

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

Implementación de la metodología SMED para reducir los tiempos de
cambio de formato en una línea envasadora de detergente

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Industrial

Presentado por:

César Andrés Villacrés Rosado

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi madre Isabel Rosado Yáñez y a mi padre César Villacrés Avilés por el apoyo incondicional que me han brindado durante cada una de las etapas de mi vida. También, a mi tía Gloria Rosado Yáñez y mi tío Walter Salgado Salguero por siempre inculcarme la importancia de los estudios y el desarrollo profesional.

César Andrés Villacrés Rosado

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a mi familia, a la ESPOL, y cada uno de los profesores de los cuales adquirí muchos conocimientos que fueron indispensables para la realización de este trabajo.

César Andrés Villacrés Rosado

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Yo César Andrés Villacrés Rosado doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”.



César Andrés Villacrés Rosado

EVALUADORES

.....
María Laura Retamales G., MSc.

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Kleber Barcia V., Ph.D.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Durante el año 2022, la línea C de envasado de detergente presentó 217 horas de cambio de formato en el año, siendo esta su principal pérdida productiva. El presente proyecto tiene como objetivo principal la disminución del tiempo promedio del cambio de formato en la línea C de 320 gramos a 5 kilogramos mediante la implementación de herramientas de SMED.

Para el desarrollo del proyecto se siguió con la estructura de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) para determinar las causas raíz del problema y propuestas de mejoras. A su vez, con la herramienta de ECRS (Eliminar, Combinar, Reducir y Simplificar) se logró reducir 2 tareas, eliminar 4 tareas y exteriorizar 10 de las 68 tareas realizadas durante el cambio de formato. Con ello se logró reducir el tiempo promedio de cambio de formato en la línea C de 320 gramos a 5 kilogramos de 139 minutos durante el año 2022 a 111 minutos en enero del 2023. Esta reducción de 28 minutos en el tiempo promedio es equivalente a 2,16% en la eficiencia mensual de la línea, generando un ahorro de \$4300 anuales por reducción de horas extras.

Palabras Clave: Cambio de formato, DMAIC, SMED, ECRS.

ABSTRACT

During the year 2022, the detergent packaging line C presented 217 hours of changeover in the year, this being its main production loss. The main objective of this project is to reduce the average changeover time in line C from 320 grams to 5 kilograms through the implementation of SMED tools.

For the development of the project, the structure of the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) methodology was followed to determine the root causes of the problem and proposals for improvements. On the other hand, with the ECRS tool (Eliminate, Combine, Reduce and Simplify) it was possible to reduce 2 tasks, eliminate 4 tasks and externalize 10 of the 68 tasks carried out during the changeover. With this, it was possible to reduce the average change over time in line C from 320 grams to 5 kilograms from 139 minutes during the year 2022 to 111 minutes in January 2023. This reduction of 28 minutes in the average time is equivalent to 2.16% in the monthly efficiency of the line, generating a saving of \$4300 per year due to the reduction of overtime.

Keywords: *Changeover, DMAIC, SMED, ECRS.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Alcance del proyecto	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Marco teórico	3
CAPÍTULO 2.....	6
2. METODOLOGÍA	6
2.1. Etapa de definición	6
2.1.1. Voz del cliente (VOC).....	6
2.1.2. CTQ tree	6
2.1.3. Definición del problema.....	7
2.1.4. Objetivo SMART	8
2.2. Etapa de medición	8

2.2.1.	Plan de recolección de datos	8
2.2.2.	Verificación de los datos	10
2.2.3.	Estratificación	10
2.2.4.	Problema enfocado	12
2.3.	Etapa de análisis	13
2.3.1.	Análisis de causas potenciales	13
2.3.2.	Priorización de causas potenciales.....	14
2.3.3.	Plan de verificación de causas.....	14
2.3.4.	Análisis de causa raíz.....	17
2.4.	Etapa de mejora.....	18
2.4.1.	Soluciones propuestas	18
2.4.2.	Implementación	21
2.5.	Etapa de control	23
CAPÍTULO 3.....		25
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	25
3.1	Tiempo de cambio de formato	25
3.2	Triple bottom line	26
CAPÍTULO 4.....		25
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	25
4.1	Conclusiones.....	25
4.2	Recomendaciones.....	25

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

ANOVA	Análisis de Varianza
ATR	Análisis de Tareas Riesgosas
CTQ	Critical To Quality
DMAIC	Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar
ECRS	Eliminar, Combinar, Reducir y Simplificar
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
GEMBA	En el sitio de acción
RTS	Run To Standard
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer
SHE	Safety, Health, Environment
SMED	Single Minute Exchange of Die
SOP	Standard Operating Procedure
VOC	Voice Of Customers

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Serie de tiempo del tiempo de cambio de formato línea C de enero 2022 a noviembre 2022.....	2
Figura 1.2 Diagrama SIPOC del proceso de envasado.....	3
Figura 2.1 Voz del cliente en envasado.....	6
Figura 2.2 Critical To Quality	7
Figura 2.3 Herramienta de 5W + 2H.....	7
Figura 2.4 Análisis de 3 escenarios para establecer el objetivo SMART.....	8
Figura 2.5 ANOVA datos ingresados en la aplicación vs muestra.....	10
Figura 2.6 ANOVA tiempo de cambio de formato por turno	11
Figura 2.7 ANOVA tiempo de cambio de formato por operador	11
Figura 2.8 Lluvia de ideas de causas potenciales	13
Figura 2.9 Diagrama Ishikawa de las causas potenciales	13
Figura 2.10 Diagrama de Pareto del tiempo de cambio de formato por tipo de tarea ...	15
Figura 2.11 ANOVA Disponibilidad de lámina primaria	16
Figura 2.12 ANOVA Retraso por permiso de trabajo.....	17
Figura 2.13 Antes y después de expandir la caja de carga en el sistema dosificador...	22
Figura 2.14 Antes y después de implementar un ajuste rápido para las cucharas.....	22
Figura 2.15 ATR del cambio de formato	23
Figura 2.16 SOP del proceso de cambio de hombrera.....	23
Figura 3.1 Tiempo de cambio de formato de 320g a 5kg de enero 2022 a noviembre 2022	25
Figura 3.2 Tiempo de cambio de formato de 320g a 5kg de diciembre 2022 a enero 2023	26
Figura 3.3 ANOVA de 1 factor para comparar los tiempos de cambio de formato	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos.....	9
Tabla 2.2 Matriz de cambio frecuencia mensual	12
Tabla 2.3 Matriz de cambio tiempo medio de cambio de formato	12
Tabla 2.4 Matriz de cambio impacto a la variable de respuesta	12
Tabla 2.5 Matriz de decisión causas potenciales	14
Tabla 2.6 Plan de verificación de causas	15
Tabla 2.7 Análisis de 5 porques	17
Tabla 2.8 Propuestas de mejora para la causa 1	18
Tabla 2.9 Propuestas de mejora para la causa 2	19
Tabla 2.10 Propuestas de mejora para la causa 3	19
Tabla 2.11 Propuestas de mejora para la causa 4	20
Tabla 2.12 Propuesta de mejora para la causa 6	20
Tabla 2.13 Exteriorización de tareas de cambio de formato.....	21
Tabla 2.14 Plan de control.....	24

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto se desarrolló en una empresa multinacional fundada hace más de 100 años, siendo una de las empresas de bienes de consumo más grandes del mundo. La cual es reconocida por sus grandes marcas y por su creencia de que hacer negocios de la forma correcta genera un rendimiento superior. Sus marcas operan en cinco grupos comerciales: belleza y bienestar, cuidado personal, cuidado del hogar, nutrición y helados. Cada una cuenta con una visión clara que escala hasta el propósito de la empresa “Hacer de la vida sostenible un lugar común”.

En Ecuador, la empresa cuenta con una planta de producción de productos de cuidado personal, principalmente detergente en polvo. La planta se encuentra ubicada en la ciudad de Guayaquil, junto a su centro de distribución. En ella, se realiza todo el proceso de elaboración del detergente desde la creación del polvo base hasta la entrega de producto terminado al centro de distribución.

