



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Gestión Industrial

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA *SMED* PARA MEJORAR EL INDICADOR EN LA
REALIZACIÓN DE CAMBIOS DE MOLDURAS EN VIDRIERA GUATEMALTECA, S. A.**

Ing. Luis Renato Vanegas Canjura

Asesorado por el M.A. Ing. Edwin Herminio Valdez Buenafé

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA *SMED* PARA MEJORAR EL INDICADOR EN LA
REALIZACIÓN DE CAMBIOS DE MOLDURAS EN VIDRIERA GUATEMALTECA, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ING. LUIS RENATO VANEGAS CANJURA

ASESORADO POR EL M.A. ING. EDWIN HERMINIO VALDEZ BUENAFÉ

AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ LA PREDEFENSA DE TESIS

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
EXAMINADORA	Dra. Licda. Aura Marina Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA *SMED* PARA MEJORAR EL INDICADOR EN LA REALIZACIÓN DE CAMBIOS DE MOLDURAS EN VIDRIERA GUATEMALTECA, S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 1 de marzo de 2016.

Ing. Luis Renato Vanegas Canjura



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 - 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

DTG. 695.2021.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA MEJORAR EL INDICADOR EN LA REALIZACIÓN DE CAMBIOS DE MOLDURAS EN VIDRIERA GUATEMALTECA, S. A.**, presentado por el Ingeniero: **Luis Renato Vanegas Canjura**, estudiante de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2021.

AACE/asga



Guatemala, noviembre de 2021

LNG.EEP.OI.135.2021

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA MEJORAR EL INDICADOR EN LA REALIZACIÓN DE CAMBIOS DE MOLDURAS EN VIDRIERA GUATEMALTECA, S. A.”

presentado por **Luis Renato Vanegas Canjura** quien se identifica con carné **8511953** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Gestión industrial** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director



**Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería**

Guatemala, 03 de julio de 2021

Maestro
Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente.

Estimado Mtro. Álvarez:

Por este medio le informo que he revisado y aprobado el **informe final** del trabajo de graduación titulado: **“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA MEJORAR EL INDICADOR EN LA REALIZACIÓN DE CAMBIOS DE MOLDURAS EN VIDRIERA GUATEMALTECA, S.A.”** Del estudiante Luis Renato Vanegas Canjura, del programa de Maestría en **Artes en Gestión Industrial**.

Con base en la evaluación realizada hago constar la originalidad, calidad, validez, pertinencia y coherencia según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobados por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Cumpliendo tanto en su estructura como en su contenido, por lo cual el protocolo evaluado cuenta con mi aprobación.

“Id y Enseñad a Todos”



M.A. Carlos Humberto Aroche Sandoval
Coordinador de Gestión Industrial
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

Guatemala, Abril 2021.

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí

Director

Escuela de Estudios de Postgrado

Presente.

Estimado M.A. Ing. Álvarez Cotí

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: **“APLICACIÓN DE LA METOLOGÍA SMED PARA MEJORAR EL INDICADOR EN LA REALIZACIÓN DE CAMBIOS DE MOLDURAS EN VIDRIERA GUATEMALTECA, S.A.”** del estudiante Ing. **LUIS RENATO VANEGAS CANJURA** del programa de Maestría en **Gestión Industrial**, identificado con número de carné: **85-11953**.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



MA. Ing. Edwin H. Valdéz Buenafé

Colegiado No. 6,437

Asesor de Tesis

Edwin H. Valdez B. MA.
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 6,437

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el guía supremo que me ha bendecido a lo largo de esta travesía que culmina con éxito.
- Mis padres (q. e. p. d.)** PEM. Luis Antonio Vanegas Vásquez y PEM. Nora Lucía del Carmen Canjura Urrutia de Vanegas, por su apoyo incondicional y fuente de orientación e inspiración permanente.
- Mis hermanos** Aldo Ulises Vanegas Canjura y Alan Estuardo Vanegas Canjura (q. e. p. d.), por ser mis mejores y más grandes amigos.
- Mi esposa** Licda. TS. Silvia Dalila Guerra Prado de Vanegas, por todo su amor, comprensión y paciencia. Te amo mucha vida mía.
- Mis hijas** Ashley Dalybeth, Kira Nazely y Darcy Nayzeth Vanegas Guerra, hermosos tesoros que Dios me ha regalado y que han sido objeto de mi compromiso de superación.
- Mis tíos y tías** Por ser importantes influencias en mi vida, en especial Mirna Canjura Urrutia (q. e. p. d.) y Jorge Mario Vanegas Vásquez (q. e. p. d.).

**Mi promoción de
bachillerato**

Por estar allí y compartir momentos importantes en mi vida que moldearon mi carácter y compromiso.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Alma máter que perdurará por siempre en mi vida.
Facultad de Ingeniería	Fuente inagotable de conocimiento adquirido y que cambió mi vida con creces y recompensas.
Msc. Ing. César Akú Castillo	(q. e. p. d.) Gran amigo quien me motivó para conseguir el logro de esta meta.
Vidriera Guatemalteca S. A.	Fuente de desarrollo, crecimiento y formación profesional invaluable.
Msc. Lic. Otto Rogelio Díaz Beteta	Por todo el apoyo y consejos oportunamente recibidos en mi carrera profesional.
Mi Asesor	MA. Ing. Edvin Valdéz Buenafé, por brindarme siempre su soporte incondicional en esta nueva etapa de mi formación académica.
Dra. Aura Marina Rodríguez	Por brindarme tanto su clara orientación, así como la motivación oportuna para este nuevo peldaño en mis estudios, sin su participación sencillamente esto no hubiera sido posible.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XVII
OBJETIVOS.....	XXI
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXVII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Reseña Histórica de la compañía Vidriera Guatemalteca, S.A.....	1
1.2. Misión	2
1.3. Visión.....	3
1.4. Portafolio de productos.....	4
1.5. Principales indicadores productivos de la industria del vidrio.....	7
1.5.1. <i>Pack to melt</i>	7
1.5.2. <i>Pack to melt</i> primeras 24 horas (eficiencia de cambios de moldura/Wiegand)	8
1.6. Proceso de manufactura del vidrio	9
1.6.1. Materias primas	9
1.6.2. Fundición	12
1.6.3. Formado	15
1.6.4. Revisión, empaque y producto terminado	22

1.7.	Cambio de moldura.....	26
1.7.1.	Descripción del procedimiento de cambios de molduras.....	27
1.7.2.	Junta de planeación	30
1.7.3.	Tipos de cambios de moldura	34
1.8.	Metodología <i>SMED</i>	41
1.8.1.	Orígenes.....	42
1.8.2.	Etapas para la Implementación de <i>SMED</i>	42
1.8.2.1.	Forme un grupo de mejora	43
1.8.2.2.	Analice las operaciones del cambio.....	44
1.8.2.3.	Elimine las tareas innecesarias y Aplique 5S.....	46
1.8.2.4.	Convierta tareas internas en externas.....	47
1.8.2.5.	Mejora las tareas internas resultantes.....	48
1.8.2.6.	Mejora de las tareas externas resultantes.....	48
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	51
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	53
3.1.	Objetivo 1: Analizar las etapas claves en el tiempo de ejecución del cambio de moldura, mediante mediciones en campo de acuerdo con la metodología <i>SMED</i>	53
3.2.	Diagrama de operaciones existentes	53
3.2.1.	Diagrama de flujo	54
3.2.1.1.	Toma de tiempos de las operaciones...	58

