de cambio es el de presentación, cuando se cambia desde las botellas hasta el líquido, por ejemplo, pasar de 300 ml a 600 ml, en la Figura 19, se puede visualizar una programación de los cambios.

Figura 19:

Programación cambio de formato

Programación de Producción Vigente							
SEMANA No 40							
VERSION ORIGINAL, 28 DE SEPTIEMBRE DEL 2023							
PRODUCCION DEL 28 DE SEPTIEMBRE AL 08 DE OCTUBRE DEL 2023							
28-Sep-23 Thursday	29-Sep-23 Friday	30-Sep-23 Saturday	01-Oct-23 Sunday	02-Oct-23 Monday	03-Oct-23 Tuesday	04-Oct-23 Wednesday	05-Oct-23 Thursday
	B. RESERVA 600					FECHA_FIG 539	B. RESERVA 600
	23.000					7.000	25.000
	0:00					7:30	0:00
	0:00					8:30	0:00
	12:38					16:30	13:30
	12:38					16:30	13:30
	13:58					17:50	14:50
		Periódica de Asegura 00:00 - 07:30		PM DAY 07:30 - 16:30	RETRABAJO, FECHA_FIG 07:30 - 19:30		
	B. RESERVA 600	AMSTEL 600				B. RESERVA 600	Brahma 600
	7.000	7.000				0.000	15.000
	19:30	12:38				19:30	12:30
	19:30	13:38				17:30	14:30
	19:30	13:38				17:30	14:30
	0:00	17:38				0:00	0:00
	0:00	17:38				0:00	0:00
	0:00	19:58				0:00	0:00
				RETRABAJO, FECHA_FIG 07:30 - 19:30			Periódica de Asegura 16:30 - 23:30

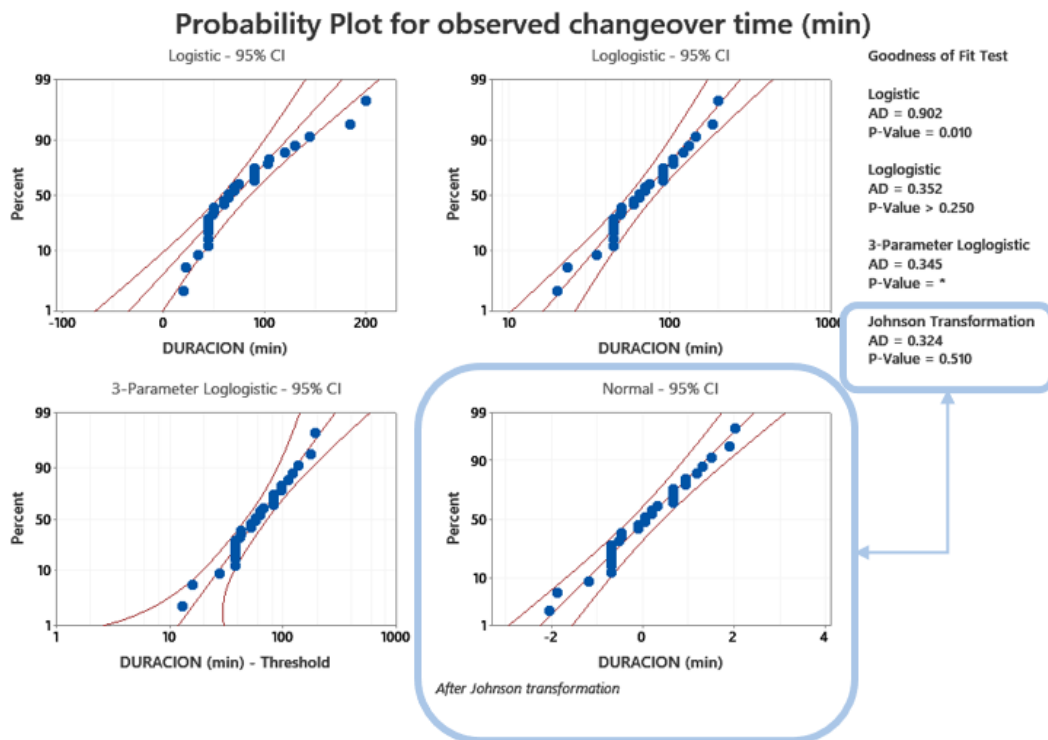
La empresa posee dos operadores para realizar el cambio de formato dentro de la línea de botellas, uno de los operadores ha estado en la empresa durante más tiempo en comparación con el otro operador.

2.2.1 Prueba de normalidad

Una vez obtenida la información se procede con el análisis de la distribución de los datos observados. En la Figura 20 se puede observar que inicialmente los datos no están normalmente distribuidos, pero luego de aplicar una transformación estos pasan a ser normales.

Figura 20:

Gráfico de distribución de datos observados



Al hacer el mismo análisis con los datos históricos se da la misma situación, por lo que se realiza una prueba t para la diferencia de medias. Se establece como hipótesis nula que la diferencia entre las medias es cero o puesto en otras palabras, las medias son iguales. Al ejecutar la prueba se obtiene un valor p de 0.06, y dado que se está trabajando con una significancia de 0.05, no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que no hay diferencias significativas entre las

medias de los datos observados y los datos históricos. Esto permite verificar la confiabilidad de los datos tomados.

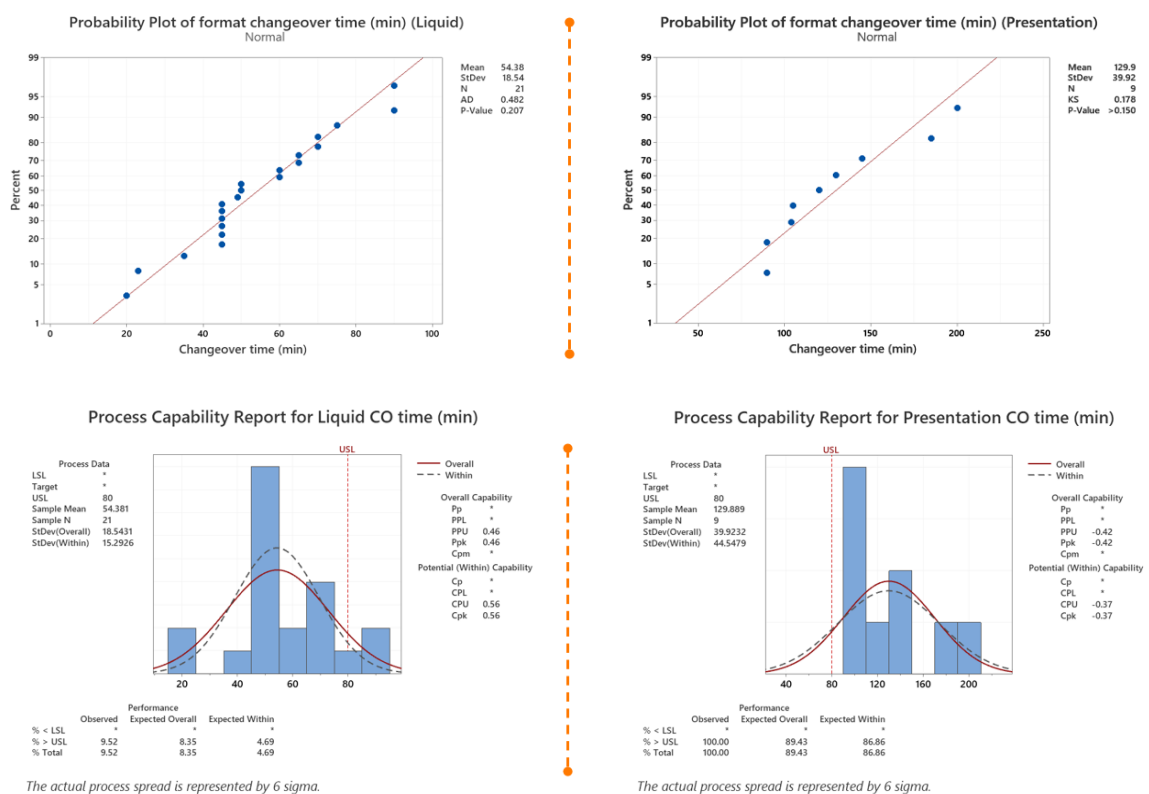
2.2.2 Análisis de capacidad

Tomando en cuenta que los datos inicialmente no están normalmente distribuidos, se realiza un análisis de capacidad para muestras no normales. De este análisis se obtiene un índice de capacidad a corto plazo de 0.11, lo que significa que el proceso es incapaz de cumplir consistentemente con las especificaciones.

Si se analizan los datos separados por tipo de cambio se puede observar que ambos siguen una distribución normal y al momento de realizar el análisis de capacidad, notamos que el proceso de cambio de formatos cuando solo implica cambiar líquidos tiene un c_{pk} de 0,56, lo que indica que a largo plazo se considera mejor en comparación con el proceso de cambio de formatos que implica cambiar de presentación. Esto lo podemos evidenciar en el gráfico mostrado a continuación:

Figura 21:

Distribución y análisis de capacidad por tipo de cambio de formato

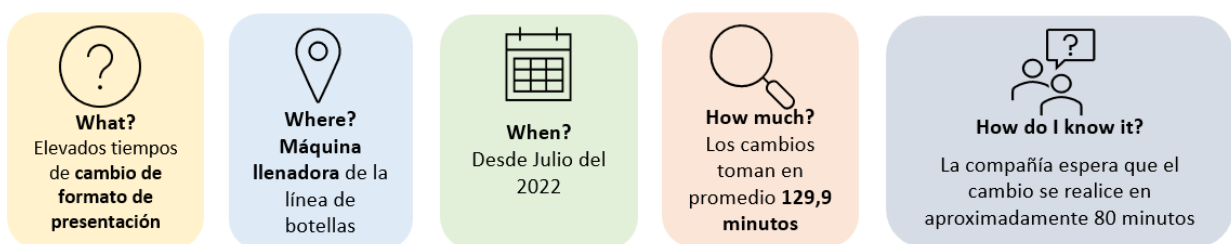


2.2.3 Problema enfocado

Se definió el problema enfocado haciendo uso de la herramienta 3W+2H tal y como se puede observar en la Figura 22, y se obtuvo que “Desde julio de 2022, se ha registrado una gran cantidad de tiempos de **cambio de formato de presentación** en la **máquina llenadora** de la línea de botellas de la empresa cervecera. El tiempo medio de cambio actual es de **129,9 minutos** por cambio, mientras que la empresa espera que este tiempo sea de aproximadamente 80 minutos.”

Figura 22:

Definición del problema enfocado utilizando la herramienta 3w+2h



2.3 Análisis

Durante esta etapa se utilizaron herramientas como fue la lluvia de ideas, diagrama Ishikawa, matriz de causas potenciales, matriz de impacto-esfuerzo y 5 Por qué, con el fin de poder identificar las potenciales causas, clasificarlas y analizar la causa raíz de las más significativas.

2.3.1 Lluvia de ideas

Para realizar la lluvia de ideas se realizaron entrevistas a cada actor involucrado (supervisor de empaqueo (cliente clave), analista de empaqueo, técnico de llenadora y operario de llenadora), con el fin de recolectar y conocer las posibles causas que impactan a los tiempos de cambio de formato de presentación, los hallazgos se pueden evidenciar en la Figura 23 en donde se logró recolectar 23 causas potenciales.

Figura 23:

Luvia de ideas



2.3.2 Diagrama ISHIKAWA

Una vez recolectado las causas potenciales desde el punto de vista de cada actor, se procedió a clasificarlas dentro de 5 factores, los cuales fueron máquina, método, persona, ambiente y materiales, en la Figura 24 se logra visualizar a mayor detalle la clasificación de las causas.

Figura 24:

Diagrama Ishikawa



2.3.3 Matriz Causa-Efecto

Una vez clasificada cada causa potencial, el siguiente paso fue mantener reuniones con cada actor. Se le indicó a cada uno que diera un valor a todas las posibles causas presentadas, considerando lo significativo que era para ellos el impacto de dicha causa potencial hacia el problema enfocado, con las siguientes ponderaciones:

Tabla 4

Ponderaciones para la matriz causa-efecto

Valoración	Significado
0	No significativo
1	Baja significancia
3	Significante
9	Alta significancia

De tal manera de que se pudiera cuantificar e identificar las más relevantes, en la Tabla 5 se puede evidenciar el proceso de ponderación.