La estructura de este proyecto se encuentra compuesta por 4 capítulos. El capítulo 1 detalla la descripción del problema y su justificación, los objetivos generales y específicos del proyecto, el marco teórico y el alcance del proyecto. En el capítulo 2 se presenta el desarrollo de la metodología DMAIC en cada una de sus etapas. Es el capítulo 3 se presenta el análisis de los resultados. Finalmente, el capítulo 4 presenta las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

1.1 Descripción del problema

En la planta operan 5 líneas de envasado de detergente. De las cuales, la línea C presenta la mayor pérdida por cambio de formato. Se tomó como referencia los datos del año 2022 para analizar el estado actual de la línea. En la Figura 1.1 se observa que el tiempo medio de cambio de formato de la línea es de 144 minutos con una desviación estándar de 20.2, a pesar de haber logrado alcanzar valores de 90 minutos. Esto indica

que existe una alta variabilidad en el proceso, la cual no está siendo atacada correctamente.

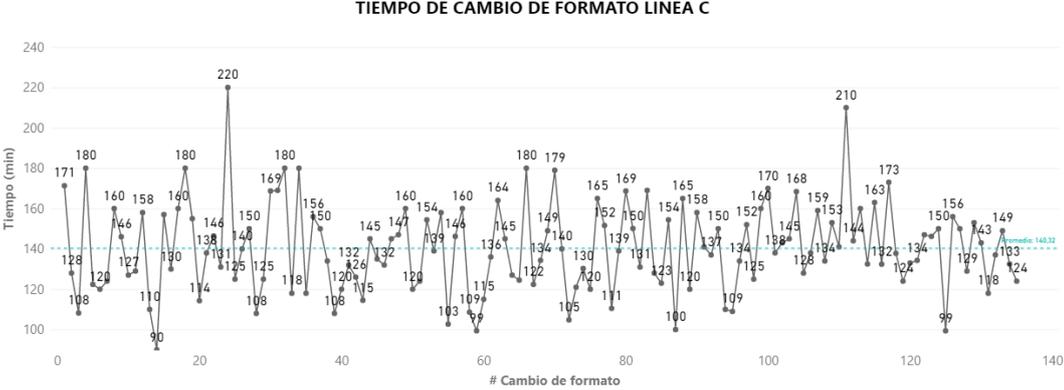


Figura 1.1 Serie de tiempo del tiempo de cambio de formato línea C de enero 2022 a noviembre 2022

[Fuente: Elaboración propia]

1.2 Justificación del problema

Actualmente, la planta se encuentra implementando una nueva metodología de mejora continua. La cual a través de su programa Run To Standard busca aumentar la eficiencia de las líneas piloto C y D. Se ha detectado que, a lo largo del año 2022, la principal pérdida que afecta a la eficiencia corresponde a los tiempos de cambio de formato con aproximadamente 170 horas de producción hasta la fecha. Por esta razón, la empresa se encuentra en la necesidad de reducir los tiempos de cambio de formato en sus líneas piloto.

1.3 Alcance del proyecto

El alcance del proyecto fue determinado mediante la herramienta SIPOC. En la Figura 1.2 se observa todo el proceso de envasado del detergente el cual comienza con la bajada del polvo desde los silos hasta la entrega de producto terminado ubicado y embalado en pallets a el centro de distribución.

DIAGRAMA SIPOC (Proceso de envasado)

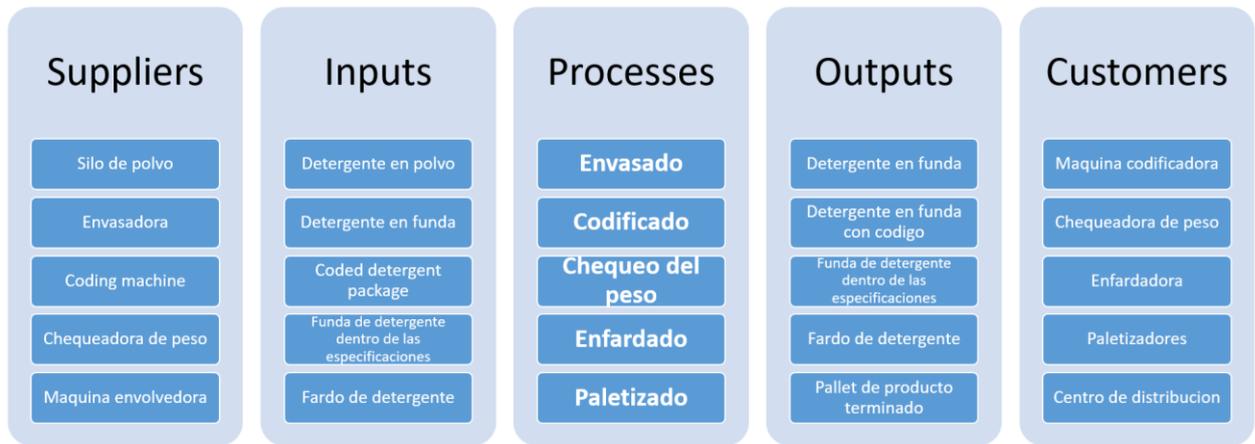


Figura 1.2 Diagrama SIPOC del proceso de envasado

[Fuente: Elaboración propia]

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Reducir los tiempos de cambio de formato en la línea C de envasado de detergente mediante la implementación de la metodología SMED.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Identificar las causas raíz del problema mediante la técnica del “5 ¿Por qué?”
2. Eliminar, combinar, reducir y simplificar tareas mediante ECRS.
3. Exteriorizar tareas aplicando SMED.
4. Implementar las propuestas de mejora y establecer un plan de control.

1.5 Marco teórico

Metodología DMAIC

Según (Kulkarni, Toksha, Shirsath, Pankade, & Autee, 2022) DMAIC es una metodología extremadamente rigurosa desarrollada por Motorola para disminuir la variabilidad de los procesos y mejorar el desempeño y calidad de una organización. Esta compuesta de 5 etapas: definición, medición, análisis, mejora y control.

Definición

El principal objetivo de la etapa de definición es el de identificar correctamente la problemática que requiere solución y verificar que dicha solución esté conectada con las prioridades de la empresa (Smętkowska & Mrugalska, 2018).

Medición

Según (Smętkowska & Mrugalska, 2018) en la etapa de medición se recopila y analiza la data que va a ser utilizada posteriormente para diferenciar el antes y después del proceso, de forma que se pueda evidenciar y evaluar los resultados de la implementación de mejoras.

Análisis

En la etapa de análisis se utilizan distintas herramientas como: lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, 5 porqués, etc. Con el fin de identificar las causas raíz de la problemática antes definida.

Mejora

En la etapa de mejora se determinan las soluciones a las causas raíz antes descritas y se elabora un plan de implementación donde se detalla los responsables de la implementación, y las fechas de entrega.

Control

La etapa de control se centra en verificar que los cambios implementados en la etapa de mejora sean suficientes y continuos. Además, se establece un plan de control para asegurar que los procesos permanezcan bajo los estándares ya establecidos (Smętkowska & Mrugalska, 2018).

Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa es una técnica desarrollada por el Dr. Kaoru Ishikawa, utilizada para la identificación de causas raíz y la implementación eficiente de planes de acción (Kumar Phanden, Sheokand, Kumar Goyal, Gahlot, & Ibrahim Demir, 2022).

Diagrama de Pareto

Según (Kumar Phanden, Sheokand, Kumar Goyal, Gahlot, & Ibrahim Demir, 2022) el diagrama de Pareto es una herramienta de solución de problemas, utilizada principalmente para poder enfocar todos los recursos en la causa más significativa del problema.

5 porques

El 5 porques es una técnica desarrollada por Sakichi Toyoda, que consiste en preguntar el porqué de cada una de las potenciales causas del problema consecutivamente hasta llegar a las causas raíz del problema (Kumar Phanden, Sheokand, Kumar Goyal, Gahlot, & Ibrahim Demir, 2022).

Metodología SMED

Según (Vieira, y otros, 2019) la metodología SMED es hoy en día una herramienta indispensable de la filosofía de manufactura esbelta que contribuye a la reducción de inactividad de equipos e incremento en el rendimiento de la producción a través de un conjunto de técnicas que permiten minimizar los tiempos de configuración de los equipos. SMED es una herramienta desarrollada por Shigeo Shingo alrededor del año 1950 con el objetivo eliminar el desperdicio a través de la reducción de los tiempos de configuración. Esta herramienta comprende un conjunto de técnicas que hacen posible la disminución del tiempo inactivo de los equipos, generando un aumento en la eficiencia como consecuencia (Afonso, Gabriel, & Godina, 2022).