3.2.2.	Revisión y tabulación de datos	60
3.3.	Objetivo 2: comprobar si las herramientas y maquinaria utilizadas por los operadores son las adecuadas para la correcta ejecución de los cambios de moldura.....	70
3.3.1.	Operaciones de desmontaje y montaje	71
3.3.2.	Condiciones de trabajo	77
3.3.3.	Condiciones de mecanismos	80
3.4.	Objetivo 3: desarrollar el programa de capacitación de los operadores de cambios de moldura para mejorar la ejecución de éstos.....	82
3.5.	Objetivo general: aplicación de la metodología <i>SMED</i> para mejorar el indicador en la realización de cambios de molduras en Vidriera Guatemalteca, S.A.	86
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	93
	CONCLUSIONES	103
	RECOMENDACIONES	105
	REFERENCIAS	107
	APÉNDICES	115

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS

1.	Eficiencia de cambios de moldura primer trimestre año 2016	XVIII
2.	Familia de envases alimenticios	5
3.	Familia de envases cerveceros	5
4.	Familia de envases soderos	6
5.	Familia de envases licoreros	6
6.	Arena sílice.....	10
7.	Sulfato de sodio.....	10
8.	Caliza	11
9.	Carbonato de sodio (<i>soda ash</i>)	11
10.	Sección transversal de un horno típico para vidrio tipo <i>end port</i>	13
11.	Vista del interior de un horno tipo <i>end port</i> , refinador y alimentadores....	14
12.	Vista canal alimentador de vidrio.....	15
13.	Vista de una máquina formadora de envases de vidrio.....	17
14.	Proceso soplo – soplo para envases de vidrio	18
15.	Moldes proceso: soplo-soplo.....	19
16.	Proceso prensa – soplo.....	20
17.	Proceso prensa – soplo boca angosta	21
18.	Horno de recocido para envases de vidrio	22
19.	Equipo automático para inspección de envases de vidrio	23
20.	Banda de retorno de cullet	24
21.	Bodegas de producto terminado	25
22.	Etapas generales del proceso de fabricación de envases de vidrio	26
23.	Personal realizando un cambio de moldura	29

24.	Piezas de moldura	35
25.	Orificio refractario para dosificar vidrio	36
26.	Equipo de entrega. Canales rectas, curvas y deflector	37
27.	Equipo de entrega canales rectas instalado en máquina	38
28.	Máquina produciendo tres envases a la vez. Triple cavidad	39
29.	Máquina produciendo un envase a la vez. Simple cavidad.....	40
30.	Diagrama de flujo de proceso	56
31.	Registro de tiempos frente 1 /S	59
32.	Registro de tiempos frente 2 LB formadora	59
33.	Registro de tiempos frente 3 LM formadora	60
34.	Ejemplo de registro de tiempos muertos en máquina formadora	60
35.	Tiempo de cambio físico en máquina (T1) febrero 2016.....	63
36.	Tiempo de carga de vidrio y corrección defectivo (T2) febrero de 2016 ...	64
37.	Tiempo total (TT) cambios de moldura febrero de 2016	64
38.	Tiempo de cambio físico (T1) Marzo de 2016.....	65
39.	Tiempo de carga de vidrio y corrección de defectivo (T2) marzo de 2016.	65
40.	Tiempo total cambio de moldura (TT) marzo de 2016	66
41.	Tiempo de cambio físico (T1) abril de 2016	66
42.	Tiempo de carga de vidrio y corrección de defectivo (T2) abril de 2016	67
43.	Tiempo de cambio físico en máquina (TT) abril de 2016	68
44.	Tiempo de cambio físico en máquina (T1) mayo de 2016	68
45.	Tiempo de carga de vidrio y corrección de defectivo (T2) mayo de 2016 ..	69
46.	Tiempo total de cambios de moldura (TT) mayo de 2016.....	70
47.	Juego de herramientas operadores y mecánicos del cambio de moldura .	72
48.	Elevador eléctrico.....	73
49.	Aspiradora industrial para limpieza de máquina.....	78
50.	Formato de inspección máquina formadora.....	80
51.	Muestra de pantallas del sistema para registro de las reparaciones de mecanismos	81

52.	Programa de capacitación personal grupo de cambios de moldura	82
53.	Tiempo total (TT), tiempo cambio físico (T1) y tiempo de acorrentamiento (T2).....	87
54.	Tiempo total de cambios de moldura (TT).....	88
55.	PTM 24 horas de eficiencia Wiegand.....	89
56.	Eficiencia Wiegand mensual enero-mayo 2016	90
57.	PTM 24 horas, cambios de molduras.....	102

TABLAS

I.	Operatividad de variables.....	XXIV
II.	Tiempos de cambios de moldura	61
III.	Pack to Melt carrera de producción y Pack to Melt 24 horas (eficiencia Wiegand).....	62
IV.	Actividades principales de los cambios de moldura	75
V.	Resultados evaluación inicial	83
VI.	Resultados evaluación final.....	85

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
\$	Dólares
%	Porcentaje
Q	Quetzales

GLOSARIO

Acorrentamiento	Término usado en la industria del vidrio para describir el momento en el cual la máquina formadora está siendo cargada con vidrio para iniciar una producción determinada.
Cambio de Moldura	Proceso desarrollado en una línea de producción, donde se realizan los ajustes requeridos para finalizar la producción de un artículo e iniciar con la fabricación de uno diferente en la misma línea para el efecto.
Eficiencia	Medición del nivel de aprovechamiento de los recursos utilizados, transformándose en productos o resultados deseados.
<i>know how</i>	Conocimientos que permiten a una compañía ofrecer su producto o servicio con un valor añadido para el consumidor.
<i>Lean Manufacturing</i>	Expresión que define el concepto de producción esbelta o libre de desperdicios, ajustada.
<i>Pack to Melt</i>	Indicador referente para la industria del vidrio, que describe la relación de la división de las toneladas de vidrio que se envían a la bodega en producto

terminado entre las toneladas de vidrio que se funden en el horno para el efecto.

PEPS

Consiste en realizar las salidas de productos de la empresa en el orden de primeras entradas, primeras salidas.

Seteos

Ajuste realizado por el usuario para que un equipo opere en determinado punto de trabajo requerido.

SMED

Metodología de mejoramiento del proceso que involucra cambio de matrices o moldes en una línea de producción, logrando reducir su tiempo de ejecución.