Tabla 5

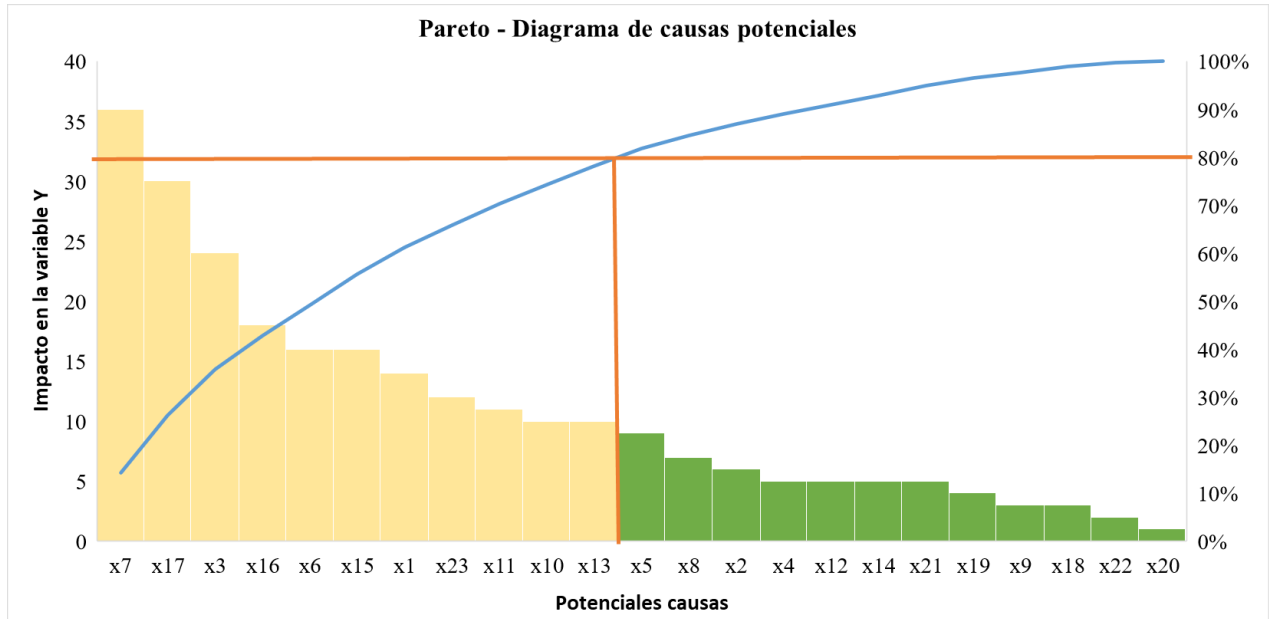
Matriz Causa-Efecto

Factores	Variable	Causas	Supervisor de Packaging	Analista de Packaging	Técnico de llenadora	Operador de llenadora	Total
Método	x1	Inadecuada preparación de la máquina	9	3	1	1	14
	x2	Diferentes maneras de calibrar el tornillo sin fin, calderín, etc	3	3	0	0	6
	x3	Variabilidad en la forma en que se realiza el cambio de formato por operador	9	9	3	3	24
	x4	Falta de guía visuales del procedimiento	1	3	1	0	5
	x5	Pasos innecesarios en el proceso de cambio de formato	3	3	3	0	9
	x6	Proceso no estandarizado, haciendo que existan diferentes parámetros de calibración	3	9	3	1	16
	x7	Proceso no documentado dificulta la eficiencia del proceso	9	9	9	9	36
Máquina	x8	La máquina posee demasiados componentes	0	1	3	3	7
	x9	La máquina es antigua, por lo que hay que ser muy cuidadoso al realizar el cambio	0	1	1	1	3
	x10	Desgaste o averías en componentes y herramientas de la máquina	1	3	3	3	10
	x11	Necesidad de ajustes y calibraciones frecuentes	2	3	3	3	11
	x12	Problemas en el sistema de control pueden ralentizar el proceso de cambio	1	3	1	0	5
Persona	x13	Otros operadores toman las herramientas	3	1	3	3	10
	x14	No se revisan los componentes antes de usarlos	3	1	0	1	5
	x15	Pérdida de herramientas	3	1	3	9	16
	x16	Falta de comunicación entre operadores	9	3	3	3	18
	x17	Falta de formación específica del proceso de cambio	9	3	9	9	30
Ambiente	x18	Las herramientas y componentes se encuentran lejos del área de cambio	3	0	0	0	3
	x19	Áreas de trabajo desorganizada y pequeña	0	3	0	1	4
	x20	Visibilidad (Iluminación) deficiente puede llevar a errores	0	1	0	0	1
Materiales	x21	Herramientas no adecuadas para el equipo	3	1	1	0	5
	x22	No tener disponibles los componentes ni herramientas necesarias durante el cambio	0	0	1	1	2
	x23	Los componentes a cambiar son demasiado pesados	3	3	3	3	12

A primera vista se puede observar que las causas que tienen una mayor ponderación y por tanto trascendencia para todos los actores involucrados están relacionadas con los factores humanos y de método, sin embargo, se realizó un Pareto para identificar las más importantes.

Figura 25:

Pareto - Diagrama Causa-Efecto



Con la ayuda del Pareto se pudo identificar que 11 de las causas potenciales representan el 80% del problema, estas se las puede visualizar a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6

Causas potenciales con mayor ponderación

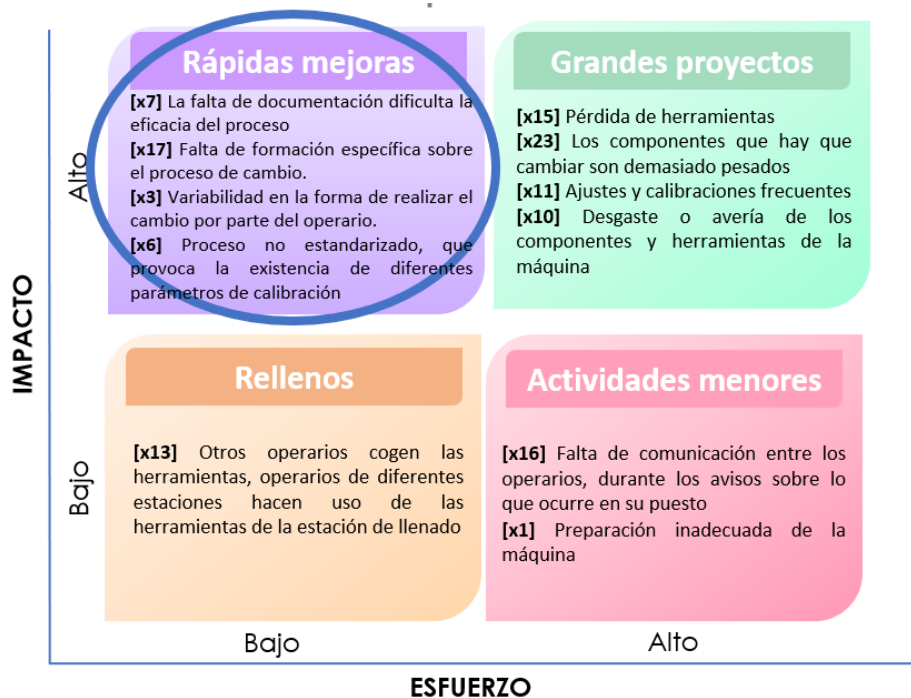
Variable	Causas	Supervisor de Packaging	Analista de Packaging	Técnico de llenadora	Operador de llenadora	Total
x7	Proceso no documentado dificulta la eficiencia del proceso	9	9	9	9	36
x17	Falta de formación específica del proceso de cambio	9	3	9	9	30
x3	Variabilidad en la forma en que se realiza el cambio de formato por operador	9	9	3	3	24
x16	Falta de comunicación entre operadores	9	3	3	3	18
x6	Proceso no estandarizado, haciendo que existan diferentes parámetros de calibración	3	9	3	1	16
x15	Pérdida de herramientas	3	1	3	9	16
x23	Los componentes a cambiar son demasiado pesados	3	3	3	3	12
x11	Necesidad de ajustes y calibraciones frecuentes	2	3	3	3	11
x10	Desgaste o averías en componentes y herramientas de la máquina	1	3	3	3	10
x13	Otros operadores toman las herramientas	3	1	3	3	10

2.3.4 Matriz Impacto-Esfuerzo

Luego de realizar el Pareto, se llevaron estas causas con mayor valoración a la matriz impacto-esfuerzo, clasificándolas en causas de relleno, de actividades menores, de grandes proyectos y las de rápidas mejoras; considerando principalmente las propuestas categorizadas en esta última debido a su fácil implementación y control, las causas seleccionadas se pueden observar en la Figura 26.

Figura 26:

Matriz Impacto-Esfuerzo



2.3.5 Plan de verificación de causas

Para poder verificar el impacto de estas posibles causas seleccionadas, se elaboró un plan de verificación de causas el cual se puede evidenciar en la Tabla 7, de tal manera de poder determinar su influencia hacia el problema enfocado, estableciendo la teoría de impacto y la forma en la que se verificó.

Tabla 7

Plan de verificación de causas

Potencial causa	Teoría de impacto en la variable Y	¿Cómo se verificará?	Status
Un procedimiento no documentado dificulta la eficacia del proceso	Si el procedimiento no está documentado, dificulta la eficacia del proceso, no permite formar a nuevos operarios porque no existe una guía donde se indiquen los parámetros o normas de la actividad, esto puede provocar una reducción de la productividad, incurrir en pasos adicionales y aumentar la dependencia de los empleados con experiencia.	Gemba y análisis de datos históricos - identificar la dispersión de los datos, hablar con los operadores, el supervisor y el analista, investigación de bases de datos para identificar si hay un procedimiento levantado.	En proceso
Falta de formación específica para el proceso de transición	La falta de formación específica para el proceso no permite al operario identificar si está haciendo bien el procedimiento, tardando más tiempo del necesario en realizar el cambio.	Gemba - Hablar con los operarios y técnicos para identificar si están familiarizados con el cambio de formato de presentación.	En proceso
Variabilidad en la forma de realizar el cambio por parte del operario	Variabilidad en la forma en que el operario realiza el cambio, un operario experimentado tardará menos tiempo porque ya es una actividad repetitiva para él, pero para un novato, tiene que realizar el procedimiento de una forma más minuciosa para evitar errores.	Análisis de datos históricos y Gemba - Realización de una prueba de medias con los datos de los cambios efectuados por cada operador y hablar con operarios y técnicos	En proceso
Proceso no estandarizado, que provoca la existencia de diferentes parámetros de calibración	Un proceso no estandarizado significa que existen diferentes parámetros de calibración, y los operarios dedican una cantidad de tiempo considerable a realizar pruebas hasta alcanzar el parámetro de calibración correcto.	Gemba - hablar con operarios y técnicos, comprobar si las normas de cambio se ajustan al procedimiento	En proceso

2.3.5.1 Verificación potencial causa: “Procedimiento no documentado dificulta la eficacia del proceso”

El operador indicó que no tenían conocimiento de un procedimiento escrito que él fue aprendiendo del más experimentado, se decidió hablar con el supervisor el cual permitió buscar en su SharePoint para corroborar que no hay existencia de un procedimiento, además se logró hacer un análisis de dispersión del tiempo de cambio de formato de presentación para evidenciar visualmente el proceso.

Figura 27:

Gemba - Verificación potencial causa N° 1



Figura 28:

SharePoint de la compañía

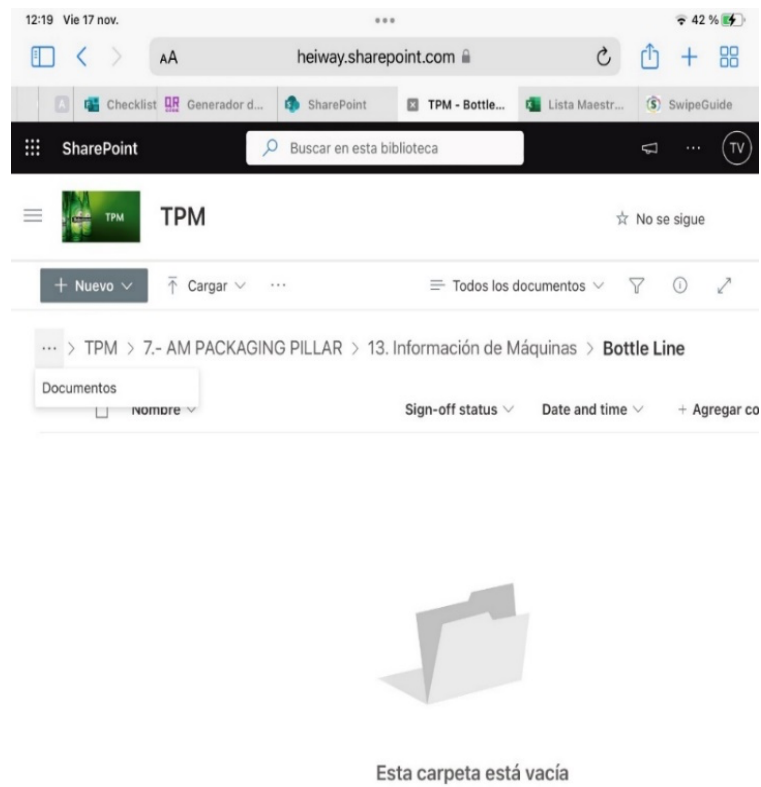
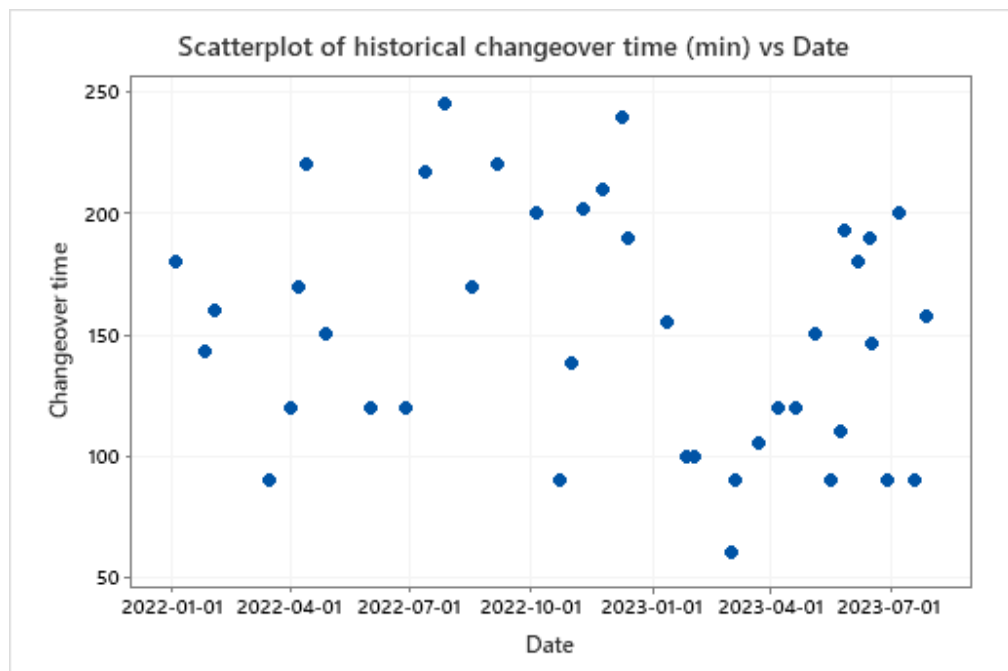


Figura 29:

Diagrama de dispersión de los tiempos de cambio de formato de presentación



2.3.5.2 Verificación potencial causa: “Falta de formación específica para el proceso de cambio de formato”

Se evidenció que algunos operadores no tienen un correcto entrenamiento, además indicaron que tuvieron que aprenderlo con el tiempo y siguiendo el ejemplo del operador más experimentado; se evidenció que indistintamente del área a la que se vaya todos poseen un onboarding de manera superficial, pero no un entrenamiento dentro del área.