Las herramientas de manufactura esbelta son utilizadas frecuentemente para la reducción de desperdicios y el cumplimiento de los requerimientos del cliente con el fin de obtener una ventaja competitiva sobre sus competidores directos. Por ello muchas empresas han optado por producir en lotes pequeños. Sin embargo, esto conlleva a un incremento en la frecuencia de cambios de formato (Silva, y otros, 2020). Por esta razón, las empresas se encuentran en la necesidad de implementar herramientas que les permitan reducir los tiempos de configuración de sus equipos, eliminando el desperdicio y limitando las actividades que no agregan valor al proceso.

Según (Vieira, y otros, 2019) las organizaciones para poder producir una diferente gama de productos se ven obligadas a optimizar sus procesos de configuración de equipos debido al incremento en la cantidad de ordenes pequeñas y la diversidad de los productos. Por esta razón, es necesario agilizar los procesos de configuración de los equipos para así reducir el tiempo inactividad y a su vez reducir las actividades que no agregan valor.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1. Etapa de definición

2.1.1. Voz del cliente (VOC)

Para poder identificar cuáles son los requerimientos y necesidades que tiene la empresa se realizó entrevistas a cada uno de los miembros del equipo de trabajo. El cual se encuentra compuesto por: la Ingeniera de procesos, los operadores de la línea, los coordinadores de producción, los coordinadores de mantenimiento y los técnicos. En la Figura 2.1 se detallan las necesidades identificadas en el proceso de envasado.



Figura 2.1 Voz del cliente en envasado

[Fuente: Elaboración propia]

2.1.2. CTQ tree

Una vez identificadas las necesidades y los requerimientos del proceso de envasado, estas fueron traducidas a variables cuantificables. En la Figura 2.2 se muestra cada una de las necesidades relacionadas con su respectiva métrica CTQ. Junto al equipo de trabajo se estableció como principal variable de respuesta el tiempo de cambio de formato en minutos. Además, se establece la triple línea base siendo el factor económico

el incremento en la eficiencia, el factor ambiental la reducción del desperdicio de hojas de papel y el factor social la reducción de la carga laboral.

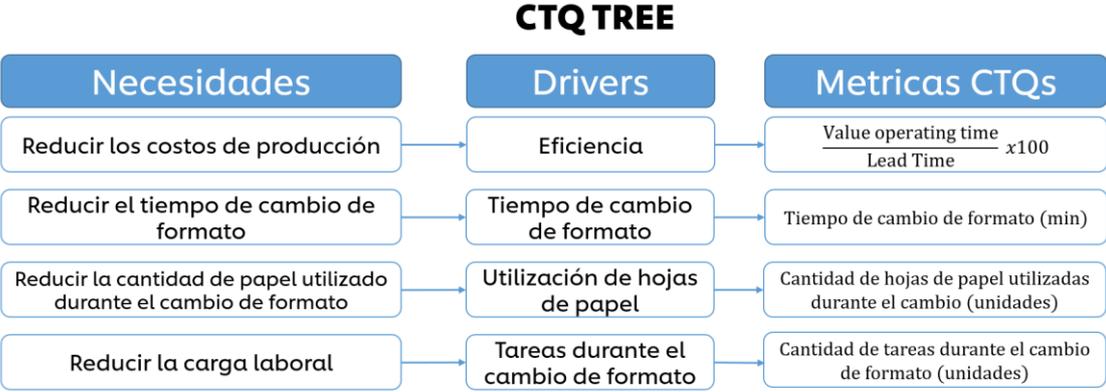


Figura 2.2 Critical To Quality

[Fuente: Elaboración propia]

2.1.3. Definición del problema

Para definir correctamente el problema se utilizó la herramienta del 3W+2H. Donde se responde a 5 interrogantes: ¿Qué?, ¿Cuánto?, ¿Dónde?, ¿Cuándo? y ¿Cómo lo sé? En la Figura 2.3 se detalla cada una de las respuestas obtenidas. Se define el problema de la siguiente manera: “Durante el año 2022, el tiempo de cambio de formato de la línea C ha tenido un tiempo medio de 144 minutos, cuando se han alcanzado valores de 90 minutos durante el mismo año.”

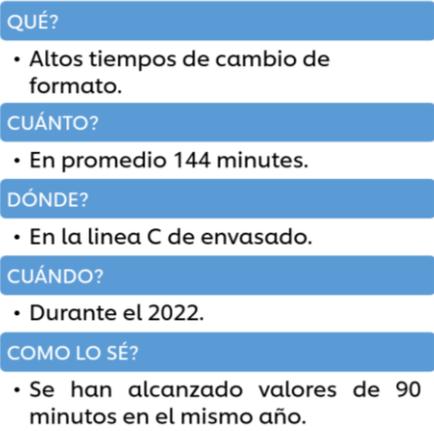


Figura 2.3 Herramienta de 5W + 2H

[Fuente: Elaboración propia]

2.1.4. Objetivo SMART

Para el objetivo SMART se analizaron 3 diferentes escenarios como se muestra en la Figura 2.4. El escenario pesimista en donde se propone reducir la brecha en un 25%, el escenario realista donde se propone reducir la brecha en un 50% y el escenario optimista en donde se propone reducir el 100% de la brecha.



Figura 2.4 Análisis de 3 escenarios para establecer el objetivo SMART

[Fuente: Elaboración propia]

En conjunto con el equipo de trabajo se decidió seguir el escenario realista y se estableció el objetivo SMART como “Reducir el tiempo medio del cambio de formato de la línea C de 144 minutos a 117 minutos mediante la implementación de la metodología SMED en un periodo de 4 meses”.

2.2. Etapa de medición

2.2.1. Plan de recolección de datos

En la Tabla 2.1 se detalla el plan de recolección de datos, donde se establece las variables que se van a medir, el tipo de dato, la unidad, el método de recolección y el plan de muestreo.

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos

[Fuente: Elaboración propia]

¿Qué medir?				¿Como medir?	Plan de muestreo			
Variable	Significado	Unidad	Tipo de información	Método de recolección	¿Quién?	¿Donde?	Tamaño de la muestra	¿Por qué medir?
Tiempo de cambio de formato	El tiempo que tarda en cambiar de un gramaje a otro	Minutos	Continuo	De la base de datos FOS 4.0	César Villacrés	Envasado	11 muestras	Para analizar el estado del proceso
Operador	Operador que realizó el cambio	-	Cualitativo	De la base de datos FOS 4.1				Para identificar si hay diferencias entre operadores
Turno	El turno en el que se realizó el cambio	-	Cualitativo	De la base de datos FOS 4.2				Para identificar si hay diferencias entre turnos
Formato de producto	Representa la cantidad de gramos que contiene el producto	Gramos	Discreto	De la base de datos FOS 4.3				Para crear la matriz de cambio
Familia de productos	Representa la familia de productos a la que pertenece	-	Cualitativo	De la base de datos FOS 4.4				Para crear la matriz de cambio
Máquina	La máquina en la que se realiza la tarea.	-	Cualitativo	Muestreo				Para identificar qué máquina requiere más tareas
Tipo de tarea	El tipo de tarea, por ejemplo, limpieza, ajuste, espera, etc.	-	Cualitativo	Muestreo				Identificar qué tipo de tareas requieren más tiempo
Tiempo de la tarea	El tiempo que se tarda en completar la tarea.	Minutos	Continuo	Muestreo				Para detectar oportunidades de mejora

2.2.2. Verificación de los datos

En el área de envasado los operadores utilizan una aplicación de PowerApps para registrar la producción realizada durante la corrida, en donde especifican: la línea, la familia de producto, la variante, el formato, la fecha, el turno, y los tiempos de perdidas relacionadas a la eficiencia. Para verificar que los datos que registran los operadores son correctos, se realizó un análisis de medias ANOVA de 1 factor. En la Figura 2.5 se observa que con un valor p de 0.891 no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que no existe diferencia significativa entre los datos que ingresan los operadores en la aplicación y la muestra que fue recolectada.