Wiegand

Planta fabricante de envases de vidrio de origen alemán y reconocida globalmente por su vanguardia tecnológica.

RESUMEN

El propósito de esta investigación es revertir el comportamiento que están registrando las eficiencias *Wiegand* como, indicador mensual de la ejecución de los cambios de moldura en Vidriera Guatemalteca, S.A., buscando definir los elementos que facilitarán el logro del indicador meta establecido por la organización; se muestran también los resultados que se alcanzaron y el análisis correspondiente de los susodichos.

El objetivo general consistió en la aplicación de la metodología *SMED* (*single minute exchange of dies*, o cambio de moldes en un minuto), para mejorar el desempeño logrado al momento del inicio de este trabajo de graduación, en la eficiencia de ejecución de los cambios de moldura en la Vidriera Guatemalteca, S. A., que califica esta importante actividad del negocio de fabricación de envases de vidrio.

El trabajo de graduación fue realizado con un enfoque mixto, que cubrió tanto la parte cuantitativa y también la cualitativa del proceso, revisando registros estadísticos y evaluaciones presenciales en cambios de moldura.

Se desarrolló la investigación con alcance y tipo explicativo, además, el diseño de la misma no contempló experimentos ni ensayos de laboratorio.

Como variables del proceso fueron agrupados los tiempos que componen las distintas etapas de ejecución de los cambios de moldura, es decir los tiempos de cambios, por el otro lado, como indicadores del proceso fueron agrupados los resultados de las eficiencias de ejecución de los cambios de moldura, o sea, los

valores de *pack to melt* medidos en las primeras 24 horas. Las variables y los indicadores descritos anteriormente son ambos del tipo cuantitativo, cubriendo también todas las rutinas de trabajo de realización de los cambios de moldura.

Fue posible establecer que el origen del problema, se ubicaba en la planificación de la realización de los cambios de moldura, etapa muy importante en donde se definen los principales factores que pueden afectar una buena ejecución.

Con la utilización del análisis de casos, se obtuvo directamente del personal que integra el equipo de cambios de moldura, la retroalimentación que permitió concretar la evaluación de resultados, al aportar mejoras eminentemente operativas que evita desperdicios o tiempos muertos.

Como resultados principales de la aplicación de la metodología *SMED*, se pudo establecer que el procedimiento que se aplicaba para la realización de los cambios de moldura era adecuado y no requirió modificaciones drásticas en cuanto a las rutinas para su ejecución, las herramientas que utilizan los operadores para realizar los cambios de moldura, son también adecuadas para el tipo de máquina con el que interactúan, además el acondicionamiento del vidrio para formar los envases, las molduras usadas para el efecto y sus respectivos montajes o equipos variables son los principales factores que define un exitoso cambio de molduras que cumpliera con la meta requerida por la organización.

En conclusión, con la aplicación de la metodología *SMED* se logró una mejora de la eficiencia de ejecución de los cambios de moldura, de 82.21 % a 85.80 %, siendo la meta requerida por la organización del 84.00 %.

Se recomienda continuar aplicando el resto de las técnicas que contiene la metodología *SMED*, al proceso de cambios de moldura de forma periódica, como

es el caso de las mejoras de las actividades resultantes, tanto internas como externas, para que se convierta esto en un proceso de búsqueda de mejora continua y sostenible para beneficio de la organización, de sus trabajadores y que seguramente contribuirá a que la planta alcance constantemente las metas requeridas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Descripción del problema

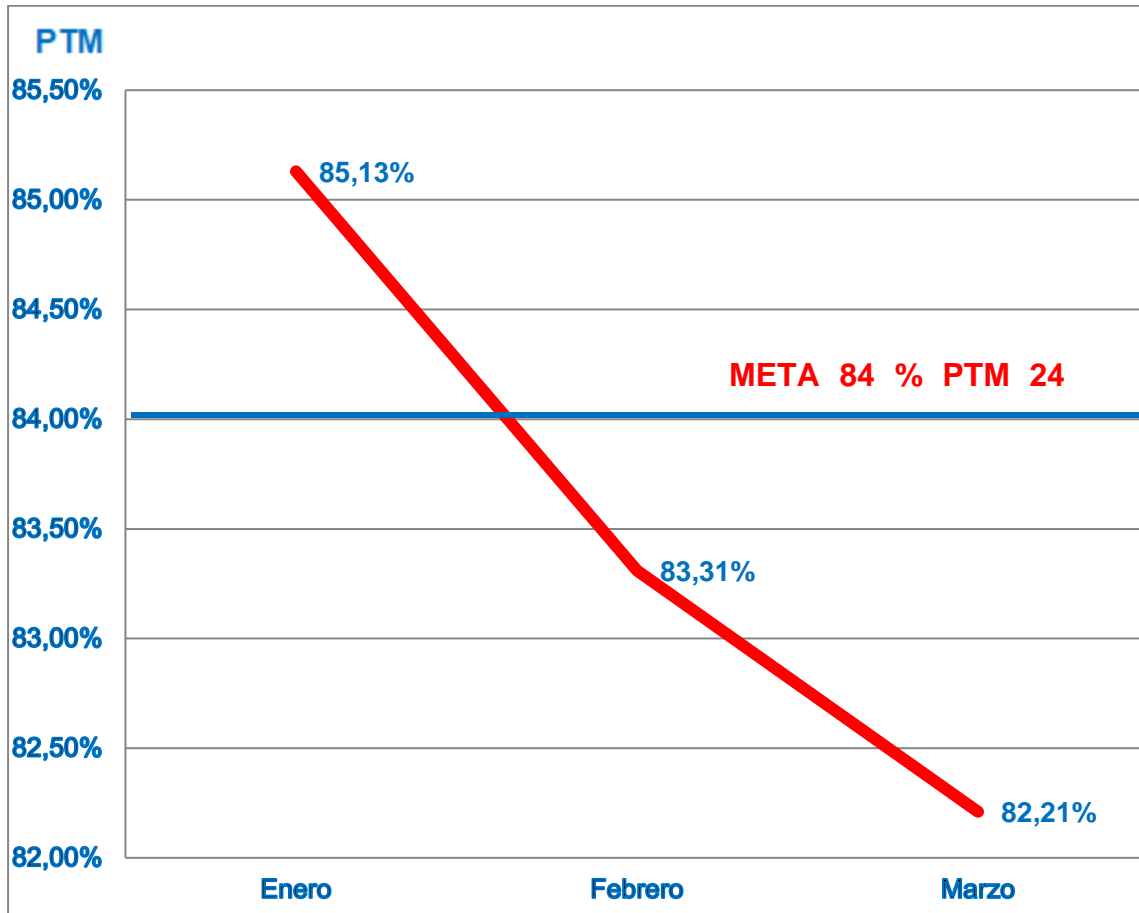
Los cambios de moldura o también cambios de artículos en las líneas de producción en la empresa, se han incrementado de 23 que se venían realizando en promedio a 40 cada mes, dado requerimiento del mercado que se atiende, por lo que su nivel de eficiencia de ejecución ha sufrido un detrimento que va de un 85.13 % real a 82.21 %, como se puede apreciar de muy buena forma en la figura 1, generando una afectación directa a la productividad y competitividad de la empresa, siendo la meta establecida por la compañía de 84 % *pack to melt* en las primeras 24 horas de realización del cambio o eficiencia *Wiegand*.