Figura 30:

Gemba - Verificación de potencial causa N° 2



2.3.5.3 Verificación potencial causa: “Variabilidad en la forma de realizar el cambio por parte del operador”

Se evidenció que el operador más experimentado tiene mayor habilidad para realizar el cambio de formato ya que se ha convertido en una operación repetitiva para él, mientras que el operador menos experimentado se toma su tiempo. Sin embargo, al analizar sus tiempos, se concluyó con un 95% de confianza que no existen diferencias significativas entre la media de los tiempos de los operadores.

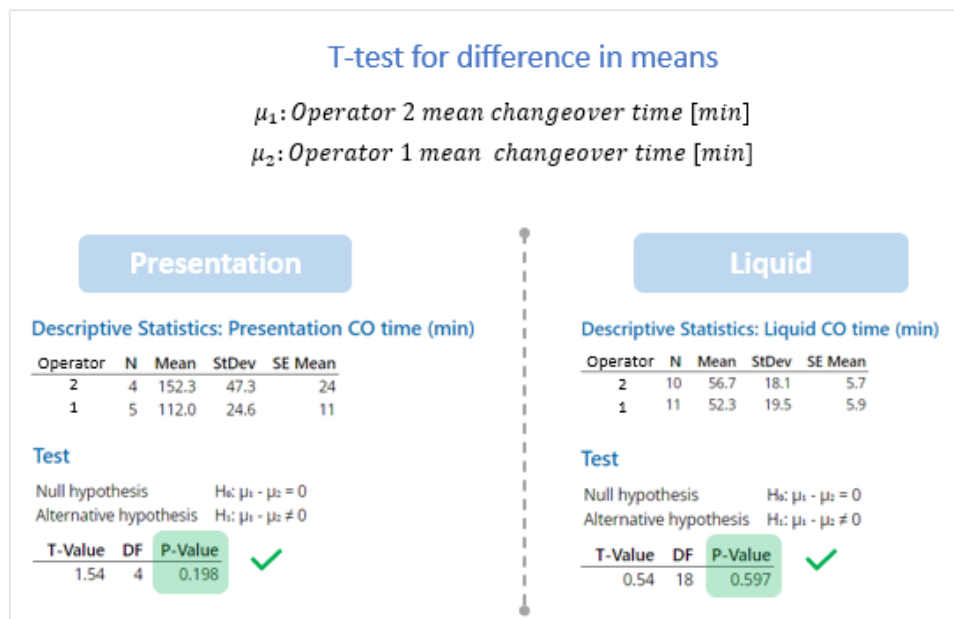
Figura 31:

Operador realizando el cambio de formato de presentación



Figura 32:

Análisis de diferencia de medias de los tiempos de cambio de formato de presentación por operador



2.3.5.4 Verificación potencial causa: “Proceso no estandarizado provoca diferencia de parámetros de calibración”

Al hablar con los operadores se pudo identificar que no posee estándares de calibración para los distintos componentes de la máquina, además se buscó en el SharePoint algún procedimiento y solo se encontró un procedimiento general del área de envasado, explicando solo las actividades que se realizan en el área.

Figura 33:

Instructivo del área de envasado y SharePoint de la compañía

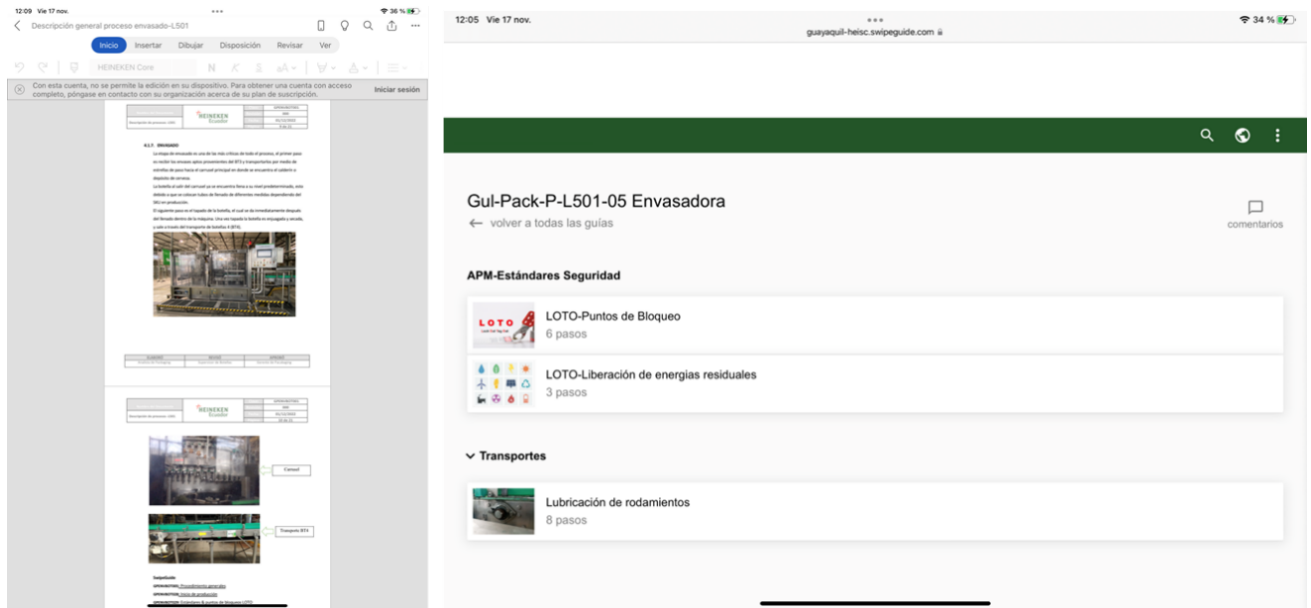


Figura 34:

Gemba - Verificación de potencial causa N° 4



2.3.6 Cinco Porqués

Para cada causa potencial, se realizó el análisis de 5 porqués a través de varias entrevistas realizadas a los miembros del área. En este análisis, el cual se puede apreciar en la Figura 42, se logró identificar la causa raíz de cada causa potencial.

Figura 35:

Análisis cinco porqués de causas potenciales

Causa potencial	Preguntas			
El proceso no documentado dificulta la eficiencia del proceso, aumenta el tiempo de cambio en la máquina llenadora	¿Por qué no está documentado el proceso para realizar cambios?	¿Por qué no ha habido un enfoque sistemático para documentar el proceso de cambio?	¿Por qué hay un acceso limitado al manual físico único?	¿Por qué no se ha invertido en digitalizar o ampliar la accesibilidad manual?
	Porque no ha habido un enfoque sistemático para documentar el proceso de cambio a lo largo de los años, apoyándose principalmente en el conocimiento institucional.	Porque la disponibilidad y accesibilidad limitadas del manual físico único dificultan la documentación completa y las actualizaciones de los procedimientos de cambio en la máquina antigua.	Porque no se ha invertido en digitalizar o ampliar la accesibilidad del manual, lo que limita el número de personas que pueden consultar o actualizar los procedimientos.	Porque hay una falta de reconocimiento del impacto que la mejora de la documentación y la accesibilidad podrían tener en la eficiencia operativa y la optimización del cambio.
La falta de capacitación específica para el proceso de cambio aumenta el tiempo de cambio en la máquina llenadora	¿Por qué falta una formación específica para el proceso de cambio?	¿Por qué la formación inicial prioriza el funcionamiento general y el mantenimiento básico sobre la optimización del cambio?	¿Por qué los materiales de capacitación están desactualizados y carecen de avances recientes para la optimización del cambio?	
	Porque la formación inicial impartida se centra más en el funcionamiento general de la máquina y el mantenimiento básico que en procedimientos especializados como la optimización del cambio.	Porque los materiales de capacitación disponibles están desactualizados y no incluyen avances recientes o técnicas relacionadas con las mejoras en el proceso de cambio.	Porque la máquina tiene casi 25 años.	
El proceso no estandarizado, que hace que existan diferentes parámetros de calibración, aumenta el tiempo de cambio en la máquina llenadora	¿Por qué un proceso no estandarizado da como resultado diferentes parámetros de calibración para la máquina llenadora?	¿Por qué faltan procedimientos estandarizados o pautas para la calibración de la máquina durante los cambios?	¿Por qué la documentación o los manuales existentes carecen de instrucciones completas para la calibración estandarizada?	
	Debido a la falta de procedimientos estandarizados o pautas para calibrar la máquina durante los cambios, los operadores utilizan parámetros variables según las preferencias individuales o las prácticas históricas.	Debido a que la documentación o los manuales existentes carecen de instrucciones completas sobre el proceso de calibración estandarizado, lo que contribuye a que los operadores confíen en sus propias interpretaciones o experiencias pasadas.	Porque el acceso limitado y la naturaleza obsoleta de los manuales para la máquina envejecida dificultan la inclusión de procedimientos de calibración actualizados y estandarizados.	

De las causas raíz que se obtuvieron, podemos notar que un punto a destacar en la problemática es la antigüedad de la máquina llenadora, así como su limitada información, lo cual dificulta la tarea de documentación de un proceso y creación de un estándar. Teniendo esto en cuenta, resulta evidente que uno de los principales pasos para atacar la problemática consiste en hacer que el manual de la máquina llenadora esté disponible para los operadores de llenado.

Capítulo 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Mejora

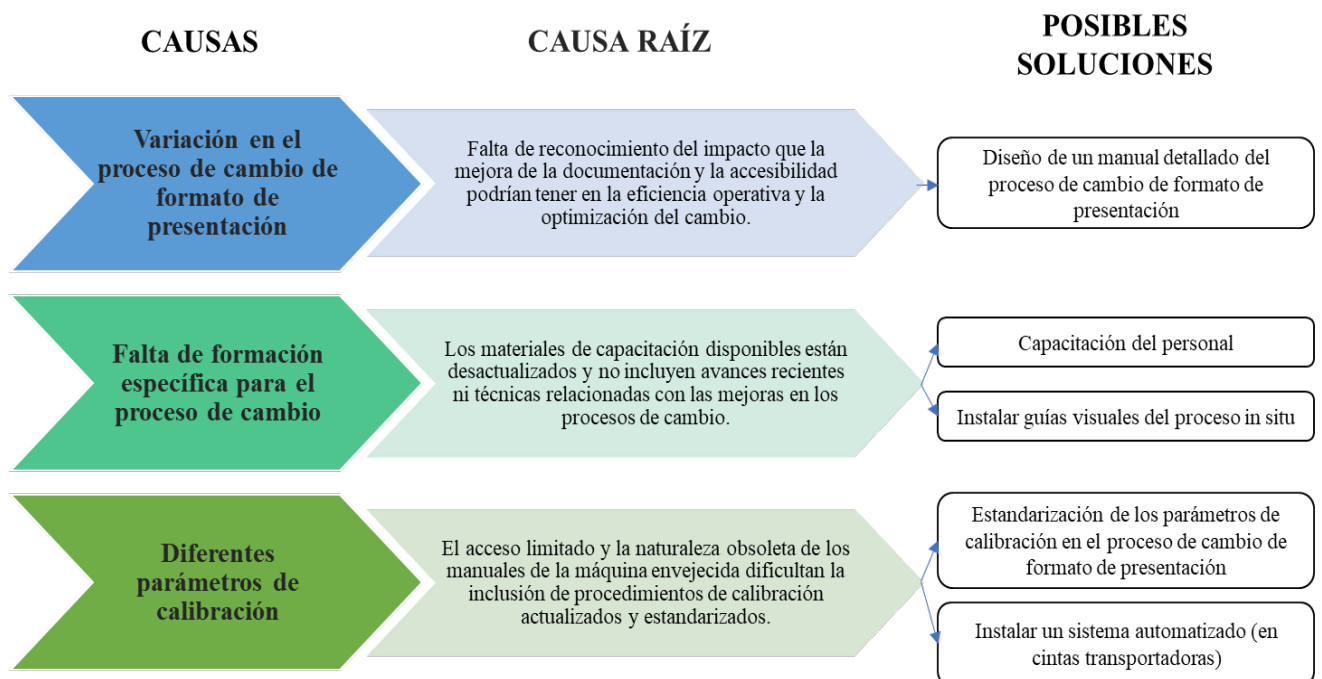
Durante esta etapa se plantearon diferentes soluciones a partir de las causas raíz identificadas en la etapa de análisis, luego de un análisis financiero se establecieron las soluciones factibles a implementar, con el objetivo de reducir o eliminar la causa raíz a la que está asociada, y lograr las mejoras previstas.