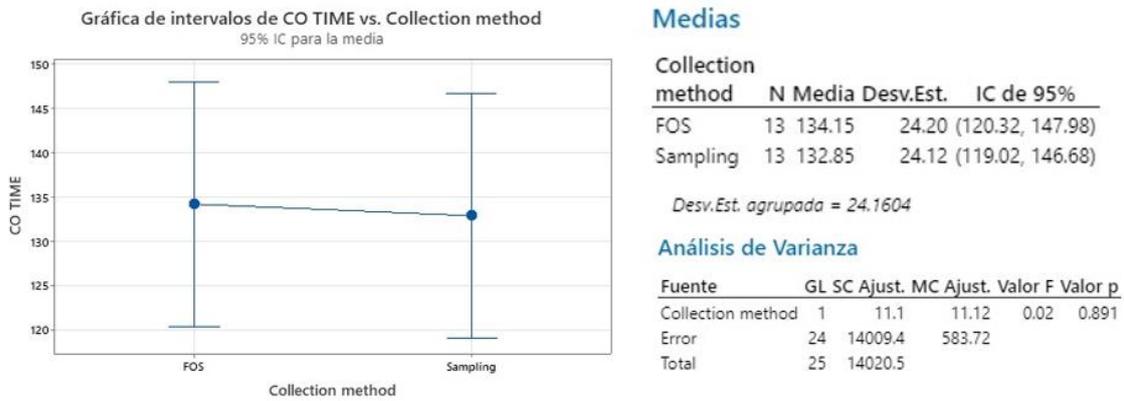


Figura 2.5 ANOVA datos ingresados en la aplicación vs muestra

[Fuente: Elaboración propia]

2.2.3. Estratificación

Con los datos obtenidos del muestreo se realizó un análisis de medias ANOVA de 1 factor para evaluar si existe diferencia significativa entre los tiempos de cambio de formato en cada uno de los turnos. En la Figura 2.6 se observa que con un valor p de 0,181 no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que no existe diferencia significativa en el tiempo de cambio de formato de cada uno de los turnos.



Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
 Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

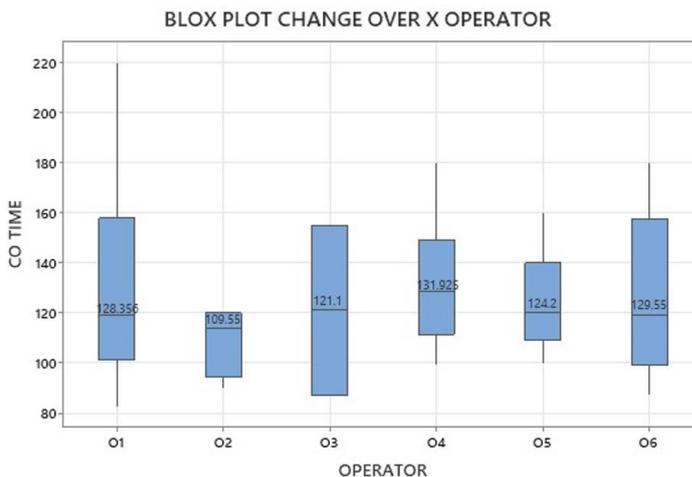
Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
SHIFT	2	3091	1545.6	1.76	0.181
Error	58	50942	878.3		
Total	60	54033			

Figura 2.6 ANOVA tiempo de cambio de formato por turno

[Fuente: Elaboración propia]

También se realizó un análisis de medias ANOVA de 1 factor para evaluar si existe diferencia significativa entre los tiempos de cambio de formato por operador. En la Figura 2.7 se observa que con un valor p de 0,846 no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que no existe diferencia significativa en el tiempo de cambio de formato de cada uno de los operadores.



Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
 Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
OPERATOR	5	1845	369.1	0.40	0.846
Error	55	50599	920.0		
Total	60	52445			

Figura 2.7 ANOVA tiempo de cambio de formato por operador

[Fuente: Elaboración propia]

Por otro lado, se realizó la matriz de cambio de formato de la línea C. En la Tabla 2.2 se observa la frecuencia mensual y en la Tabla 2.3 el tiempo promedio de cambio de un gramaje a otro. En la tabla 2.4 se observa que al multiplicar estas 2 variables se obtuvo

que el cambio de formato de 320 gramos a 5 kilogramos es el que tiene mayor impacto en la variable de respuesta.

Tabla 2.2 Matriz de cambio frecuencia mensual

[Fuente: Elaboración propia]

Frecuencia mensual de cambio de formato línea C				
/	A			
Desde	320G	450G	500G	5KG
320G		0,1	0,1	3,6
450G	0,1		x	0,5
500G	0,1	x		0,9
5KG	3,6	0,5	0,9	

Tabla 2.3 Matriz de cambio tiempo medio de cambio de formato

[Fuente: Elaboración propia]

Tiempo medio de cambio de formato línea C				
/	A			
Desde	320G	450G	500G	5KG
320G		136	100	139
450G	136		x	94
500G	100	x		122
5KG	139	94	122	

Tabla 2.4 Matriz de cambio impacto a la variable de respuesta

[Fuente: Elaboración propia]

Impacto en el cambio de formato línea C				
/	A			
Desde	320G	450G	500G	5KG
320G		13,6	10	500,4
450G	13,6		x	47
500G	10	x		109,8
5KG	500,4	47	109,8	

2.2.4. Problema enfocado

Una vez realizada la estratificación, se procedió a definir el problema enfocado de la siguiente forma: “Durante el año 2022, el tiempo de cambio de formato en la línea C de 320 gramos a 5 kilogramos ha tenido una media de 139 minutos. Cuando valores de 90 minutos han sido alcanzados durante el mismo año”.

2.3. Etapa de análisis

2.3.1. Análisis de causas potenciales

Como paso inicial, se llevó a cabo un taller con el equipo de trabajo donde se realizó una lluvia de ideas para identificar las causas potenciales que afectan a nuestra variable de respuesta. En la Figura 2.8 se observa las principales causas potenciales que fueron levantadas en el taller.



Figura 2.8 Lluvia de ideas de causas potenciales

[Fuente: Elaboración propia]

Luego, mediante un diagrama de Ishikawa, se procedió a clasificar cada una de estas causas en segmentos determinados. En la Figura 2.9 se observa las causas clasificadas en: Máquina, método, persona, ambiente y materiales.

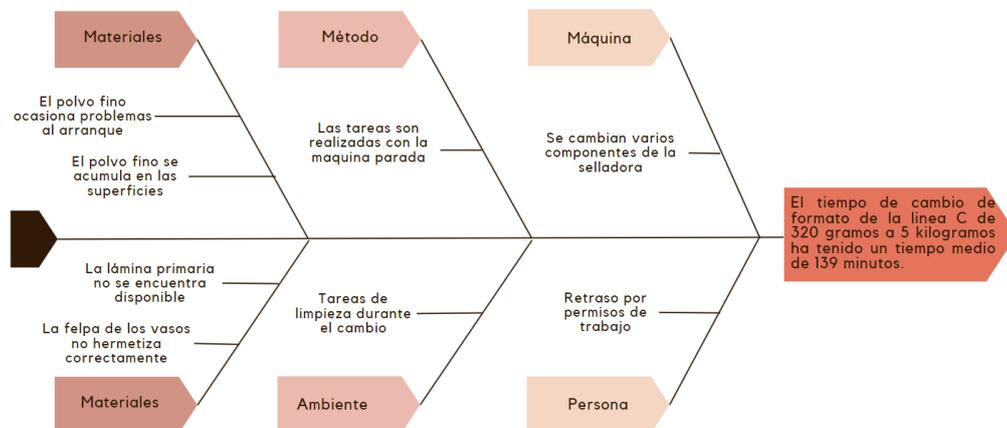


Figura 2.9 Diagrama Ishikawa de las causas potenciales

[Fuente: Elaboración propia]

2.3.2. Priorización de causas potenciales

Para identificar las causas que tienen mayor impacto a la variable de respuesta se realizó una matriz de decisión en conjunto con el equipo de mantenimiento y la ingeniera de procesos. En la cual se evalúa la capacidad de solución y el beneficio de cada una de las causas con un valor entre 0 y 5. En la Tabla 2.5 se observa el valor que obtuvo cada causa y su puntaje total. Posteriormente se decidió junto al equipo de trabajo en seleccionar las causas que tuvieran mayor impacto, en este caso las 5 primeras.