Aunado a lo anterior, las entregas de producto a los clientes se ven afectadas debido a los atrasos que genera el no cumplimiento de los estándares de producción sobre los cuales se realiza la planeación de los despachos a los clientes, por lo que también el servicio se ve impactado.

El recibir un incremento de cerca del 70 % en el programa productivo mensual, de cambios de molduras para los departamentos involucrados en la ejecución, también ha representado un volumen de trabajo importante que pudo haber ocasionado caer en prisas, improvisaciones y potenciales errores que pudiesen haber conducido a incrementos en los tiempos de ejecución de los cambios, castigando el desempeño de sus eficiencias de realización.

La figura 1, presenta de forma muy evidente el detrimento en las eficiencias de ejecución de los cambios de moldura en el inicio del año 2016.

Figura 1. Eficiencia de cambios de moldura primer trimestre año 2016



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Basado en el análisis preliminar que se ha podido realizar mediante el acceso a registros de estadística del indicador de ejecución de los cambios de moldura del año 2015 y también en observaciones en el campo de trabajo de la planta, fue posible identificar áreas de oportunidad importantes dentro del proceso de realización de los cambios de moldura, las cuales se acrecentan debido al incremento de los eventos mensuales.

El aumento sustancial de la carga de trabajo para el equipo de personas que analiza, prepara y realiza los cambios de moldura, pudiese estar incidiendo en la falta de acción sobre los detalles que deberían corregirse de una forma expedita, ocasionando que éstos no sean atendidos correctamente, convirtiéndose entonces en rutinas catalogadas como normales para el personal, por lo que su atención se centra únicamente en atender el requerimiento inmediato y no estudiar la corrección de raíz de la problemática. Esto seguramente está generando demoras en la producción o desviaciones de las condiciones adecuadas de trabajo, lo que está provocando la fabricación de productos no conformes que afectan igualmente los niveles de productividad y competitividad de la empresa.

Para ofrecer soluciones a esta condición en planta se utilizará la metodología *SMED*, pues ésta permitirá realizar análisis a nivel de cada actividad y también al proceso completo, que tiene que ver con la ejecución de los cambios de moldura, pudiendo, por tanto obtenerse propuestas de acciones que pudieran implementarse y revisar su funcionamiento para el cumplimiento de las demandas a las que está sujeto el sistema productivo.

- Pregunta Central:

¿Al utilizar la metodología *SMED*, se podrá mejorar el indicador de la realización de los cambios de moldura en la Vidriera Guatemalteca, S. A?

- Preguntas de investigación:
 - ¿Cuáles son las operaciones claves del cambio de moldura?
 - ¿Son las herramientas y la maquinaria en uso las más adecuadas para la correcta ejecución de los cambios de moldura?
 - ¿Cómo capacitar al personal para empoderarlos en los cambios de moldura?

OBJETIVOS

General

Aplicar la metodología *SMED* para mejorar el indicador en la realización de cambios de molduras en la Vidriera Guatemalteca, S. A.

Específicos

- Analizar las etapas clave en el tiempo de ejecución del cambio de moldura, mediante mediciones en campo de acuerdo con la metodología *SMED*.
- Comprobar si las herramientas y maquinaria utilizadas por los operadores, son las adecuadas para la correcta ejecución de los cambios de moldura.
- Desarrollar el programa de capacitación de los operadores de cambios de moldura, para mejorar la ejecución de éstos.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El trabajo de graduación fue realizado con un enfoque mixto; que cubrió tanto la parte cuantitativa, al tomar en consideración datos numéricos de los resultados de la ejecución de los cambios de moldura; así como, la parte cualitativa del proceso al realizar observaciones presenciales en los eventos de cambios, además fue posible entrevistar a los participantes del equipo de cambios.

Se desarrolló tanto el alcance como el tipo de la investigación, ambos explicativos, además se pudo tener un diseño no experimental, al buscar aplicar la metodología *SMED*, para la mejora en la realización de los cambios de moldura de la Vidriera Guatemalteca, S.A., pues no fueron necesarias pruebas de laboratorio ni la realización de experimentos.

Las variables utilizadas en esta investigación son de tipo cuantitativo, contemplando éstas las actividades de todas las rutinas de ejecución de los cambios de moldura, a cargo de los operadores del equipo de cambios y departamentos de servicio y sus tiempos de realización, además los indicadores que se aplicaron en el trabajo de investigación son también de tipo cuantitativo, consistiendo principalmente en el indicador de la ejecución de los cambios de moldura, para este caso el *pack to melt* en las primeras 24 horas de producción conocido también como eficiencia de *Wiegand*.

Las variables e indicadores pueden resumirse en la tabla I que se presenta a continuación:

Tabla I. Operatividad de variables

Objetivos	Variable	Indicador	Técnicas	Instrumentos
Analizar las etapas clave en el tiempo de ejecución del cambio de moldura, mediante mediciones en campo de acuerdo con la metodología <i>SMED</i> .	Tiempo de cambio de moldura	<i>pack to melt</i> 24 horas	Cronómetro Observación	Hojas de Empaque Diario
Comprobar si las herramientas y maquinaria utilizadas por los operadores son las adecuadas para la correcta ejecución de los cambios de moldura.	Tiempo de cambio de moldura.	<i>pack to melt</i> 24 horas /eficiencia de cambios de molduras.	Cronómetro, Observación, Diagrama de proceso, Entrevista.	Hojas de Empaque diario. Reporte de cambio de moldura.
Desarrollar el programa de capacitación de los operadores de cambios de moldura para mejorar la ejecución de los mismos.	Tiempo de cambio de moldura	<i>pack to melt</i> 24 horas	Sala de Capacitación Material referencial metodología <i>SMED</i>	Evaluaciones al inicio y al final de la capacitación

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Para la investigación, fue definido realizar cuatro fases de trabajo, en la primera fase se hizo la revisión documental, la evaluación de los cambios de moldura o evaluación situacional se trabajó en la segunda fase, para luego en la tercera fase evaluar las herramientas, maquinaria y las necesidades de capacitación para finalmente en la cuarta fase analizar los resultados para

mostrar las contribuciones positivas logradas con la aplicación de la metodología *SMED*.

La población se consideró seleccionando registros históricos desde Julio de 2015, de donde se pudo establecer que la planta de producción está realizando un promedio equivalente a 40 cambios mensuales. Siendo el caso que el tiempo estimado para la aplicación de la metodología *SMED* fue de cuatro (04) meses, se hace necesario estimar una muestra de cambios de moldura que serían analizados para determinar los avances y mejoras que pudiese generar la aplicación de *SMED* en el proceso de realización de los cambios de moldura.