3.1.1 Posibles soluciones

Luego de realizar el análisis de cinco porqués de las causas potenciales validadas, se plantearon diferentes posibles soluciones para cada causa, el detalle de estas se lo puede evidenciar en la Figura 36.

Figura 36:

Causas y posibles soluciones



3.1.2 Análisis financiero inicial

Una vez que se plantearon todas las posibles soluciones, el siguiente paso fue realizar un análisis financiero para cada una, que permitió identificar los diferentes factores involucrados en la implementación de estas, como, por ejemplo, la cantidad de recursos humanos a necesitar, el tiempo de implementación, el tiempo de entrenamiento, costo del material o equipo y el costo de

capacitación, considerando que el costo del operador por hora es de \$2.16, todo esto nos da un costo de implementación inicial de \$12.126,00 aproximadamente.

Tabla 8

Análisis financiero inicial por solución

N°	Soluciones	Recursos humanos	Tiempo de implementación	Costo del equipo (\$)	Tiempo de entrenamiento	Costo de capacitación (\$)	Costo total (\$)
1	Diseño de un manual detallado del proceso de cambio de formato de presentación	2	Noviembre 28, 2023 – Diciembre 13, 2023	\$0,00	8 horas	\$35,00	\$35,00
2	Instalar guías visuales del proceso in situ	2	Diciembre 7, 2023 - Diciembre 15, 2023	\$30,00	6 horas	\$27,00	\$57,00
3	Capacitación del personal	2	Diciembre 18 & 19, 2023	\$5,00	3 horas	\$14,00	\$19,00
4	Estandarización de los parámetros de calibración en el proceso de cambio de formato de presentación	2	Noviembre 30, 2023 – Diciembre 10, 2023	\$0,00	3 horas	\$15,00	\$15,00
5	Instalar un sistema automatizado (en cintas transportadoras)	2	+ 6 meses	\$7.000,00 – \$12.000,00	TBD	TBD	\$7.000,00 – \$12.000,00

3.1.3 Matriz de priorización Impacto – Esfuerzo

Una vez realizado el análisis financiero, se clasificaron las posibles soluciones dentro de la matriz impacto-esfuerzo, con el objetivo de identificar cuáles de ellas serían soluciones de relleno, de soluciones menores, soluciones que requieren de grandes proyectos y las soluciones en las que se obtendrían rápidas mejoras, con enfoque en esta última debido también a su fácil implementación y control, las soluciones seleccionadas se pueden observar en la Figura 37.

Figura 37:

Matriz de priorización de soluciones Impacto - Esfuerzo



3.1.4 Análisis financiero final

Después de seleccionar las soluciones a implementar, se actualizó el análisis financiero realizado previamente y se obtuvo que el costo de implementación final es de \$126,00.

Tabla 9

Análisis financiero final por solución

N°	Soluciones	Recursos humanos	Tiempo de implementación	Costo del equipo (\$)	Tiempo de entrenamiento	Costo de capacitación (\$)	Costo total (\$)
1	Diseño de un manual detallado del proceso de cambio de formato de presentación	2	Noviembre 28, 2023 – Diciembre 13, 2023	\$0,00	8 horas	\$35,00	\$35,00
2	Instalar guías visuales del proceso in situ	2	Diciembre 7, 2023 - Diciembre 15, 2023	\$30,00	6 horas	\$27,00	\$57,00
3	Capacitación del personal	2	Diciembre 18 & 19, 2023	\$5,00	3 horas	\$14,00	\$19,00
4	Estandarización de los parámetros de calibración en el proceso de cambio de formato de presentación	2	Noviembre 30, 2023 – Diciembre 10, 2023	\$0,00	3 horas	\$15,00	\$15,00

3.1.5 Plan de implementación

Luego de identificar todos los factores y el costo asociado a la implementación de las soluciones, se elaboró un plan de implementación para cada una de ellas. En la Tabla 10 se logra evidenciar porqué es importante la solución, como se la pondrá en marcha, donde, a los responsables, el costo ligado a dicha solución, la fecha de implementación y el estado.

Tabla 10

Plan de implementación de soluciones

¿Qué?		¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cuánto?	¿Cuándo?	Status
Causas	Soluciones							
Variación en el proceso de cambio de formato de presentación	Diseño de un manual detallado del proceso de cambio de formato de presentación	Al no tener instrucciones claras y concisas, cada operario realiza el proceso que le parezca conveniente desde su punto de vista, generando altos tiempos de cambio de formato, disminuyendo la precisión y eficiencia del proceso, así como aumentando el riesgo de errores	Mapeo de las actividades realizadas por los operarios, haciendo comparaciones entre ambas, identificando qué actividades pueden ser eliminadas, combinadas o simplificadas, de tal manera que se obtenga una guía paso a paso, y esto ayude a los empleados a realizar el proceso de forma coherente y eficiente, reduciendo tiempo y esfuerzos innecesarios.	Línea de botellas, máquina de llenado	Packaging y equipo de proyecto	\$35,00	13 de diciembre de 2023	En curso
Falta de formación específica para el proceso de cambio	Instalar guías visuales del proceso in situ	La falta de controles visuales significa que el operador no es capaz de identificar los problemas rápidamente, esto aumenta el tiempo de inactividad, los errores y evita que se reconozcan las oportunidades de optimización, ajustes y mejoras	Una vez obtenida la norma y correctamente documentado el proceso, se colocará un color específico en cada pieza y el lugar donde se debe colocar, además de crear un folleto didáctico que permita la formación continua del personal o al mismo tiempo recordar normas o pasos que no se aprendieron fácilmente	Línea de botellas, máquina de llenado	Packaging y equipo de proyecto	\$47,00	15 de diciembre de 2023	En curso
Falta de formación específica para el proceso de cambio	Capacitación del personal	El personal no capacitado puede llevar a cabo el proceso de manera ineficiente, disminuye la productividad, aumenta los peligros y riesgos asociados con la seguridad tanto del personal como de la integridad de la máquina	La capacitación se realizará durante el tiempo de inactividad de los operarios, o en paradas de mantenimiento, para que no intervengan en sus actividades diarias ni las realicen fuera de su horario laboral ya que trabajan en periodos rotativos, esto puede perjudicar su rendimiento.	Línea de botellas, máquina de llenado	Packaging y equipo de proyecto	\$19,00	18 y 19 de diciembre de 2023	En curso
Diferentes parámetros de calibración	Estandarización de los parámetros de calibración en el proceso de cambio de formato de presentación	Al no tener un procedimiento estandarizado, el operador comete errores, lo que podría llevar a la repetición del trabajo, obligándolo a realizar pasos innecesarios, y teniendo inconsistencia en los resultados, dificultando la capacitación de nuevos operadores y haciendo que la operación sea menos adaptable a los cambios	Con la ayuda del manual de la máquina, se identificarán los estándares necesarios para la altura de la caldera, coronas, barandillas, etc., para cada SKU, además de mapear las medidas que colocan los operarios y realizar pruebas para identificar los parámetros correctos y una vez definidos los valores por defecto, se documentarán y entrenarán a los operarios	Línea de botellas, máquina de llenado	Packaging y equipo de proyecto	\$15,00	11 de diciembre de 2023	En curso

3.2 Implementación de soluciones

Después de seleccionar las soluciones viables, analizadas tanto desde el punto técnico como financiero el siguiente paso es implementarlas de manera efectiva para que de esta manera tuvieran el efecto deseado, alineado con el objetivo de este proyecto. A continuación, se presenta el detalle de la puesta en marcha de cada una de la soluciones.

3.2.1 Diseño de un manual detallado del proceso de cambio de formato de presentación

En primer lugar se realizó un análisis SMED al proceso que se tenía mapeado al principio, en donde se identificó las actividades que se realizan con el equipo encendido o también denominadas externas y las actividades que se ejecutan con el equipo apagado o actividades internas, luego se definió si las actividades externas pueden convertirse en internas, a su vez se estableció si podían ser eliminadas, combinadas, reducidas o simplificadas. La Tabla 11 permite evidenciar el detalle del proceso previamente descrito.

Tabla 11

Análisis SMED del proceso

Nº	Proceso	I/E	¿Podría ser externa?	¿Cómo podría ser externa?	Eliminar	Combinar	Reducir	Simplificar	¿Cómo podría aplicarse el ECRS?
1.	Corta producción avisando al operador de procesos (filtración) por radio	Interna	Si	Avisando antes de empezar con el cambio	X				
2.	Espera corte de envío de agua del final de producción de PT y programación de nuevo envío	Interna	Si	Avisando antes de empezar con el cambio	X				
3.	Espera hasta que el operador de procesos (filtración) cambie los codos de las líneas de agua y programe el envío de agua, CO2 y cerveza	Interna	Si	Avisando antes de empezar con el cambio	X				
4.	Busca una funda en el cuarto de repuestos	Interna	Si	Preparándose antes de realizar el cambio	X				
5.	Se dirige hacia la máquina de llenado	Interna	Si	Preparándose antes de realizar el cambio	X				
6.	Retira las tapillas sobrantes del producto anterior	Interna	No				X		Agregando una automatización por parte de Krones en donde se pueda realizar el cambio de tapillas automáticamente
7.	Nuevamente se dirige al cuarto de repuestos y almacena las tapillas	Interna	No		X				Agregando una automatización por parte de Krones en donde se pueda realizar el cambio de tapillas automáticamente
8.	Busca las tapillas correspondientes al nuevo producto y las coloca en la tolva de tapas	Interna	Si	Preparándose antes de realizar el cambio	X				Agregando una automatización por parte de Krones en donde se pueda realizar el cambio de

						tapillas automáticamente
9.	Busca los utensilios de limpieza	Interna	Si	Preparándose antes de realizar el cambio	X	
10.	Se dirige hacia la línea de llenado y bota agua del producto anterior	Interna	No			X
11.	Se acerca al HDMI y apertura las válvulas reguladoras automáticas y la manual	Interna	No			
12.	Realiza limpieza dentro de la máquina de llenado	Interna	No			X Agregando una automatización por parte de Krones
13.	Se aflojan los seguros y se ajustan las guías desde el greenliner hasta el IBV, dependiendo del ancho de la botella a emplear	Interna	No			X Agregando una automatización por parte de Krones (LineXpress)
14.	Ajusta la altura del geo	Interna	No			X Agregando una automatización por parte de Krones (LineXpress)
15.	Ajusta la cantidad de aire a inyectar en el calderín	Interna	No			X Agregando una automatización por parte de Krones (LineXpress)
16.	Búsqueda de las herramientas y del rack de cambio de formato	Interna	Si	Preparándose antes de realizar el cambio	X	
17.	Se dirige con el rack y las herramientas hasta donde se encuentra la llenadora	Interna	Si	Preparándose antes de realizar el cambio	X	
18.	Retira el formato anterior y lo coloca en el rack	Interna	No	Colocar el formato saliente en el rack puede hacerlo al finalizar		X Capacitación del personal en el orden adecuado de retirar el formato
19.	Desajusta la altura de los coronadores y los retira	Interna	No			
20.	Retiran los 84 tubos de llenado (uno por uno)	Interna	No			
21.	Coloca el nuevo formato, se ajustan pernos y tuercas	Interna	No			X Capacitación del personal en el orden adecuado de colocar el formato
22.	Coloca los coronadores y se ajusta la altura	Interna	No			X Estandarización de alturas y capacitación del personal
23.	Ajusta la altura del calderín	Interna	No			X Estandarización de alturas y capacitación del personal
24.	Coloca los 84 tubos de llenado	Interna	No			X Estandarización de alturas y capacitación del personal
25.	Limpieza del área y recolección de herramientas	Interna	Si	Se lo realiza al finalizar el cambio	X	

26.	Espera que el operador de procesos (filtración) que realice el envío de agua y CO2 para limpiar la tubería	Interna	Si	Se lo realiza con minutos de anticipación, para que el operador esté preparado	X	
27.	Enjuaga el calderín con el CO2	Interna	Si	Se lo realiza con el equipo en funcionamiento		
28.	Verifica que el nivel del calderín esté vacío antes de que llegue la cerveza	Interna	No			
29.	Verifica en la pantalla del HDMI en el conductímetro la cantidad de oxígeno y PH que tiene el producto	Interna	Si	Se lo realiza con el equipo en funcionamiento	X	Combinar los pasos 29, 30, 31
30.	Cierra las válvulas reguladora, cuando el conductímetro esté dentro del rango permisible,	Interna	No		X	
31.	Envía CO2 al calderín y abre la válvula automática 5 y la 100 en la pantalla del HDMI	Interna	No		X	
32.	Verificar que las válvulas de llenado no contengan agua	Interna	Si	Se lo realiza con el equipo en funcionamiento	X	Instalando un sistema automatizado con sensores que ayuden a determinar ciertas verificaciones que el operadores realiza manualmente
33.	Se toma una muestra en la tubería del producto	Interna	No			
34.	Se dirige con la muestra al laboratorio de calidad	Interna	Si	Se lo realiza con el equipo en funcionamiento	X	Alguien del equipo de calidad puede ir a ver la muestra
35.	Espera que calidad realice el análisis de tolerancia	Interna	No			
36.	Arrancar la producción	Interna	No			

Después de realizar el análisis SMED se evidenciaron que del 100% de las actividades involucradas aproximadamente el 42% de ellas pueden convertir en externas.