Tabla 2.5 Matriz de decisión causas potenciales

[Fuente: Elaboración propia]

Variable de respuesta Y = El tiempo de cambio de formato de la línea C de 320g a 5kg				
No	Causa potencial	Capacidad de solución	Beneficio	Total
		¿Qué posibilidad de solución tenemos?	¿Cuánto nos beneficia arreglarlo?	
1	Tareas de limpieza durante el cambio de formato	5	4	20
2	Se deben cambiar varios componentes de la máquina de sellado.	3	5	15
3	La lámina primaria no está disponible durante el cambio	4	3	12
4	Las tareas se realizan con la máquina parada	3	4	12
5	Retraso en permisos de trabajo	4	3	12
6	La felpa de las tazas medidoras no sella correctamente	2	3	6
7	El polvo fino causa problemas al arranque	1	4	4
8	El polvo fino se acumula en las superficies.	1	4	4
Ponderación = 0 No afecta en absoluto, 1-2 Tiene poco impacto, 3-4 Afecta moderadamente, 5 Afecta totalmente				

2.3.3. Plan de verificación de causas

En la Tabla 2.6 se detalla el plan de verificación de causas, donde se establece como se va a verificar cada una de las causas y el impacto que tienen con respecto a la variable de respuesta.

Tabla 2.6 Plan de verificación de causas

[Fuente: Elaboración propia]

PLAN DE VERIFICACIÓN DE CAUSAS				
No	Causa	Teoría del impacto	Como verificar	Estado
1	Tareas de limpieza durante el cambio	Realizar tareas de limpieza durante el cambio aumenta el tiempo de cambio	Observación directa/Diagrama de Pareto	Verificado
2	Se deben cambiar varios componentes de la máquina de sellado.	Cuanto más componentes de la máquina deban cambiarse, más tiempo llevará el cambio	Observación directa/Diagrama de Pareto	Verificado
3	La lámina primaria no está disponible durante el cambio	Si la hoja primaria no está disponible, se genera una espera que aumenta el tiempo de cambio	Análisis de datos /ANOVA	Verificado
4	Las tareas se realizan con la máquina parada	Si las tareas se realizan con la máquina parada, estas tareas son tareas internas que afectan al tiempo de cambio	Observación directa /GEMBA	Verificado
5	Retraso en permisos de trabajo	Si los permisos de trabajo no se emiten a tiempo, el operador no puede continuar con el cambio. Lo que produce un aumento en el tiempo de cambio	Análisis de datos /ANOVA	Verificado

Para verificar las causas 1 y 2 se agruparon las tareas realizadas en el cambio de formato en 7 grupos: Ajustes, Limpieza, Remover/Colocar, Revisión, Seguridad, Para caminar y De transporte. Luego se procedió a realizar un diagrama de Pareto para identificar que grupo de tareas representa mayor tiempo en el cambio de formato.

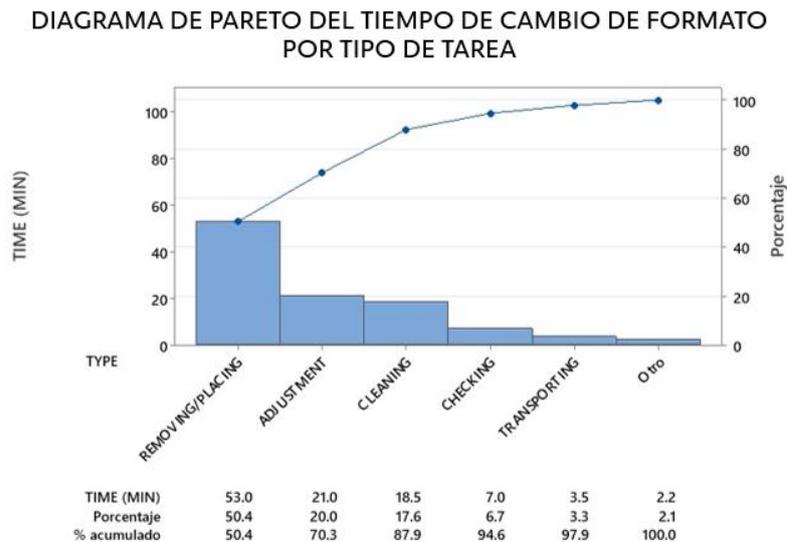


Figura 2.10 Diagrama de Pareto del tiempo de cambio de formato por tipo de tarea

[Fuente: Elaboración propia]

En la Figura 2.10 se observa que las tareas de limpieza representan el 17.6% del tiempo total del cambio de formato y las tareas de remover/colocar representan el 50.4% del tiempo total del cambio de formato. Es decir, estas tareas se encuentran dentro del 80% de las tareas que más impactan a la variable de respuesta.

Para verificar las causas 4 y 7 se realizó un análisis de medias ANOVA de 1 factor para identificar si existe una diferencia significativa entre una situación y otra. En la Figura 2.11 se comparan los tiempos de cambio de formato cuando la lámina primaria se encuentra disponible contra los tiempos de cambio cuando no se encuentra disponible. Se obtuvo un valor p de 0.002, lo que indica que la disponibilidad de la lámina primaria afecta significativamente a la variable de respuesta.

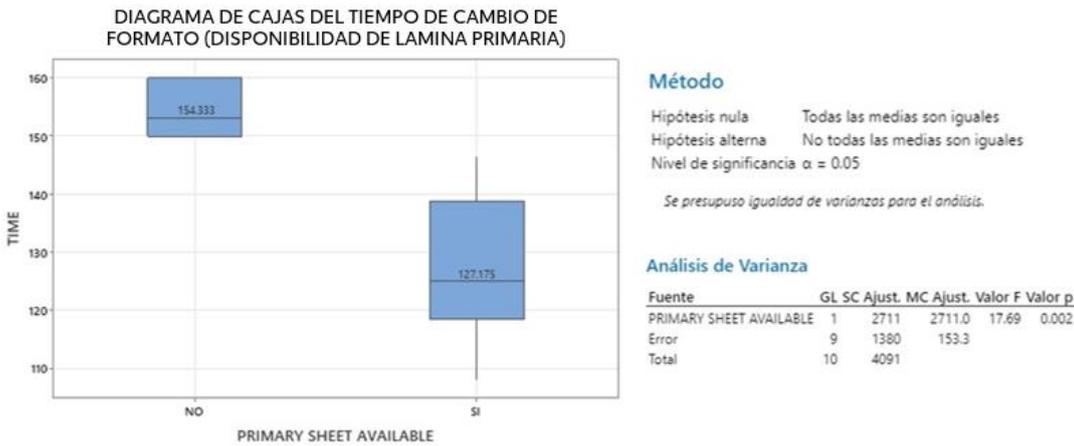


Figura 2.11 ANOVA Disponibilidad de lámina primaria

[Fuente: Elaboración propia]

En la Figura 2.12 se comparan los tiempos de cambio de formato cuando hay retraso en los permisos de trabajo contra los tiempos de cambio cuando no hay retraso. Se obtuvo un valor p de 0.008, lo que indica que los retrasos en los permisos de trabajo afectan significativamente a la variable de respuesta.