La muestra para trabajar a lo largo de los cuatro meses en la prueba piloto sobre los cambios de moldura, se obtuvo con la siguiente ecuación:

Donde :

- n: tamaño de muestra.
- N: órdenes totales en el mes.
- v: desviación estándar de la población a un valor constante de 0.5.
- z: valor obtenido mediante niveles de confianza. Se toma en relación con el 95 % de confianza que equivale a 1.96.
- e: límite aceptable de error muestra que en el presente caso se tomará igual a 0.05.

$$n = \frac{Nv^2z^2}{(N-1)e^2 + v^2z^2}$$
$$n = \frac{40(0.5^2)(1.96^2)}{(40-1)(0.05^2) + (0.5^2)(1.96^2)} = 36.31$$

Se tomó por aproximación, un total de 36 cambios para realizar el estudio de rutinas y tiempos de ejecución en la Vidriera Guatemalteca, S. A.

El muestreo aplicado fue de tipo aleatorio y cuantitativo en función del programa de producción mensual disponible a cada inicio de mes, para tener lo más real posible la evaluación en sitio y profundizar el análisis.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de graduación exhibe las fases usadas para la aplicación de la metodología *SMED*, para mejorar la realización de cambios de molduras en Vidriera Guatemalteca, S.A. La investigación es una sistematización al procedimiento para la realización de los cambios de moldura, buscando elementos que facilitarán el logro del indicador meta definido por la organización, que es la eficiencia con la que se ejecutan los cambios de moldura, dado que se han enfrentado dificultades para cumplir esta meta, debido a situaciones derivadas del comportamiento del mercado que se atiende que obligan a incrementar los eventos mensuales.

La metodología de la investigación fue realizada con un enfoque mixto, considerando un alcance y una investigación ambos del tipo explicativo, el diseño se puede catalogar como no experimental, dado que no fueron necesarios ni pruebas de laboratorio ni experimentos para llevar a cabo la investigación; además fue posible entrevistar a los participantes del equipo de cambios, como complemento al análisis de variables. Fue posible trabajar y realizar adiciones y mejoras mínimas al procedimiento de cambios de moldura con que cuenta la empresa, aspecto que le permitirá enfrentar de mejor forma el proceso de los cambios de moldura.

El cambio de artículo en las líneas de producción de las empresas del ramo productivo es una actividad clave que les permite atender la demanda de sus productos en el mercado, por lo que es importante resaltar, que, si el desarrollo del cambio de artículo no es ejecutado dentro de valores meta establecidos, la competitividad de las empresas puede verse comprometida. La industria del

vidrio no es ajena a la realización de cambios de artículo o de molduras; sector que ha recibido una fuerte presión de su mercado natural en el área por tener más diversidad de artículos para atender la demanda de sus clientes, pasando de realizar aproximadamente 256 cambios anuales de artículos a cerca de 450 en el último año, repercutiendo severa y negativamente este incremento de cambios en el indicador que mide la ejecución de los cambios de moldura (*pack to melt* en las primeras 24 horas) y por consiguiente afectando la productividad de la planta.

Por las razones arriba indicadas, en este estudio se definió como objetivo general, el poder mejorar el indicador de ejecución de la realización de los cambios de moldura, pues como ha sido explicado previamente, es una actividad que cada año cobra más vigencia como una ventaja competitiva de la unidad de negocio.

Para el efecto, fue usada una metodología que, por su validez y efectividad permanece vigente, a pesar de haberse desarrollado hace ya varios años, y que fuera formulada en el Japón, implementada por Toyota, siendo esta la metodología *SMED* (cambio de matrices en minutos de dígito sencillo, por sus siglas en inglés: *single minute exchange of dies*), su aplicación en el proceso de realización de cambios de moldura, resultó provechosa por su capacidad para detectar áreas de mejora y de interés para la compañía.

Como grupo objetivo de la investigación, se seleccionó el equipo de personas que realizan los cambios de moldura en la empresa vidriera, a quienes se les impartió una capacitación para que pudiesen comprender en qué consiste la metodología *SMED*, sus etapas de implementación y sus potenciales contribuciones a la mejora. Seguidamente mediante la observación se tabuló

datos relacionados con tiempos de ejecución de cambios y su comportamiento respecto del indicador establecido por la organización para medir su desempeño.

Durante el estudio de campo, fueron usadas técnicas como la entrevista a los integrantes del equipo de cambios de moldura, generación de diagramas de operaciones, cuadros para toma de tiempos y análisis del herramental y maquinaria utilizados por el personal asignado a las distintas tareas que componen un cambio de moldura para evaluar áreas de oportunidad.

En el primer capítulo se presenta el marco teórico, el cual contiene el fuerte contenido sobre el cual se desarrolla la investigación, partiendo de una reseña histórica de la industria de vidrio en Guatemala, los principales indicadores operacionales que ha adoptado esta empresa, su proceso productivo, la explicación sobre en qué consisten los cambios de moldura y sus diferentes etapas, la metodología *SMED*, sus orígenes y las etapas que la conforman, mismas que se aplican a lo largo del desarrollo de este trabajo de graduación.

El segundo capítulo explica el desarrollo de la investigación, iniciando por analizar registros históricos de la realización de los cambios de moldura, cómo a partir de una muestra de cambios seleccionados al azar, se iría analizando las mejoras que el equipo de cambios pudiese aplicar de la metodología *SMED* para aportar mejoras al tiempo de ejecución, se realizó tomas de tiempos para comprobar que se estaba obteniendo el impacto esperado en el tiempo de ejecución de los cambios. El período de evaluación fue de 4 meses, tiempo en el cual se pudo evaluar el comportamiento de una muestra de 36 cambios de moldura seleccionados al azar.

Fue posible obtener datos y gráficas de comportamiento de los tiempos de ejecución de los cambios de moldura y sus respectivas interpretaciones.

En el tercer capítulo se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación de las evaluaciones, a las condiciones existentes que alojan los cambios de moldura, las herramientas usadas y las máquinas donde se llevan a cabo.

En el cuarto capítulo se realiza la discusión de los resultados obtenidos, además de realizar el análisis interno y externo de la investigación, que seguramente pueden contribuir de forma adicional al mejoramiento del proceso.

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se procede a la definición, ampliación y descripción de puntos que son muy relevantes para el trabajo de investigación.

1.1. Reseña Histórica de la compañía Vidriera Guatemalteca, S.A.

Luego de realizarse los correspondientes estudios y análisis de la demanda de envases de vidrio en la región centroamericana y del caribe, un grupo entusiasta de empresarios mexicanos y centroamericanos, tomaron la iniciativa de fundar una compañía dedicada a la manufactura de estos artículos que atendiera esa necesidad detectada.