Tabla 12

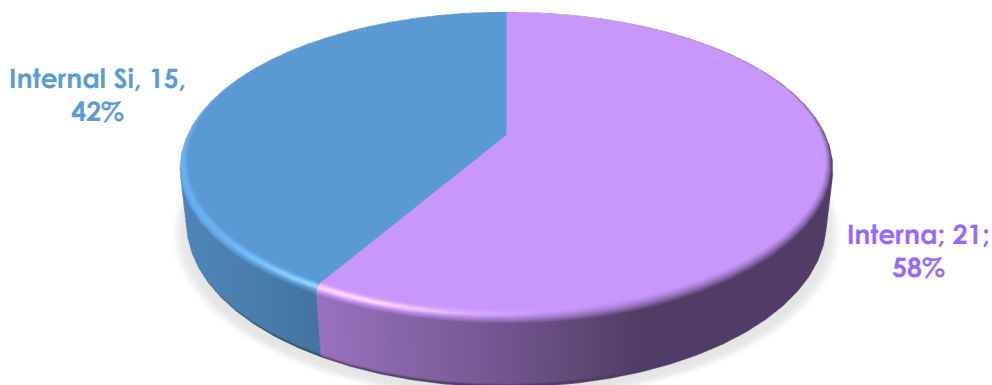
Resumen del análisis de actividades internas del proceso

<i>Interna</i>	<i>¿Puede ser externa?</i>
<i>No</i>	21
<i>Si</i>	15
<i>Total de actividades</i>	36

Figura 38

Análisis de actividades internas del proceso

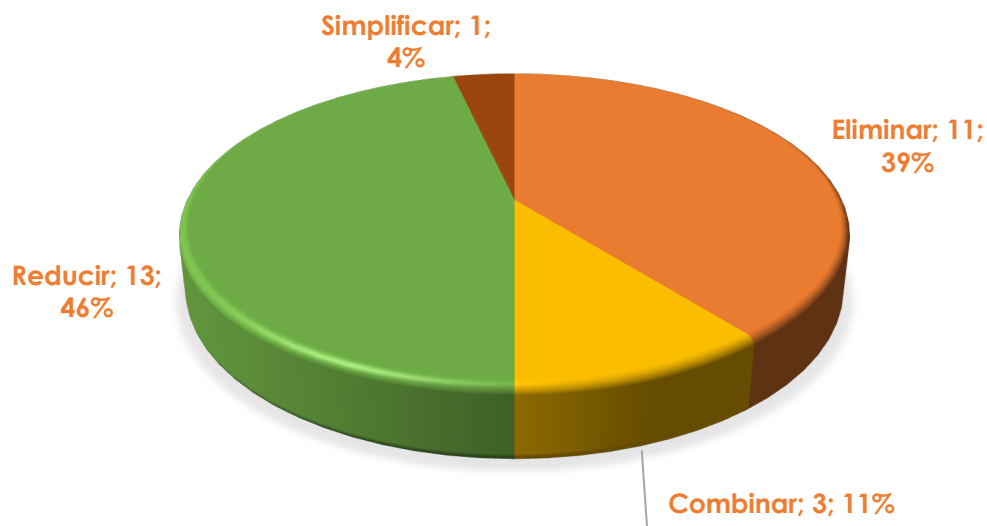
¿PODRÍA UNA ACTIVIDAD INTERNA SER EXTERNA?



Una vez que se identificaron cuantas actividades pueden ser externas, también se logró obtener que el 46% de las actividades pueden ser reducidas, el 39% pueden ser eliminadas, el 11% combinadas y finalmente el 4% simplificadas.

Figura 39

Análisis ECRS



Luego del análisis previamente realizado, se estableció el proceso final de cambio de formato en máquina llenadora de botellas con todas las modificaciones realizadas, para ello se elaboró un diagrama de flujo, se desarrolló un procedimiento detallado en el que consta de objetivos, alcance, responsables, estándares, entre otros aspectos.

Figura 40

Diagrama de flujo del proceso de cambio de formato llenadora de botellas

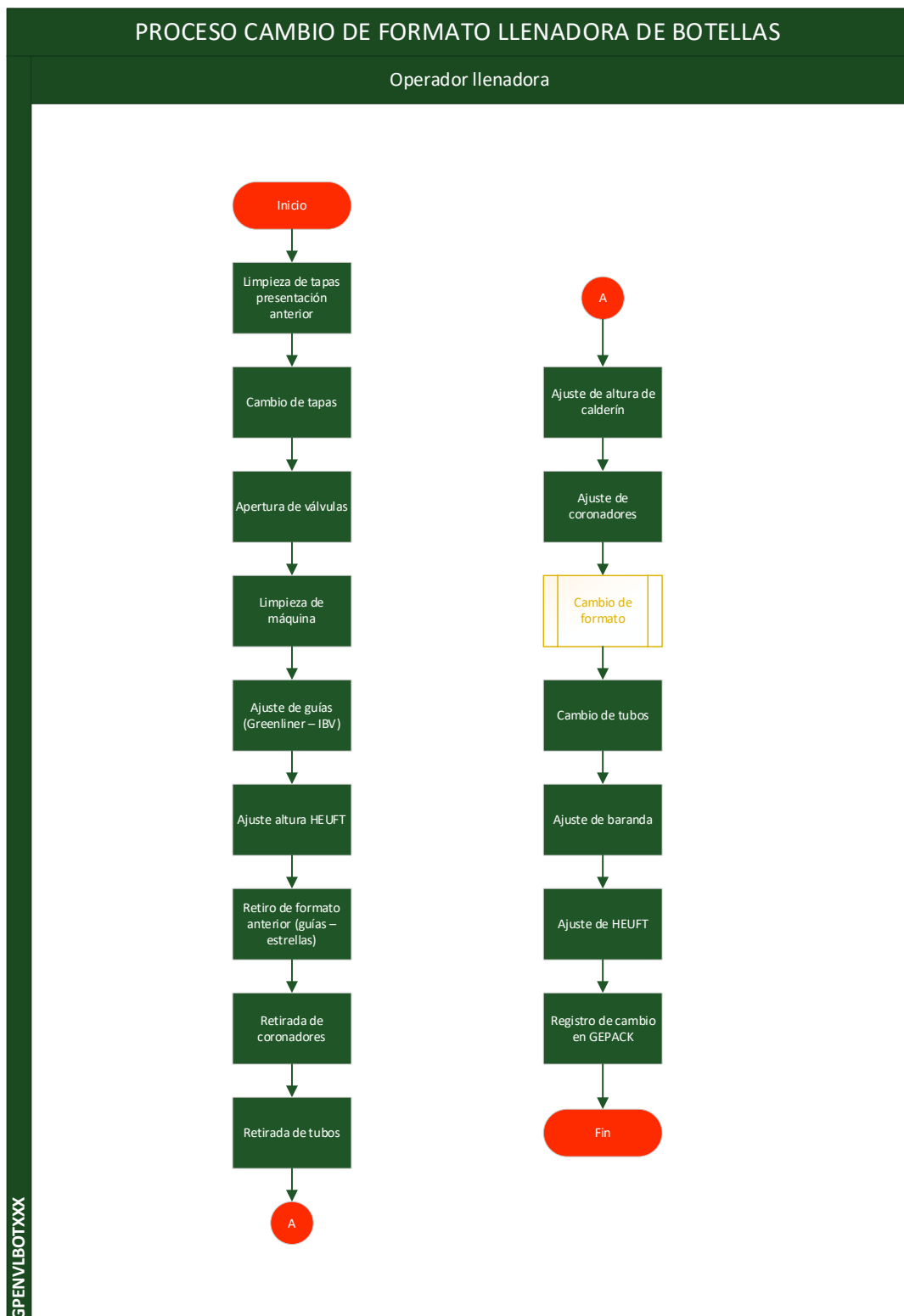


Figura 41

Proceso de cambio de formato llenadora de botellas documentado

Nombre del documento		Clave:	GPENVLBOTXXX
Proceso cambio de formato llenadora de botellas		Revisión:	1
		Fecha:	12/20/2023
		Página:	Página 1 de 2

1. Objetivos

- **Optimización de tiempos de cambio de formato:** Reducir el tiempo necesario para cambiar el formato de la máquina, aumentando así la eficiencia y disminuyendo los tiempos de inactividad.
- **Mejora en la flexibilidad del proceso:** Facilitar y agilizar los cambios de formato para adaptarse rápidamente a diferentes tipos de botellas.

2. Alcance

El presente documento aplica para el proceso de cambio de formatos de la llenadora de botellas de la línea L501 (Botellas).

3. Responsabilidades

- **Operador de llenadora:** Garantizar la producción, la limpieza y el cuidado de los equipos

Nombre del documento		Clave:	GPENVLBOTXXX
Proceso cambio de formato llenadora de botellas		Revisión:	1
		Fecha:	12/20/2023
		Página:	Página 2 de 2

Presentación 330 ml			
Marca	Altura calderín (cm)	Tubos	Coronador
Heineken	15	Pequeño	Pry
Amstel	14	Mediano	Twist
Biela reserva	14	Mediano	Twist
Biela light	14	Mediano	Twist
Brahma	13	Grande	Pry
Dorada	-	-	-

Tabla 1: Especificaciones cervezas (330 ml)

Presentación 600 ml			
Marca	Altura calderín (cm)	Tubos	Coronador
Heineken	8.5	Mediano	Pry
Amstel	8	Grande	Pry
Biela reserva	8	Grande	Pry
Biela light	8	Grande	Pry
Brahma	8	Grande	Pry
Dorada	8	Grande	Pry

Tabla 2: Especificaciones cervezas (600 ml)

Nota: El detalle del procedimiento puede encontrarlo en el Apéndice A

Además se elaboró una guía de cambio de formato el cual cuenta con un resumen del procedimiento, es decir, cuenta con una codificación de colores, en donde le indica al operador donde debe colocar los componentes, el orden y estándares de calibración dependiendo del tipo de producto a elaborar, esta se diseñó de tal manera de que el operador pueda tenerla a la mano, y no se requieren habilidades técnicas para comprenderlo.

Figura 42

Guías de cambio de formato llenadora

Nota: El detalle de la guía puede encontrarla en el Apéndice B

Todo esto permite a la empresa la formación más sencilla para los nuevos operadores, explicación detallada del proceso de cambio, la guía se puede modificar para usarla en otra máquina/línea y tener la información consolidada del proceso.

3.2.2 Colocar de guías visuales in situ

Para ello se utilizó el esquema de la máquina llenadora, se segmentó y establecieron colores fáciles de recordar y el orden para que esto le permita al operador identificar las piezas con mayor rapidez, tener una secuencia de instalación estándar eliminando las secuencias subjetivas, reduciendo los tiempos de cambio, estas guías fueron colocadas en los componentes y dentro del equipo.

Figura 43

Esquema de la máquina llenadora de botellas dividido por colores

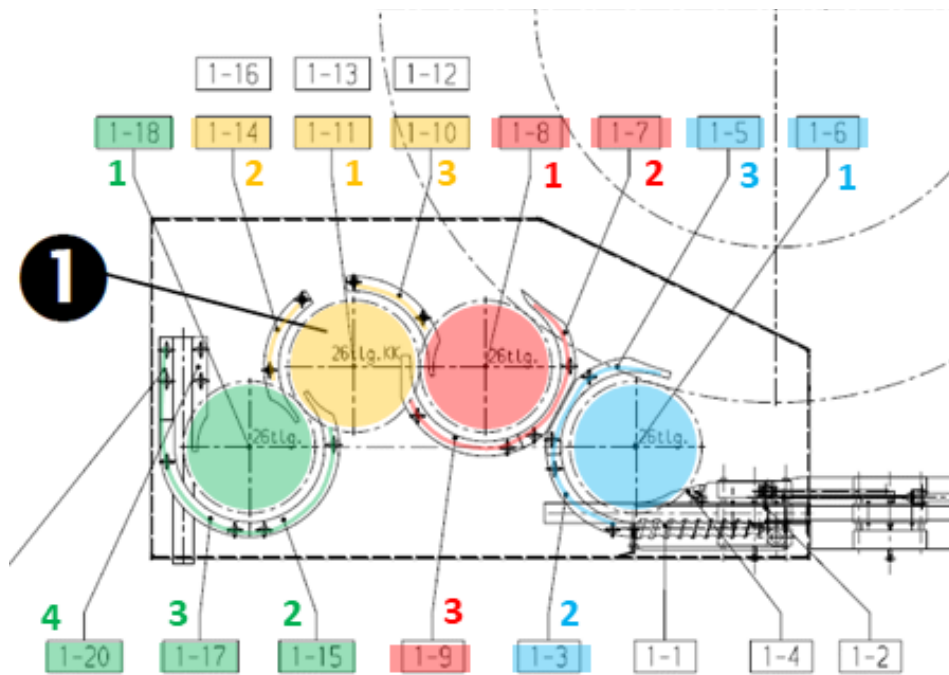


Figura 44

Colocación de guías visuales in situ por parte del equipo del proyecto



3.2.3 Estandarización de los parámetros de calibración en el proceso de cambio de formato de presentación

Para lograr la implementación de esta solución, se realizaron entrevistas a los operadores de la llenadora in situ y se definieron los estándares de calibración, tanto del calderín como de los tubos a utilizar y coronadores, a su vez estos fueron plasmados dentro del procedimiento que antes no poseían y dentro de las guías visuales.