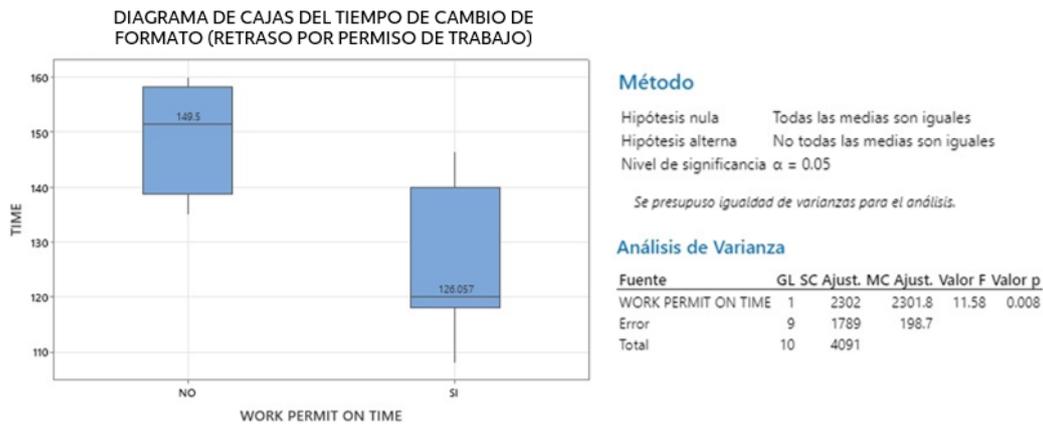


Figura 2.12 ANOVA Retraso por permiso de trabajo

[Fuente: Elaboración propia]

2.3.4. Análisis de causa raíz

Luego de realizar la verificación de las causas, con el equipo de trabajo se procedió a utilizar la herramienta de los 5 porqués para identificar las causas raíz del problema. En la Tabla 2.7 se observa el desglose de cada causa hasta llegar a la causa raíz.

Tabla 2.7 Análisis de 5 porques

[Fuente: Elaboración propia]

No	Causa potencial	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Causa raíz
1	Tareas de limpieza durante el cambio	El sistema de dosificación se llena con polvo en cada corrida del producto	La caja de carga no cubre completamente el vaso dosificador		La caja de carga no cubre completamente el vaso dosificador
		El operador tiene que esperar para usar la máquina aspiradora.	La aspiradora está llena durante el cambio	Los operadores no vacían la aspiradora con frecuencia.	Los operadores no vacían la aspiradora con frecuencia.
2	Se deben cambiar varios componentes de la máquina de sellado.	Es necesario cambiar todo el bloque de sellador y las cucharas durante el cambio de formato			Es necesario cambiar todo el bloque de sellador y las cucharas durante el cambio de formato
3	La lámina primaria no está disponible durante el cambio de formato	El operador del montacargas no lleva la lámina primaria al área de empaque	El operador del montacargas no sabe si hay un desfase en el plan de producción	No existe una comunicación asertiva entre el operador del montacargas y los coordinadores de producción	No existe una comunicación asertiva entre el operador del montacargas y los coordinadores de producción
4	Las tareas se realizan con la máquina parada				Las tareas se realizan con la máquina parada
5	Retraso por permisos de trabajo	El operador tiene que buscar al coordinador para firmar el permiso de trabajo	Los permisos de trabajo no se emiten a tiempo.		Los permisos de trabajo no se emiten a tiempo.

Finalmente se logró identificar 6 causas raíz:

1. La caja de carga no cubre completamente el vaso dosificador.
2. Los operadores no vacían la aspiradora con frecuencia.
3. Es necesario cambiar todo el bloque de sellador y las cucharas durante el cambio de formato.
4. No existe una comunicación asertiva entre el operador del montacargas y los coordinadores de producción.
5. Las tareas se realizan con la maquina parada.
6. Los permisos de trabajo no se emiten a tiempo.

2.4. Etapa de mejora

2.4.1. Soluciones propuestas

Luego de haber identificado las causas raíz, se realizó un taller con el equipo de trabajo para recolectar propuestas de mejora para cada una de las causas. La cuales luego fueron evaluadas por cada uno de los miembros del equipo y se decidió escoger las de mayor puntaje. En la Tabla 2.8 se observa que la propuesta con mejor puntuación por parte del equipo es expandir el radio de la caja de carga.

Tabla 2.8 Propuestas de mejora para la causa 1

[Fuente: Elaboración propia]

Causa raíz = La caja de carga no cubre completamente el vaso dosificador.						
No	Propuesta de mejora	Ingeniera de procesos	Coordinador de producción	Planificador de mantenimiento	Coordinador de mantenimiento	Total
1	Expandir el radio de la caja de carga	5	4	4	4	17
2	Mandar a fabricar una nueva caja de carga	0	0	2	2	4
3	Conectar la caja de carga a una fuente de aspiración	2	2	1	1	6

En la Tabla 2.9 se observa que las 2 propuestas de mejora son consideradas factibles. Con estas mejoras se espera reducir el tiempo de limpieza del sistema dosificador de 8 minutos a 2 minutos.

Tabla 2.9 Propuestas de mejora para la causa 2

[Fuente: Elaboración propia]

Causa raíz = Los operadores no vacían la aspiradora con frecuencia.						
No	Propuesta de mejora	Ingeniera de procesos	Coordinador de producción	Planificador de mantenimiento	Coordinador de mantenimiento	Total
1	Estandarizar el proceso de vaciar la máquina aspiradora y establecer una frecuencia fija	5	5	5	5	20
2	Proveer a la línea de una máquina aspiradora propia	4	4	3	3	14

En la Tabla 2.10 se observa que la propuesta con mayor puntuación por parte del equipo es implementar un ajuste rápido para el bloque sellado y las cucharas. Con esto se espera reducir el tiempo de este ajuste de 17 minutos a 4 minutos.

Tabla 2.10 Propuestas de mejora para la causa 3

[Fuente: Elaboración propia]

Causa raíz = Es necesario cambiar todo el bloque de sellador y las cucharas durante el cambio de formato.						
No	Propuesta de mejora	Ingeniera de procesos	Coordinador de producción	Planificador de mantenimiento	Coordinador de mantenimiento	Total
1	Implementar un ajuste rápido para el bloque sellador y las cucharas	4	4	4	4	16
2	Mecanizar el bloque sellador en forma de cola de milano para facilitar el acople y desacople del bloque durante el cambio de formato	2	2	3	2	9

En la Tabla 2.11 se observa que la propuesta con mayor puntuación por parte del equipo es compartir las actualizaciones del plan de producción con el operador de montacargas a través del grupo de WhatsApp con el equipo de producción. Con esto se espera eliminar la espera por falta de lámina.

Tabla 2.11 Propuestas de mejora para la causa 4

[Fuente: Elaboración propia]

Causa raíz = No existe una comunicación asertiva entre el operador del montacargas y los coordinadores de producción.						
No	Propuesta de mejora	Ingeniera de procesos	Coordinador de producción	Planificador de mantenimiento	Coordinador de mantenimiento	Total
1	Compartir las actualizaciones en el plan de producción con el operador del montacargas a través de WhatsApp	5	4	5	5	19
2	Que el operador de la línea avise al operador del montacargas cuando se va a terminar la producción	1	3	1	2	7

En la Tabla 2.12 se observa que para la causa de los permisos no emitidos a tiempo se consultó con el equipo de SHE y se estableció que al actualizar los Análisis de Tareas Riesgosas y con la correcta capacitación y difusión del ATR se eliminarían los permisos de trabajo para el cambio de formato.

Tabla 2.12 Propuesta de mejora para la causa 6

[Fuente: Elaboración propia]

Causa raíz = Los permisos de trabajo no se emiten a tiempo.						
No	Propuesta de mejora	Ingeniera de procesos	Coordinador de producción	Planificador de mantenimiento	Coordinador de mantenimiento	Total
1	Actualizar el ATR del proceso de cambio y capacitar a los operadores en materia de seguridad.	5	5	5	5	20

2.4.2. Implementación

2.4.2.1. SMED Fase 1: Exteriorizar

De las 68 tareas realizadas en el cambio de formato se logró exteriorizar 10 de ellas. En la Tabla 2.13 se detalla cada una de las tareas.