Se tienen registros que la empresa fue fundada en el año 1964, iniciando las obras civiles y de infraestructura de servicios, para finalmente iniciar operaciones productivas en el año 1966, bajo el nombre de Centroamericana de Vidrio, S.A.

A lo largo del tiempo, la empresa tuvo paulatinamente crecimientos en su demanda, con motivo de la introducción de sus productos en el mercado tanto centroamericano como del caribe, aspecto que facilitó la decisión de la administración para ampliar la capacidad de producción inicial, de un horno de fundición de vidrio, hasta contar con 4 hornos en dado momento de su operación.

En el período que comprende los años 1986-1990, se enfrentaron diversas situaciones de índole laboral, que motivaron que la alta administración decidiera cerrar las operaciones por completo.

Transcurrido un año, se toma la decisión de habilitar nuevamente la operación de la planta, dando vida a lo que ahora se conoce como Vidriera Guatemalteca, S.A., iniciándose las operaciones en el año 1991 con un horno de fundición de vidrio, de donde con el transcurrir de los primeros dos años de operación se vio nuevamente la necesidad de contar con un segundo horno, el cual fue construido, comisionado y arrancado en el año 1993. Las instalaciones continúan con la capacidad para dos hornos de fundición de vidrio.

1.2. Misión

Como parte de la planeación estratégica que toda empresa seria debe desarrollar, la empresa ha conformado su misión de trabajo, la cual puede mostrarse de manera general a continuación:

La misión de la empresa es poder satisfacer competitivamente las necesidades de envases y cristalería de mesa del mercado centroamericano y de exportación, produciendo nuestras materias primas y comercializando productos afines y complementarios a las líneas de negocio sin deterioro del medioambiente. Nos preocupamos constantemente por asegurar la estabilidad, crecimiento y desarrollo del personal y de las empresas de la corporación; así como cumplir con los niveles de rentabilidad señalados mediante un proceso de mejoramiento continuo. (Vidriera Guatemalteca, 2012, p.1)

Es importante señalar que la misión define muy bien el rol del negocio de la compañía; además de resaltar que, como parte de la buena gestión de venta, la empresa se preocupa por conocer las necesidades de los clientes, para poder satisfacerlas a cabalidad y lograr la continuidad de las relaciones comerciales. Indudablemente esto ha sido baluarte, para que con el correr del tiempo la presencia de la planta en la región, siga influyendo de forma muy importante en el mercado de bebidas; así como, el compromiso ambiental que establece la organización para mantener controlado su impacto ambiental como resultado de sus operaciones, teniendo muy especial mención la operación de reciclaje de vidrio que se realiza en toda la región centroamericana y del caribe.

1.3. Visión

Al igual que para la misión, como parte de la administración estratégica necesaria para el éxito de los negocios, la empresa cuenta con una visión, que es la que se presenta en términos generales a continuación:

La visión de la empresa es lograr en el mercado centroamericano una posición de liderazgo en envases de vidrio y comercializar productos afines y complementarios que representen un negocio de interés, asumiendo la responsabilidad de conquistar el reconocimiento de proveedor confiable de alta calidad que no deteriora el medio ambiente y respaldado por un servicio eficiente, con el fin de dar el mayor grado de satisfacción al cliente. Como resultado de sus operaciones, la empresa deberá asegurar el óptimo beneficio a clientes, proveedores, personal, accionistas, comunidad y medio ambiente en los países de donde se haga negocio. La empresa será una que impulse la cultura de trabajo en equipo, interacción e innovación a fin de contribuir al mejoramiento continuo de su personal, de los sistemas, procesos y servicios. (Vidriera Guatemalteca, 2012, p.1)

El enunciar que se desea alcanzar una posición de liderazgo en una región, reafirma mucho de lo que una organización pretende en cuanto a su solidez y competitividad, así como establecer que en todo momento se mantendrá como pilar fundamental el asegurar el óptimo beneficio para las partes interesadas del emprendimiento (clientes, proveedores, personal, accionistas, comunidad, autoridades gubernamentales y el medio ambiente).

1.4. Portafolio de productos

La fábrica centra su capacidad de producción en la manufactura de envases de vidrio, para las principales industrias de las bebidas, siendo éstas: refrescos y cervezas, licores, alimentos y medicinales.

La industria de refrescos y cerveza tiene la más fuerte presencia en la región por su variedad climática, preponderantemente tropical y calurosa, con lo cual es el principal volumen del mercado seguido muy de cerca por la industria de licores, que si bien es cierto es levemente menor, es la que aporta las ventas más significativas por ser uno de los principales productos de exportación de muchos de los países que comprenden el mercado regional que se atiende, especialmente con la agroindustria del cultivo de caña de azúcar, de donde en la región se producen los rones que llegan a los principales mercados europeos y orientales.

Figura 2. **Familia de envases alimenticios**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

Figura 3. **Familia de envases cerveceros**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

Figura 4. **Familia de envases soderos**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

Figura 5. **Familia de envases licoreros**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

1.5. Principales indicadores productivos de la industria del vidrio

Partiendo del concepto de que una planta de vidrio opera las 24 horas de forma continua, debido a que sus hornos de fundición de materia prima son diseñados para operar así, la industria ha definido que la mejor forma de evaluar el desempeño de la planta de producción es haciendo un conteo a lo largo de 24 horas y poder hacer una comparación de los valores obtenidos contra lo que serían sus estándares de producción para el efecto. El indicador global por excelencia para evaluar una planta de producción de envases de vidrio se conoce por el *pack to melt*, empacar contra fundir por sus palabras del idioma inglés.

1.5.1. Pack to melt

Este indicador operativo toma en consideración el cociente entre la cantidad de toneladas equivalentes de vidrio de las botellas y demás artículos fabricados que son enviados a la bodega de producto terminado (es decir las que se encuentran aptas para su envío a los clientes) y que son divididas por las toneladas de materia prima que fueron alimentadas al horno, todo referido a una misma unidad de tiempo, pudiendo ser horas, días, meses o años. De allí su nombre en inglés (empacar contra fundir) expresado en porcentajes. Mientras más altos los valores, más eficiente será la planta de producción.

$$Pack\ To\ Melt = \frac{(Toneladas\ de\ artículos\ enviados\ a\ bodega)}{(Toneladas\ de\ materia\ prima\ alimentadas\ al\ horno)} * 100\ %$$

(Ecuación 1)

1.5.2. Pack to melt primeras 24 horas (eficiencia de cambios de moldura/Wiegand)

Es el indicador operativo que toma el cociente entre la cantidad de toneladas equivalentes de vidrio de las botellas y demás artículos que son enviados a la bodega de producto terminado, tomando en consideración una línea de producción solamente (la línea donde se realiza el cambio de moldura) y que son divididas por las toneladas de materia prima que fueron alimentadas al horno, considerando el peso del artículo del cual se está ejecutando el cambio de moldura. El principal distingo contra el indicador de *pack to melt* es que, al medirse sobre 24 horas y referido a una línea de producción, se identifica relacionado a los cambios de moldura exclusivamente, pues es el tiempo en el cual la industria de fabricación de envases de vidrio, considera adecuado para que una línea de producción opere estable para el logro de los estándares de producción. Vidriera Guatemalteca (2015).

$$\text{Pack To Melt 24 horas} = \frac{(\text{Toneladas de artículos enviados a bodega})}{(\text{Toneladas de materia prima alimentadas al horno})} * 100 \%$$

(Ecuación 2)

Es importante remarcar que este valor es referido para una línea de producción, donde se ejecuta el cambio de moldura, por lo que se considera únicamente al peso del artículo en fabricación y su equivalente en materia prima alimentada al horno, puede ser un valor muy diferente al resultante diario en el horno de fundición de vidrio dentro de la empresa.