Tabla 13

Parámetros de calibración estandarizados para cada presentación y marca

Presentation: 330 ml			
Brand	Boiler height (cm)	Tubes	Crowner
Heineken	15	Small	Pry
Amstel	14	Medium	Twist
Biela Reserva	14	Medium	Twist
Biela Light	14	Medium	Twist
Brahma	13	Big	Pry
Dorada	-	-	-

Presentation: 600 ml			
Brand	Boiler height (cm)	Tubes	Crowner
Heineken	8.5	Medium	Pry
Amstel	8	Big	Pry
Biela Reserva	8	Big	Pry
Biela Light	8	Big	Pry
Brahma	8	Big	Pry
Dorada	8	Big	Pry

Figura 45

Recolección de estándares por parte del equipo de proyecto



3.2.4 Capacitación del personal

Luego de recopilar toda la información previamente mencionada e implementarla, el siguiente paso fue informar y capacitar al personal con todas las modificaciones realizadas, esta fue dirigida al supervisor, analista y operador, los temas tratados fueron explicación detallada sobre cómo utilizar la guía de cambio de formato de llenado de botellas, explicación de la nueva secuencia de instalación, explicación del control visual para el intercambio de adhesivos y ejercicios de combinación de colores.

Figura 46

Registro de asistencia a la capacitación

Nombre del documento		Clave:	GPRECEN001
Registro de Asistencia		Revisión:	001
		Fecha:	1/1/2023
		Página:	1 de 1

REGISTRO DE ASISTENCIA

Nombre del curso: Capacitación proceso cambio de formato llenadora

Localidad: ROOM

Fecha: 20 - diciembre 2023

Duración: 20 min.

Nombre del Facilitador	Tema	Firma
Jose V. Laprade	uso de guía cambio de formato	<i>[Firma]</i>
Divisa Tobi Martinez	Entrenamiento control visual	<i>[Firma]</i>

#	Nombre y apellido	Área de trabajo	Firma
1	Miguel Sanchez	Pack	<i>[Firma]</i>
2	Andrés Méndez Abad	Pack	<i>[Firma]</i>
3	Jordan Domínguez	Pack	<i>[Firma]</i>
4			

Figura 47

Capacitación a personal de llenadora



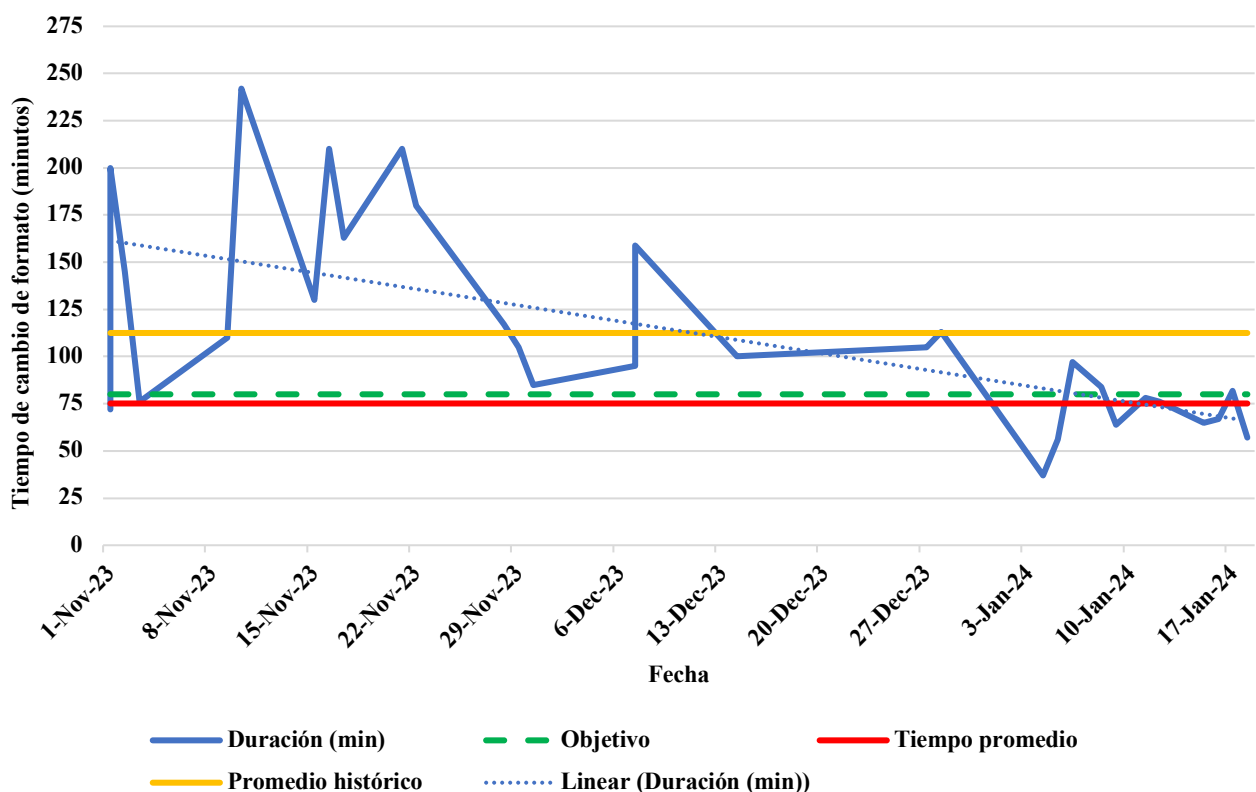
3.3 Resultados y Análisis

A raíz de la implementación de las propuestas de mejora, se evidenció una disminución del tiempo de cambio de formato para la máquina llenadora de botellas, la cual se puede apreciar en a partir de finales de diciembre del 2023 en la Figura 48. Esto se tradujo en una reducción del 33.50% del tiempo de cambio de formato histórico, pasando de 113 minutos a 75.14 minutos. Esto se debe a la baja complejidad del código de colores establecido.

Debido a factores externos al proyecto como la salida de uno de los dos operadores de la máquina llenadora de botellas de la compañía y los eventos suscitados el 9 de enero del 2024, no se pudo recopilar la cantidad de datos necesaria para llevar a cabo el análisis de capacidad del proceso. Bajo estas condiciones, se recopilaron 11 observaciones mientras que en condiciones normales se hubieran recopilado alrededor de 25 observaciones. Los datos recopilados hasta la fecha presentan una tendencia decreciente con respecto a los tiempos de cambio, lo que sugiere la efectividad de las mejoras implementadas.

Figura 48

Tiempo de cambio de formato inicial Vs actual

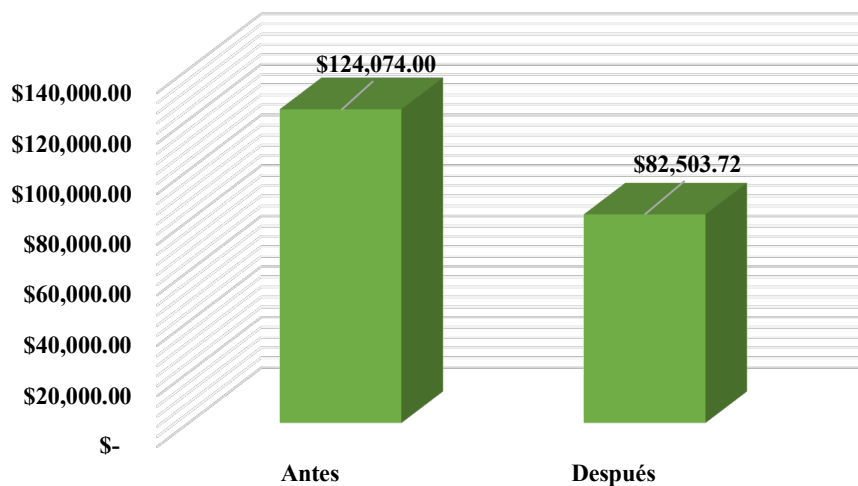


3.3.1 Justificación económica

Durante los cambios de formato, la producción de la línea se detiene, por lo tanto mientras más tiempo se tome este proceso, menos tiempo queda destinado a producir y por ende, las ganancias percibidas disminuyen, por ello, resulta atractivo disminuir estos tiempos al mínimo para maximizar los ingresos. Estos ingresos no obtenidos pueden ser calculados siguiendo la ecuación 1.1, en la cual se toma en cuenta la velocidad de operación de la máquina llenadora, el tiempo de cambio de formato y el precio del líquido producido. Usando el tiempo de cambio de formato histórico se obtuvo un valor de \$124,074.00 de ingresos no obtenidos, mientras que el tiempo de cambio de formato obtenido a raíz de la implementación hasta la fecha sugiere que este valor es de \$82,503.72, obteniendo una disminución de hasta \$41,570.28 (considerando el líquido más caro producido). En otras palabras, se redujeron en un 33.50% los ingresos no obtenidos.

Figura 49

Ingresos no obtenidos



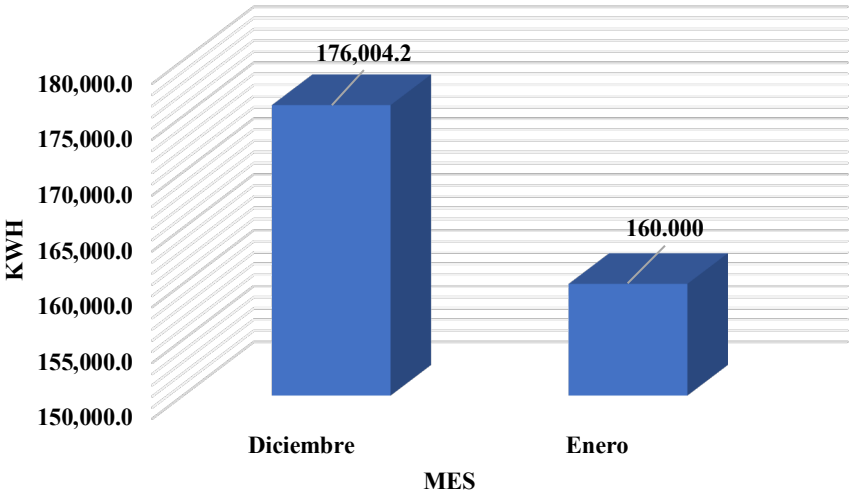
3.3.2 Justificación ambiental

Durante los cambios de formato, varios equipos se mantienen energizados y en funcionamiento, por lo que la reducción del tiempo de cambio de formato disminuye el tiempo muerto de estos equipos. Con el soporte del supervisor eléctrico se estimó el consumo energético del área para el mes de enero de 2024 en un valor de 160,000.00 kWh. Comparado con el

consumo energético de diciembre de 2023 mostrado en la Figura 50, se logró reducir en un 9.09% el indicador en cuestión.

Figura 50

Consumo energético (kWh)

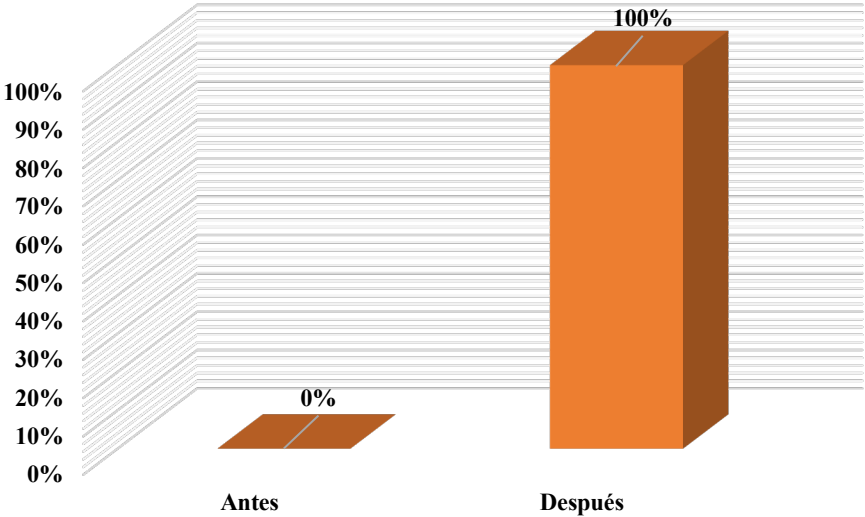


3.3.3 Justificación social

Luego de la implementación de las mejoras, se procedió a capacitar a todos los operadores de la máquina llenadora con el nuevo proceso, además se hicieron ejercicios didácticos de relación de colores para que el empleo del sistema de gestión visual se diera intuitivamente durante los cambios de formato.