Tabla 2.13 Exteriorización de tareas de cambio de formato

[Fuente: Elaboración propia]

Tareas del cambio de formato		Interna a Externa Se puede externalizar? (Si/No)	Interna a Externa Describir como
No:	Descripción de la tarea		
1	Colocar la cinta de seguridad en el área de trabajo	Si	Colocar la cinta de seguridad antes de terminar la producción
2	Ubicar la manguera de aspiración junto al sistema dosificador y encender la maquina aspiradora	Si	Encender la maquina aspiradora y colocar la manguera junto al sistema dosificador antes de terminar la producción
3	Limpiar los vasos macho y hembra que van a ser utilizados	Si	Realizar la limpieza de vasos dosificadores diariamente junto al plan de mantenimiento autónomo
4	Vaciar la maquina aspiradora	Si	Vaciar la maquina aspiradora diariamente en el turno de la noche
5	Colocar lamina primaria en carro transportador y llevarla a la envasadora	Si	Transportar la lámina primaria y colocarla junto al sistema de desbobinado antes de acabar la producción
6	Colocar lamina secundaria en carro transportador y llevarla a la enfardadora	Si	Transportar la lámina secundaria y colocarla junto al sistema de desbobinado antes de acabar la producción
7	Llevar la bobina hasta la balanza	Si	Realizar la devolución de material al terminar el cambio de formato
8	Pesar la bobina y registrar el peso	Si	Realizar la devolución de material al terminar el cambio de formato
9	Llevar la bobina hasta la balanza	Si	Realizar la devolución de material al terminar el cambio de formato
10	Pesar la bobina y registrar el peso	Si	Realizar la devolución de material al terminar el cambio de formato

2.4.2.2. SMED Fase 2: Agilizar

Luego de haber externalizado las tareas, se procedió a agilizar las mismas utilizando la herramienta de ECRS. En la Figura 2.13 se observa el antes y el después de haber expandido la caja de carga en el sistema dosificador. Antes había una fuga de detergente que provocaba una contaminación en todo el sistema dosificador. Sin embargo, con la expansión de la caja de carga se logró hermetizar el sistema y eliminar esta fuente de

contaminación. Con ello se logró reducir el tiempo que tomaba la tarea de limpiar y aspirar el sistema dosificador de 8 minutos a 2 minutos.



Figura 2.13 Antes y después de expandir la caja de carga en el sistema dosificador

[Fuente: Elaboración propia]

En la figura 2.14 se observa el antes y después de implementar un ajuste rápido para el acople y desacople de las cucharas. Antes el operador debía desacoplar todo el bloque sellador para sacar las cucharas. Sin embargo, con la implementación del ajuste rápido ahora solo se debe girar la palanca de ajuste y sacar las cucharas. Logrando así disminuir el tiempo de esta actividad de 17 minutos a 4 minutos.



Figura 2.14 Antes y después de implementar un ajuste rápido para las cucharas

[Fuente: Elaboración propia]

En la Figura 2.15 se observa el ATR del cambio de formato actualizado, el cual fue difundido con los operadores. Además, se realizó una capacitación por parte del equipo de SHE sobre el correcto procedimiento de loteo antes de realizar el cambio de formato. Con esto se logró eliminar el proceso de firma de permisos de trabajo.

SHEQ de riesgo		Título de la Obra o Trabajo: Cambio de formato en la enfardadora	
Análisis de Riesgos Ocupacionales ATR 018 A		Fecha de ejecución obra: Diciembre 2022	Firma y aclaración del Ejecutante: Cesar Villalones
Localización de la Obra: Packing – Envasado enfardadora EPA 50	Fecha ejecución ATR: Diciembre 2022	Realizado por: Cesar Villalones	
Peligros Especiales o Principales: Golpes, caídas a igual y distinto nivel, corte, salpicadura, dermatitis, riesgo ergonómico, atrapamiento.			
Consideraciones especiales relacionadas con el sistema de detección y alarma: NA			
Equipo de Protección Personal Recomendado o Requerido: ropa de trabajo, calzado con puntera de acero, Gafa de seguridad, casco con barboquejo, guantes KPG, protección facial cuando aplique, Respirador.			
Pasos Básicos de la Obra/Trabajo	Peligros Potenciales o Existentes	Medidas Preventivas Recomendadas	
Observación: En la realización de todas las tareas debe confeccionarse el permiso de trabajo correspondiente, coordinar acciones con las áreas afectadas y con otros contratistas que trabajen en el área. Asimismo, se asume que el personal ha sido capacitado en seguridad industrial por la empresa proveedora según lo prevé la legislación vigente.			
Preparación del área de trabajo	Caída a mismo nivel Corte	<ul style="list-style-type: none"> Restringir acceso al área de trabajo con cinta de seguridad. Difusión del ATR Inspección previa de Herramientas LOTO en válvula de aire comprimido y tornacombos de enfardadora Uso de gafas, zapatos, casco con barboquejo, guantes KPG y respirador 8210 Mantener orden y limpieza. Realizar movimientos coordinados. Realizar Check list de aspiradora 	
Cambio de boquilla y ajuste del sistema bloqueador y posicionador	Caída a distinto nivel Golpes Salpicadura Dermatitis	<ul style="list-style-type: none"> Verificar que el equipo este con bloqueo y etiquetado Uso de gafas, zapatos, casco con barboquejo, guantes KPG y respirador 8210 Subir la escalera con las manos libres para poder acceder a la parte alta aparato con las dos manos. 	
Ajuste de banda colectora y compresora	Caída a distinto nivel	<ul style="list-style-type: none"> Verificar que el equipo este con bloqueo y etiquetado Uso de gafas, zapatos, casco con barboquejo, guantes KPG y respirador 8210 Verificar que la escalera este limpia y no este resbalosa y si esta proceder a limpiar Verificar que los peldaños de la escalera estén en condiciones óptimas. 	
Deslizamiento de hombrea	Caída a distinto nivel Riesgo ergonómico Golpe Atrappamiento Resbalamiento	<ul style="list-style-type: none"> Verificar que el equipo este con bloqueo y etiquetado Uso de gafas, zapatos, casco con barboquejo, guantes KPG y respirador 8210 Revisar la hombrea a instalar que este con la línea de sujeción Revisar los seguros de los rieles Verificar condiciones básicas del riel Verificar que el riel este con lubricación antes del deslizamiento. Verificar que el teclé se encuentre en la línea de sujeción de la hombrea. Revisar la SOP (GUA-ENV-SOP-14) que se encuentra adjunta a la enfardadora 	
Cambio de lámina secundaria	Riesgo secundario Corte	<ul style="list-style-type: none"> Verificar que el equipo este con bloqueo y etiquetado Uso de gafas, zapatos, casco con barboquejo, guantes KPG y respirador 8210 Utilizar el carro transportador para mover la lámina secundaria Utilizar la gata para sujetar la lámina secundaria Uso de estilete retráctil 	
Firma y aclaración Responsable Área	Firma y aclaración Responsable Trabajo	Departamento Seguridad Industrial & Ambiental	

Figura 2.15 ATR del cambio de formato

[Fuente: Elaboración propia]

2.5. Etapa de control

Se realizaron los procedimientos estándares de operación (SOP) y se los colocó junto a la línea de producción como ayuda visual para el operador.



Figura 2.16 SOP del proceso de cambio de hombrea

[Fuente: Elaboración propia]

En la Figura 2.16 se observa el SOP del proceso de cambio de hombrera en la enfardadora donde se detalla el paso a paso de la actividad a realizar.

Se realizó un plan de control para asegurar que las mejoras implementadas se mantengan a largo plazo. En la Tabla 2.14 se detalla cada una de las actividades de control, la persona responsable de la misma, la frecuencia con la que se debe realizar y el porqué de dicha actividad.

Tabla 2.14 Plan de control

[Fuente: Elaboración propia]

Plan de control					
#	¿Qué?	¿Quién?	¿Por qué?	¿Cuándo?	¿Dónde?
1	Revisar el cumplimiento semanal de la actividad de vaciar la máquina aspiradora	Ingeniera de procesos	Para controlar que se esté cumpliendo con los estándares de mantenimiento autónomo	Semanal	BuildApp
2	Registrar en BuildApp la realización de la actividad de vaciar la máquina aspiradora	Operador	Para que quede registro del cumplimiento de la actividad	Diario	BuildApp
3	Revisar el cumplimiento semanal de la actividad de limpieza de vasos dosificadores	Ingeniera de procesos	Para controlar que se esté cumpliendo con los estándares de mantenimiento autónomo	Semanal	BuildApp
4	Registrar en BuildApp la realización de la actividad de limpieza de vasos dosificadores	Operador	Para que quede registro del cumplimiento de la actividad	Diario	BuildApp
5	Revisar que las SOP se encuentren junto al área de trabajo y que los operadores realicen el procedimiento en base a lo establecido en la SOP	Coordinador de producción	Para controlar que se esté cumpliendo con el procedimiento estándar	Semanal	Envasado
6	Revisar el estado de la caja de carga y de los ajustes rápidos durante el mantenimiento mensual	Coordinador de mantenimiento	Para establecer una nueva frecuencia de mantenimiento	Mensual	Envasado

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Tiempo de cambio de formato

Con la implementación de la metodología SMED se logró externalizar 10 de las 68 tareas realizadas durante el cambio de formato, se eliminaron 4 tareas y se redujeron 2 tareas. En la Figura 3.1 se observa los tiempos de cambio de formato de la línea C de 320 gramos a 5 kilogramos desde el mes de enero del 2022 a noviembre del 2022, con un tiempo promedio de 139 minutos.