1.6. Proceso de manufactura del vidrio

A continuación, se describe brevemente los principales componentes en la manufactura de envases de vidrio, dado que el tema en sí es sumamente amplio, no teniéndose como parte de este trabajo de graduación cubrir la totalidad del desarrollo de esta rama de la industria.

1.6.1. Materias primas

Las principales materias primas que son usadas para la fabricación de vidrio, base soda-caliza son: arena sílice (figura 6), sulfato de sodio (figura 7), caliza (figura 8), vidrio fundido (conocido como *cullet* o vidrio roto reciclado) y *soda ash* (figura 9). Existen otros materiales de consumo mucho menor, pero que igualmente aportan diversas propiedades al vidrio como producto final.

La sumatoria de las materias primas mediante sus características y las propiedades que aportan cada una de la fórmula final, permitirán la formación de los envases en sus distintas figuras y usos finales, razón por la cual en función del tipo de artículos que se atiendan en el mercado, así la formulación tendrá características propias que la hacen única y que pasan a formar parte del *know how* de las compañías que integran esta rama de la industria (Vidriera Guatemalteca, 1998).

Figura 6. **Arena sílice**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

Figura 7. **Sulfato de sodio**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

Figura 8. **Caliza**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

Figura 9. **Carbonato de sodio (*soda ash*)**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

1.6.2. Fundición

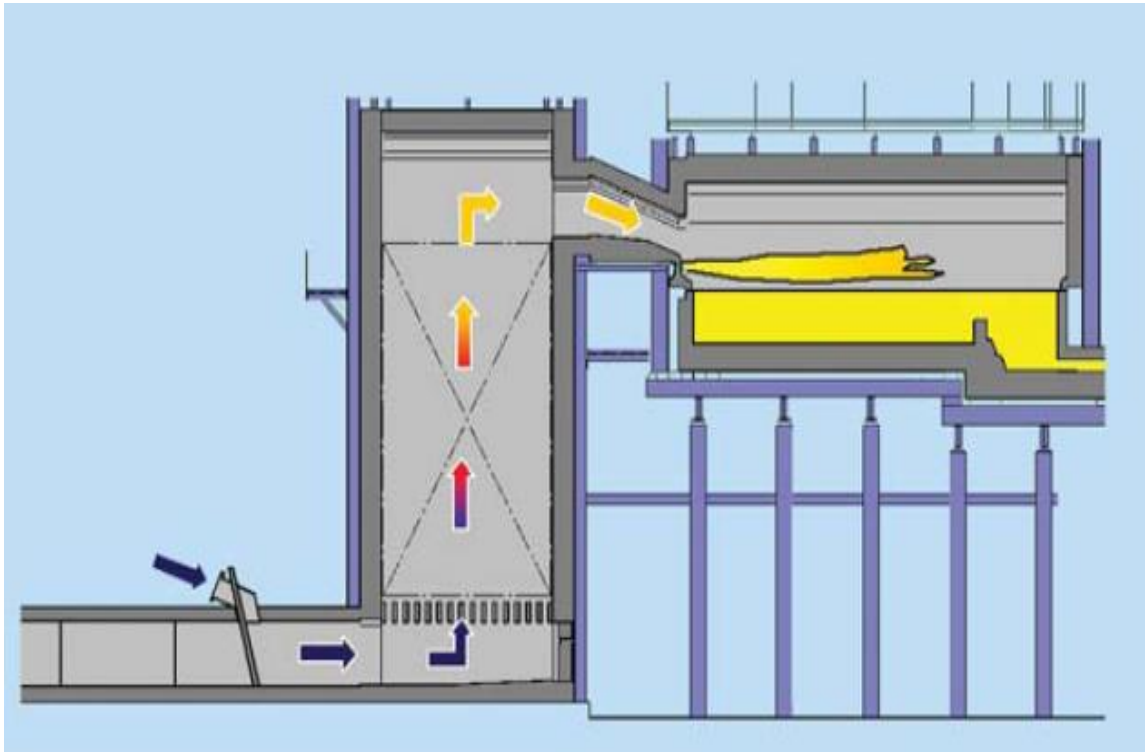
Luego del procesamiento de las materias primas, respectiva formulación y su alimentación al horno, se realiza el conjunto de actividades para lograr la fusión de éstas dentro del horno logrando la obtención del vidrio fundido, es decir, la completa fusión y homogenización física y química del vidrio dentro del horno, lograr que todas las moléculas del vidrio sean del mismo tipo.

Los hornos que se usan en esta industria son de operación continua, o sea que trabajan las 24 horas durante los 365 días del año, y son alimentados para su combustión con *fuel oil* no.6 (*bunker c*), aunque también están diseñados para poder usar *diesel* en casos de emergencia como un combustible de respaldo. Un horno de vidrio puede alcanzar sin problemas la temperatura de 1,530 a 1,540 grados *celsius* (°C), logrando la fusión de todas las materias primas, convirtiéndolas de su estado sólido individual a uno completamente líquido. Vidriera Guatemalteca (1998).

Es importante mencionar que la ingeniería de los hornos de vidrio es lo suficientemente robusta como para que un horno de vidrio pueda permanecer operando a lo largo de aproximadamente 6 años, de forma continua durante las 24 horas, aspecto que es muy relevante si se toma en cuenta que su rango de operación de temperaturas es bastante alto (1530 a 1540 °C).

Es posible apreciar en la figura No. 10, una vista en corte transversal para un horno del tipo *end port* (puertos atrás), el cual es el diseño más usado en la industria de vidrio dadas sus condiciones de flexibilidad y rendimiento energético, aspectos claves para seleccionar un horno de fundición de vidrio.