Figura 51

Operadores de llenadora capacitados

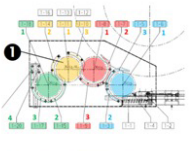



3.3.4 Plan de control

Como parte de la etapa de control del proyecto, se elaboró un plan de acción para el seguimiento de las mejoras implementadas en la máquina llenadora de botellas que contempla posibles eventos futuros relacionados. Entre estos eventos se considera el desgaste o daño del sistema de gestión visual instalado tanto en la máquina como en las guías y estrellas, entrenamiento a nuevos operadores, entre otros. El principal objetivo de este sistema de control es asegurar la continuidad de los resultados obtenidos en este proyecto. Se incluyen anexos que facilitan la implementación de las acciones establecidas y los responsables de cada acción.

Tabla 14

Plan de control

Plan de acción para el seguimiento de las mejoras en la máquina de llenado de botellas					
Novedad	Descripción	Acción requerida	Responsable	Anexo 1	
1	Gestión visual de máquina o guías no instalada/presenta signos de desgaste	Como parte de la gestión visual se estableció la instalación de adhesivos tanto en la máquina como en las guías/estrellas siguiendo un código de color para la estandarización del proceso de cambio de formato. Sin estos adhesivos, la secuencia no se respeta y el proceso se realiza arbitrariamente. Durante los mantenimientos programados se debe evaluar el estado de los adhesivos e instalarlos en las posiciones indicadas en el mapa de zonas de la máquina llenadora.	1. Realizar control visual durante mantenimientos programados 2. Instalar adhesivos correspondientes (cuadrados de color o números) en cada sector de la máquina siguiendo el código de color establecido	J. Benavides	
2	No se usa la guía de cambio de formato (folleto físico)	La guía de cambio de formato de llenadora fue diseñada para seguir una secuencia estandarizada para la instalación de partes de la máquina durante los cambios de formato. La gestión visual establecida permite que la secuencia de instalación sea intuitiva. Una vez que el operador se familiarice con la nueva secuencia de instalación (amarillo, azul, rojo y verde) se podría llegar a prescindir de su uso parcialmente, dado que la guía además contiene las especificaciones para cada SKU producido, por lo que su uso sirve para familiarizar a los operadores (tanto experimentados como novatos) con las especificaciones y secuencia de instalación.	Recordatorio de implementación de nuevo proceso y uso del folleto de cambio de formato durante los DCS I (Daily Control System)	E. Recalde	
3	Swipe-guide para uso de guía de cambio de formato no realizada	Durante el proyecto, se recolectó la información relacionada al proceso de cambio de formato, la cual no constaba en la base de datos del área. Esta información, además de plasmar el proceso, sirve también para el entrenamiento de los operadores designados a la máquina llenadora de botellas.	Oficializar el material enviado en la plataforma Swipe-guide	A. Mena	
4	Acceso limitado a swipe-guide de guía para cambio de formato en la máquina llenadora de botellas	Las swipe-guides son guías rápidas en formato diapositivas empleadas a manera de tutorial básico para variedad de situaciones dentro de la planta. Estas guías están ligadas a un código QR que facilita el acceso a dicha información a los operadores.	Añadir código QR de swipe-guide al folleto para cambio de formato existente	A. Mena	
5	Escaso material de entrenamiento para inducción al cargo de operador de máquina llenadora de botellas	Como parte de los entregables, se proporcionó la documentación detallada del proceso de cambio de formatos para la máquina llenadora de botellas. Esta información consolida gran parte de los conocimientos necesarios para llevar a cabo las actividades del cargo.	Incluir la documentación enviada como material de entrenamiento para la inducción al cargo	E. Recalde	

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- Se redujo en un 33.50% el tiempo de cambio de formato de la máquina llenadora de botellas, pasando de 113 minutos a 75.14 minutos en promedio hasta la fecha.
- Se logró identificar las causas del alto tiempo de cambio de formato, proponiendo una solución para cada causa raíz.
- Se estandarizó el proceso de cambio de formato en la máquina llenadora mediante el empleo de gestión visual y códigos de color.
- Se capacitó a todos los operadores de la máquina llenadora en el nuevo proceso y se entregó información actualizada del mismo.
- Se redujo el consumo energético en un 9.09% con respecto al mes de diciembre.
- Se redujeron las pérdidas económicas ligadas al alto tiempo de cambio de formato en un 33.50%, pasando de 124,074.00 a 82,503.78 dólares.

4.1.2 Recomendaciones

- Debido a la falta de datos para un análisis a profundidad, se recomienda llevar un control de las mejoras implementadas posterior a la finalización del proyecto para confirmar lo presentado en este informe.
- Se recomienda considerar la implementación de un sistema de automatización en las bandas transportadoras para evidenciar mejoras considerables con respecto al tiempo de cambio de formato y los indicadores directamente relacionados a esta medida.

REFERENCIAS

- ASQ Team. (2021). *IMPACT EFFORT MATRIX*. Obtenido de ASQ American Society for Quality: <https://asq.org/quality-resources/impact-effort-matrix>
- Atkinson, P. (2014). DMAIC: A methodology for Lean Six Sigma business transformation. *Management Services*, 58(1), 12-17. Obtenido de <https://www.proquest.com/trade-journals/dmaic-methodology-lean-six-sigma-business/docview/1557121940/se-2>
- Boutros, T., & Cardella, J. (2016). *Basic Tools for Process Improvement* (Vol. 1). Productivity Press. Obtenido de <https://balancedscorecard.org/wp-content/uploads/pdfs/c-eddiag.pdf>
- Esther, Q. A., Virginia, P. M., & Néstor, C. R. (2015). Performance of Statistical Control Charts with Bilateral Limits of Probability to Monitor Processes Weibull in Maintenance. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XVI (1), 143-156. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v16n1/v16n1a14.pdf>
- Ghasemi, A., & Zahediasl, S. (2012). Normality Tests for Statistical Analysis: A Guide for Non-Statisticians. *Int J Endocrinol Metab*, 10(2), 486-489. doi:10.5812/ijem.3505
- González, H. G., & Prado, C. A. (2021). Aplicación de la herramienta SIPOC a la cadena de suministro interna de una empresa distribuidora de medicamentos. *Lumen Gentium*, 5(2), 119-134. doi:10.52525/lg.v5n2a8
- He, Y., Tang, X., & Chang, W. (Octubre de 2009). Technical Decomposition Approach of Critical to Quality Characteristics for Product Design for Six Sigma. *Quality and Reliability Engineering*, 26(4), 325-339. doi:10.1002/qre.1077
- Hessing, T. (2019). *Cause and Effect Matrix aka X-Y Diagram aka Correlation Matrix*. Obtenido de Six Sigma Study Guide Articles : <https://sixsigmastudyguide.com/cause-and-effect-matrix/>
- Jach, P., Antony, J., Thomson, S. P., Cudney, B., & Furterer, S. (2022). Voice of the customer as a tool for service quality analysis in public transport. *TQM Journal*, 34(3), 448-475. doi:10.1108/TQM-05-2021-0134
- Kumbhar, K. N. (2018). Brainstorming technique: Innovative Quality Management Tool for Library. *Current Trends in Library Management*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/325594636_Brainstorming_technique_Innovative_Quality_Management_Tool_for_Library
- López, D. Y., Mateus, T. A., & Ovalle, A. M. (2021). Application of SMED in Industry: Systematic Literature Review through VOS viewer. *Respuestas*, 26(1), 270-280. doi:10.22463/0122820X.2812

- Mittal, A., Gupta, P., Kumar, V., Owad, A. A., Mahlawat, S., & Singh, S. (2023). The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company. *Heliyon*. Obtenido de [https://pdf.sciencedirectassets.com/313379/1-s2.0-S2405844023X00048/1-s2.0-S2405844023018327/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEL%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCID8ISRpmPH7cvYuLVLLP7VypoFIUUzw8SOsM7L%2B5YaknAiEAxLZbaiEy](https://pdf.sciencedirectassets.com/313379/1-s2.0-S2405844023X00048/1-s2.0-S2405844023018327/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEL%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCID8ISRpmPH7cvYuLVLLP7VypoFIUUzw8SOsM7L%2B5YaknAiEAxLZbaiEy)
- Nandakumar, N., Saleeshya, D. P., & Harikumar, P. (2020). Bottleneck Identification and Process Improvement by Lean Six Sigma DMAIC Methodology. *Materials Today: Proceedings*, 20, 1217–1224. Obtenido de <https://pdf.sciencedirectassets.com/305927/1-s2.0-S2214785320X00204/1-s2.0-S2214785320330583/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEO3%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJGMEQCIC5M9JJKVQbTWkQWhMIQG3WCLSrxG4mm5NAJqpkzx3d0AiAb2EvXu8sAI5%2>
- Ocampo, J. R., & Pavón, A. E. (2012). Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim. *10th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*. Panamá.
- Sánchez, C. A. (Enero de 2023). *Pruebas de normalidad*. doi:10.13140/RG.2.2.23329.48483
- Sasikumar, A., Acharya, P., Nair, M., & Ghafar, A. (Diciembre de 2023). Applying lean Six Sigma for waste reduction in a bias tyre manufacturing environment. *Cogent Business & Management*, 10(2). doi:10.1080/23311975.2023.2228551
- Serrat, O. (2010). *The Five Whys Technique*. Washington, DC: Asian Development Bank. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/239823665_The_Five_Whys_Technique
- World health organization Western Pacific Region. (2008). *Health Service Planning and Policy-Making a toolkit for Nurses and Midwives*. Obtenido de https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/207061/9290611863_mod2_eng.pdf?sequence=5

APÉNDICES

Apéndice A

1. Objetivos

- **Optimización de tiempos de cambio de formato:** Reducir el tiempo necesario para cambiar el formato de la máquina, aumentando así la eficiencia y disminuyendo los tiempos de inactividad.
- **Mejora en la flexibilidad del proceso:** Facilitar y agilizar los cambios de formato para adaptarse rápidamente a diferentes tipos de botellas.

2. Alcance

El presente documento aplica para el proceso de cambio de formatos de la llenadora de botellas de la línea L501 (Botellas).

3. Responsabilidades

- **Operador de llenadora:** Garantizar la producción, la limpieza y el cuidado de los equipos de la elaboración de productos de la empresa Heineken S.A., así como ceñirse al cumplimiento del presente procedimiento.
- **Supervisor de línea:** Supervisar las actividades de trabajo y el rendimiento, detectar problemas y ejecutar a la brevedad posible.

4. Especificaciones

La llenadora de botellas está diseñada para trabajar con distintas presentaciones de distintos productos mediante el intercambio de las distintas guías y estrellas que forman parte de la máquina.

El intercambio de estas piezas está directamente relacionado con el tamaño de la botella con la que se está trabajando. Es importante tener en cuenta que aunque se pase de SKU a otro del mismo volumen, se deberá realizar ajustes adicionales en otros parámetros de la máquina. Estos parámetros de manera general se muestran en las siguientes tablas:

Presentación 330 ml			
Marca	Altura calderín (cm)	Tubos	Coronador
Heineken	15	Pequeño	<u>Pry</u>
Amstel	14	Mediano	Twist
Biela reserva	14	Mediano	Twist
Biela light	14	Mediano	Twist
Brahma	13	Grande	<u>Pry</u>
Dorada	-	-	-

Tabla 1: Especificaciones cervezas (330 ml)

Presentación 600 ml			
Marca	Altura calderín (cm)	Tubos	Coronador
Heineken	8.5	Mediano	<u>Pry</u>
Amstel	8	Grande	<u>Pry</u>
Biela reserva	8	Grande	<u>Pry</u>
Biela light	8	Grande	<u>Pry</u>
Brahma	8	Grande	<u>Pry</u>
Dorada	8	Grande	<u>Pry</u>

Tabla 2: Especificaciones cervezas (600 ml)

5. Diagrama de proceso

A continuación se muestra un diagrama general del flujo de actividades que han de realizarse durante los cambios de formato. Este ha de complementarse con la información presentada en la sección "Especificaciones".

Como información adicional, la actividad designada como "Cambio de formato" hace referencia a el procedimiento de instalación de las distintas guías y estrellas. Este procedimiento será detallado en la siguiente sección del presente documento.