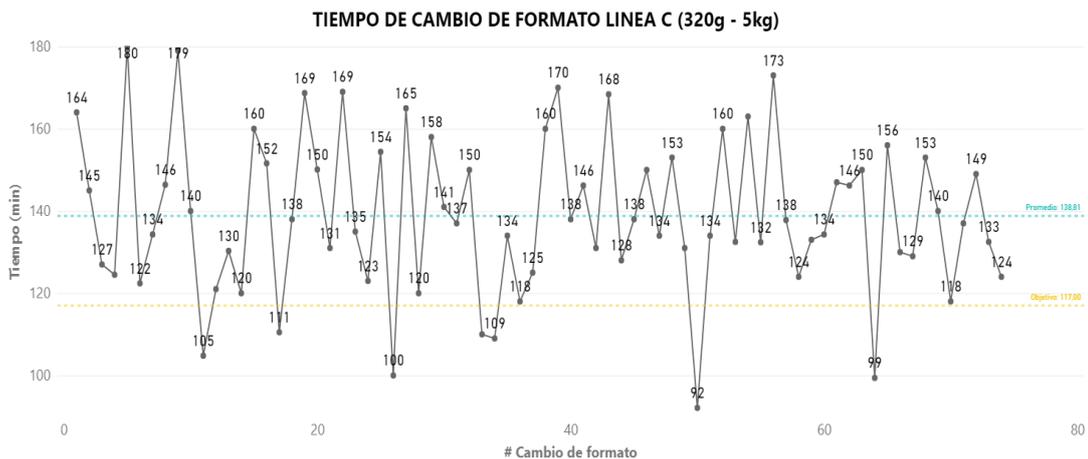


Figura 3.1 Tiempo de cambio de formato de 320g a 5kg de enero 2022 a noviembre 2022

[Fuente: Elaboración propia]

En la Figura 3.2 se observa los tiempos de cambio de formato de la línea C de 320 gramos a 5 kilogramos desde el mes de diciembre del 2022 a enero del 2023, con un tiempo promedio de 111 minutos. Es decir, en los últimos 2 meses se logró una reducción de 28 minutos en el tiempo promedio de cambio de formato, logrando superar el objetivo propuesto de 117 minutos.

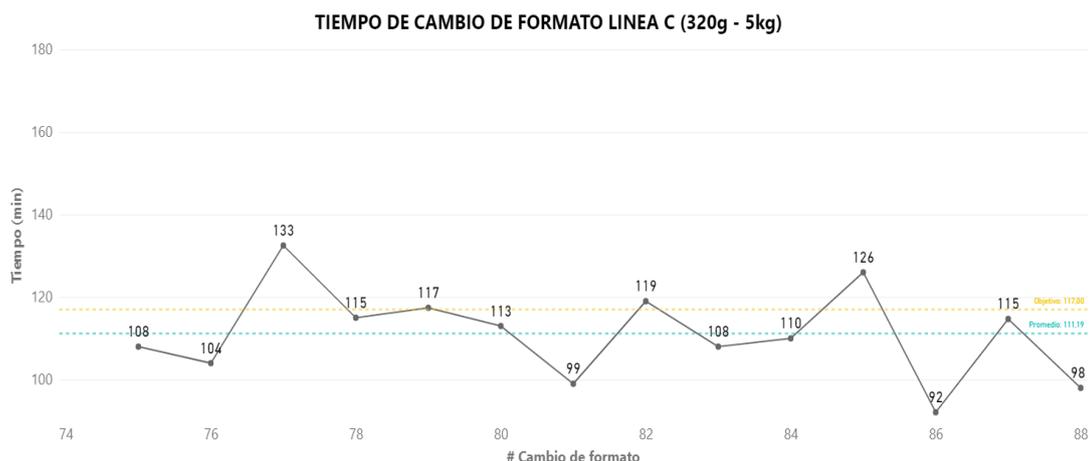


Figura 3.2 Tiempo de cambio de formato de 320g a 5kg de diciembre 2022 a enero 2023

[Fuente: Elaboración propia]

Se realizó una prueba de hipótesis para comprar los tiempos de cambio de formato de la línea C de 320 gramos a 5 kilogramos del año 2022 con los tiempos de los 2 últimos meses. En la Figura 3.3 se observa los resultados del ANOVA de 1 factor realizado, donde se obtuvo un valor p de 0. Lo cual indica que estadísticamente existe una diferencia entre el tiempo promedio del cambio de formato del año 2022 con el de los últimos 2 meses. Es decir, se logró reducir el tiempo promedio de cambio de formato.

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
 Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	Ajust. MC	Ajust. Valor F	Valor p
Type	1	8978	8977.9	27.14	0.000
Error	86	28447	330.8		
Total	87	37425			

Figura 3.3 ANOVA de 1 factor para comparar los tiempos de cambio de formato

[Fuente: Elaboración propia]

3.2 Triple bottom line

- En el aspecto económico, se obtuvo un incremento en la eficiencia mensual de la línea de 2,16%, generando un ahorro por disminución de horas extras equivalente a \$4300 al año.
- En el aspecto ambiental, se obtuvo una reducción del 100% de la utilización de hojas de papel durante el cambio de formato. Pasando de utilizar aprox. 200 hojas mensuales a 0.
- En el aspecto social, se obtuvo una reducción de las actividades realizadas durante el cambio de formato del 6%.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se identificaron las causas raíz del problema mediante la herramienta de los 5 porqués, lo que permitió generar propuestas de mejora de alto impacto.
- Se eliminaron 4 tareas y se redujeron 2 tareas mediante la implementación de la herramienta ECRS, con esto no solo se redujo el tiempo de cambio de formato, sino que también se redujo la carga de trabajo de los operadores en un 6%.
- En conclusión, con la implementación de la metodología SMED se logró reducir el tiempo promedio del cambio de formato en la línea c de 320g a 5kg en 28 minutos. Generando un incremento en la eficiencia mensual de la línea equivalente a 2.16%. Lo que representa un ahorro de \$4300 al año para la planta.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda evaluar la implementación de ajustes rápidos para las tareas de ajuste de soporte de hombrera y fijación de hombrera a la base, la cuales quedaron pendientes de cotización. Con esto se podría disminuir aun más el tiempo de cambio de formato en aproximadamente 7 minutos.
- Se recomienda continuar con la renovación de controles visuales de los ajustes con la ayuda de un contratista, para garantizar la vida útil de los mismos.
- Se recomienda replicar las mejoras implementadas en la línea C en las demás líneas de producción.

BIBLIOGRAFÍA

- Afonso, M., Gabriel, A. T., & Godina, R. (2022). Proposal of an innovative ergonomic SMED model in an automotive steel springs industrial unit. *Advances in Industrial and Manufacturing Engineering*, 4, 100075.
- Kulkarni, T., Toksha, B., Shirsath, S., Pankade, S., & Autee, A. (2022). Construction and Praxis of Six Sigma DMAIC for Bearing Manufacturing Process. *Materials Today: Proceedings*.
- Kumar Phanden, R., Sheokand, A., Kumar Goyal, K., Gahlot, P., & Ibrahim Demir, H. (2022). 8Ds method of problem solving within automotive industry: Tools used and comparison with DMAIC. *Materials Today: Proceedings*, 65, 3266–3272.
- Silva, A., Sá, J. C., Santos, G., Silva, F. J., Ferreira, L. P., & Pereira, M. T. (2020). Implementation of SMED in a cutting line. *Procedia Manufacturing*, 51, 1355–1362.
- Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 238, 590–596.
- Vieira, T., Sá, J. C., Lopes, M. P., Santos, G., Félix, M. J., Ferreira, L. P., . . . Pereira, M. T. (2019). Optimization of the cold profiling process through SMED. *Procedia Manufacturing*, 38, 892–899.