6. Procedimiento de cambio de formato

Para poder trabajar con botellas de distintas especificaciones, es necesario retirar los componentes encargados de transportarlas a través de la máquina. A continuación se muestra un plano de la máquina llenadora distinguiendo las piezas que han de ser instaladas:

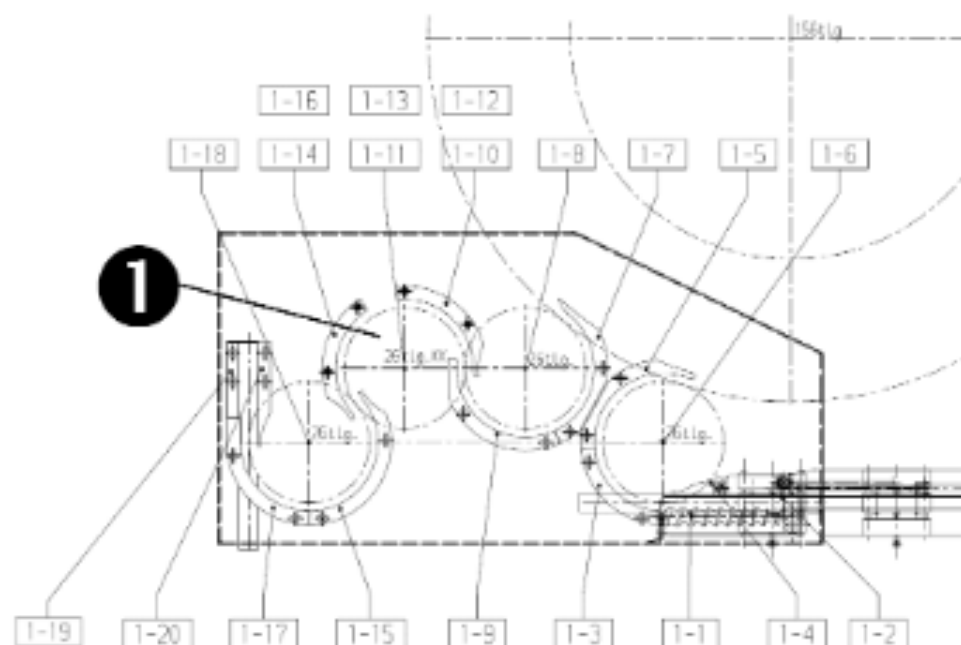


Figura 1: Plano de máquina llenadora

La numeración de las guías y estrellas que se muestra en la figura anterior corresponden a las piezas que se encuentran en la estructura para manejo de botellas o rack de cambio. Es importante tener en cuenta que aunque el nombre de la pieza difiera de un formato a otro, la numeración seguirá siendo el identificador de posición de la pieza y este no cambiará independientemente del formato con el que se trabaje.



Figura 2: Estructura para manejo de botellas

Para realizar el desmontaje de estas piezas, se recomienda empezar desde la salida hacia la entrada, mientras que para el montaje se recomienda instalar desde la entrada en dirección hacia la salida.

Para flexibilizar el cambio de formato de la llenadora, se creó la guía para cambios de formato, un material físico con las especificaciones de cada marca y presentación de cerveza y el orden para instalar las guías. Esta secuencia de instalación se realizó considerando piezas que se solapan y que por ende es crucial instalarlas primero y el orden sugerido por el fabricante de la máquina (desde la entrada hacia la salida).

Para facilitar la comprensión del orden de instalación, se muestra a continuación el plano de la máquina segmentado por colores:

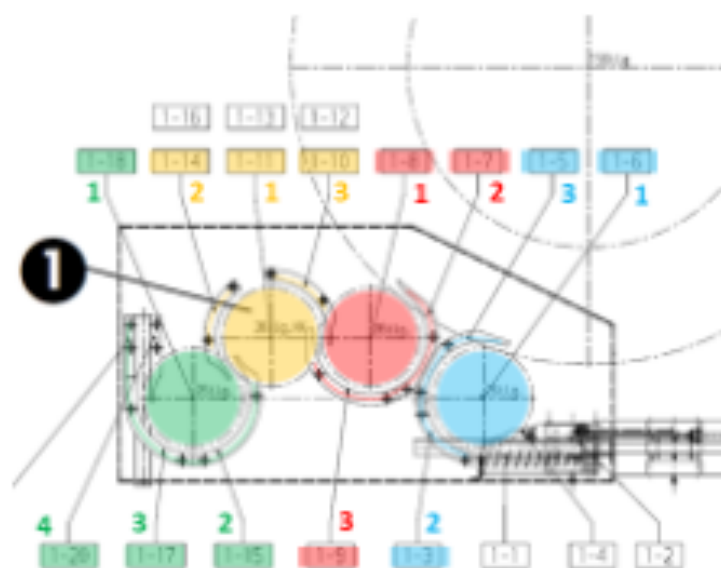


Figura 3. Colores para gestión visual llenadora de botellas

La instalación, siguiendo una lógica de colores, se hará en el siguiente orden:

1. Sección amarilla
2. Sección azul
3. Sección roja
4. Sección verde

Considerando este orden, el orden de instalación de las piezas, tanto general como por secciones se muestra en la siguiente tabla:

Paso	Orden sección	Pieza	Numeración Rack/Pieza
1	1	Estrella partida coronador	(-/11)
2	2	Guía deslizamiento fondo botella coronador	(-/14)
3	3	Guía deslizamiento fondo botella coronador	(-/10)
4	1	Estrella entrada calderín	(-/6)
5	2	Guía entrada	(-/3)
6	3	Guía entrega botellas calderín	(-/5)
7	1	Estrella salida calderín entra/coronador	(-/8)
8	2	Guía salida botella calderín	(-/7)
9	3	Guía entrada coronador	(-/9)
10	1	Estrella transferencia salida coronador	(-/18)
11	2	Guía salida coronador	(-/15)
12	3	Guía transferencia estrella transport salida interna	(-/17)
13	4	Guía entrada transport salida	(-/20)
14	-	Tornillo sin fin	(-/1)

Tabla 3: Orden de instalación de piezas por sección

Las únicas excepciones de este orden de instalación son las estrellas (piezas número 1 de cada sección) que no representan impedimento a la instalación de las demás piezas si se instalan simultáneamente al inicio del cambio de formato.

Para optimizar el cambio de formato se etiquetó cada pieza con el número y color correspondiente (según lo mostrado en la tabla 3) además de señalar la zona de instalación de la máquina con el mismo color (véase la figura 3).

Como se dijo, esta información está en la Guía de cambio de formato llenadora, que debe usarse durante los cambios por el operador para consultar las especificaciones del SKU a producir y el orden óptimo de instalación de las piezas.

7. Gestión visual

Para agilizar los cambios de formato se empleará el código de color establecido en la sección anterior instalando adhesivos con el orden de sección de la tabla 3, los cuales una vez instalados en la pieza se verán como en la figura 3 o en la imagen mostrada a continuación:

Figura 4: Gestión visual guías/brochetas



Dentro de la máquina existirá un rectángulo del color correspondiente a cada sección (véase la figura 3) que permitirá al operador identificar en que sector va cada guía, mientras que los números de las guías (figura 4) indican el orden de instalación. Dicha información ha de complementarse mediante el uso de la guía para cambio de formato de llenadora y el mapa de las secciones de la llenadora.



Figura 5: Elementos de gestión visual para cambio de formato

Debido al constante roce entre las partes móviles de la máquina llenadora de botellas, los adhesivos mostrados en la figura 4 sufrirán desgaste eventualmente, por lo que deberán ser reemplazados. Debido al material utilizado, se recomienda realizar el cambio de etiquetas semanalmente usando los adhesivos proporcionados.

Se establece como criterio de cambio un control visual realizado por el operador de la llenadora en las paradas de mantenimiento semanal. Si durante la inspección de los adhesivos el operador determina que el adhesivo no requiere cambio, se evaluará la condición del mismo en la siguiente parada de mantenimiento.

En caso de agotarse los adhesivos de control visual, se levantará el aviso correspondiente y estos han de ser comprados usando la siguiente especificación: Vinil acrílico electrocortado.

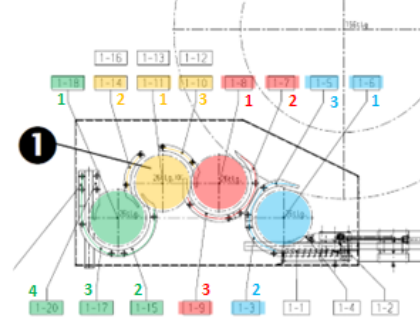
Apéndice B

Guía de cambio de formato llenadora

Línea Botellas L501



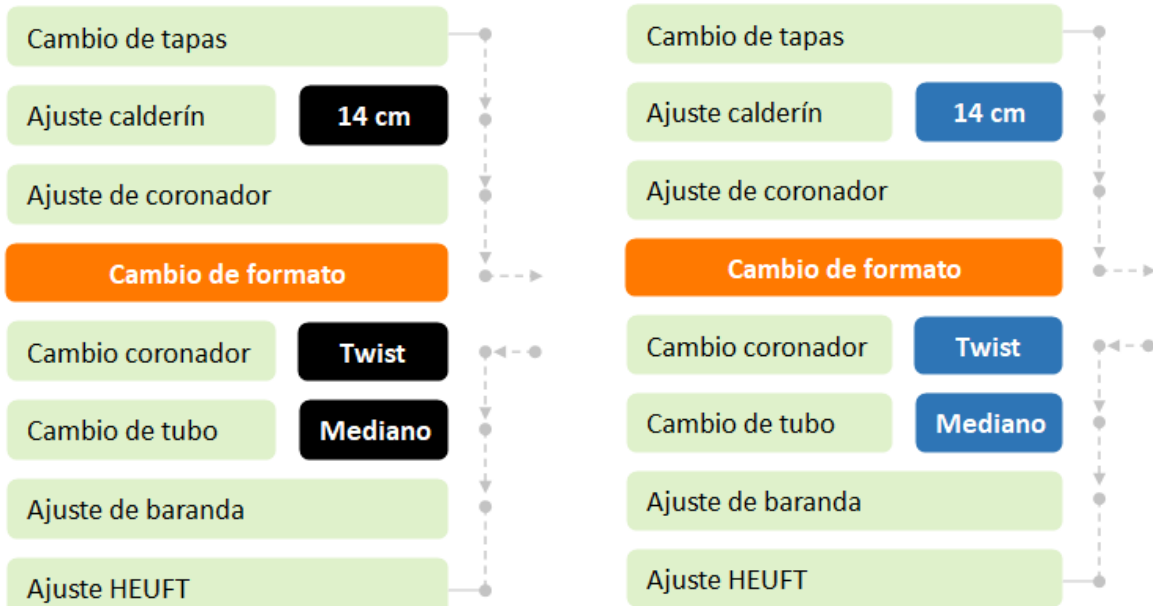
Cambio de formato



Orden	Pieza	Numeración Rack/Pieza
1	Estrella partida coronador	(-/11)
2	Guía deslizamiento fondo botella coronador	(-/14)
3	Guía deslizamiento fondo botella coronador	(-/10)
1	Estrella entrada calderín	(-/6)
2	Guía entrada	(-/3)
3	Guía entrega botellas calderín	(-/5)
1	Estrella salida calderín entra/coronador	(-/8)
2	Guía salida botella calderín	(-/7)
3	Guía entrada coronador	(-/9)
1	Estrella transferencia salida coronador	(-/18)
2	guía salida coronador	(-/15)
3	guía transferencia estrella transport salida interna	(-/17)
4	Guía entrada transport salida	(-/20)
-	Tornillo sin fin	(-/1)

Biela Reserva – 330 ml

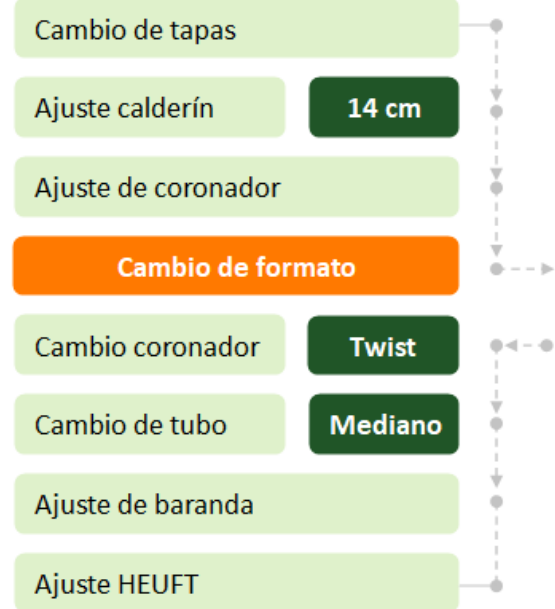
Biela Light – 330 ml



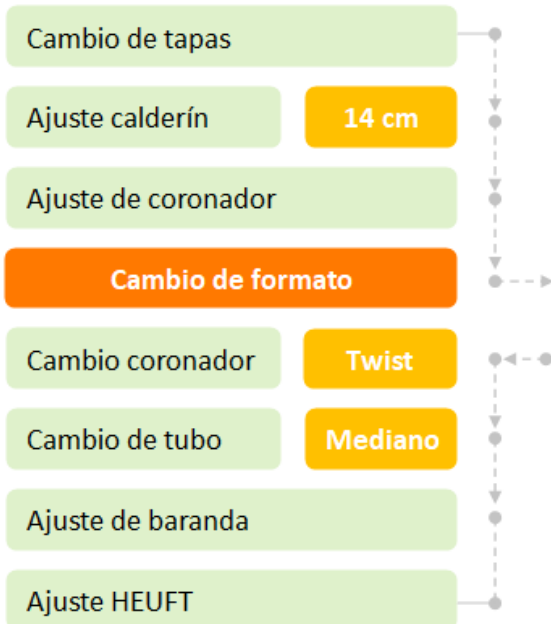
Amstel – 330 ml



Heineken – 330 ml



Dorada – 330 ml



Brahma – 330 ml