Figura 10. **Sección transversal de un horno típico para vidrio tipo *end port***



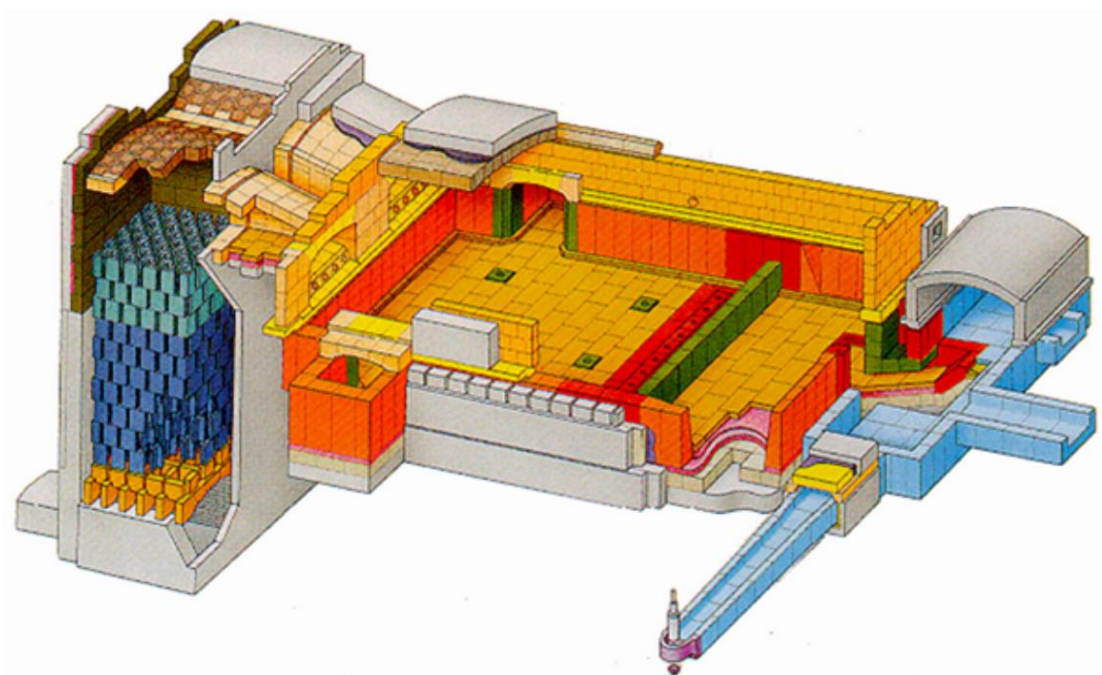
Fuente: SORG. (2008). *Glass Melting Technology*. Consultado el 5 de marzo de 2018.
Recuperado de https://www.sorg.de/content/uploads/2016/09/Glas_Melting.pdf.

Luego que el vidrio ha sido fundido, se otorga un período de acondicionamiento térmico en una sección del horno que se conoce como refinador, en otras palabras, se pasa de la temperatura de fundición de 1,500 grados a cerca de 1,300 grados *celsius* (°C) en un ambiente controlado para uniformizarlo térmicamente y prepararlo para ser formado. Vidriera Guatemalteca (1998).

En la figura No. 11, se puede apreciar la vista interior del diseño de un horno típico de puertos atrás usado para la fundición de vidrio, es importante mencionar que, dadas las muy especiales condiciones de operación de estos hornos, los materiales seleccionados para su construcción son fundamentales para que el horno pueda entregar su vida útil esperada con la calidad de vidrio fundido que el mercado requiere.

El diagrama mostrado representa las distintas clases de refractarios, como diferentes colores dadas las condiciones a las cuales se somete el material.

Figura 11. **Vista del interior de un horno tipo *end port*, refinador y alimentadores**



Fuente: Glass Global. (s.f.). *Typical end-port regenerative furnace*. Consultado el 25 de julio de 2018. Recuperado de <https://www.glassglobal.com/consulting/reports/technology/>

1.6.3. Formado

Luego del proceso de fundición en los hornos y el acondicionamiento térmico del vidrio en el refinador, el vidrio líquido se conduce a través de canales alimentadores hacia las máquinas de formado, se recibió en estos canales los acondicionamientos térmicos, adecuados que cada envase demanda para ser fabricado.

Figura 12. Vista canal alimentador de vidrio



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

Respecto de las máquinas formadoras de envases, se principiará con explicar que se utilizan moldes para dar forma a los envases y poder satisfacer la demanda del cliente. Los moldes son el producto de una aplicación de ingeniería de diseño, la cual permite estimar con bastante certeza qué cantidad de vidrio deberá usarse para poder fabricar el envase.

Los moldes son instalados en las máquinas formadoras, las que están constituidas por dos lados claramente definidos: lado bombillo (o también conocido como lado de la preforma) y lado molde el cual otorga la figura final al envase.

Lado bombillo: en esta parte de la máquina es hacia dónde se dirige la gota de vidrio, desde que sale del equipo que la conduce con el peso adecuado para la formación del envase. Se instalan aquí las partes de la moldura que son usadas para poder hacer la preforma o bombillo (*parison* en inglés), la que posteriormente es enviada mediante el mecanismo de invertir hacia el otro lado de la máquina, es decir el lado molde.

Lado molde: en esta parte de la máquina se reciben las preformas hechas en el lado del bombillo, para poder iniciar con la formación final del envase a través del molde que contiene la figura final y que corresponde al diseño que el cliente ha aprobado al inicio de la negociación comercial. En el lado molde se realizan los acabados finales al envase, tal cual lo recibirá el cliente en sus instalaciones.

Pero es importante resaltar que, para poder fabricar la amplia gama de envases de vidrio, la máquina formadora debe ser convertida mediante el intercambio de piezas o mecanismos específicos, para poder utilizar los diferentes procesos de formación de envases de vidrio, esto es lo que realmente

le otorga a la máquina formadora de envases de vidrio toda su flexibilidad y versatilidad. El cambio de moldura comprende las tareas que desmontan y montan en la máquina los recursos o accesorios necesarios, para poder enfrentar la necesidad de fabricar envases de distintas formas y tamaños, de donde resulta muy importante que exista un ordenamiento lógico y estructurado para ejecutar estas rutinas pues depende una producción exitosa de los artículos de vidrio.

Figura 13. **Vista de una máquina formadora de envases de vidrio**

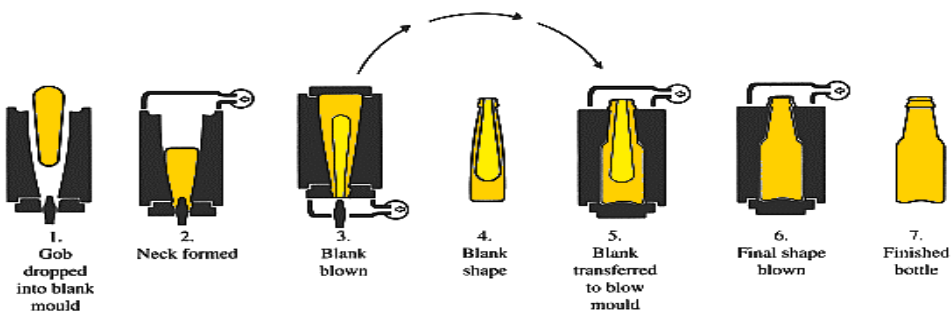


Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

Según se explica en el ciclo operativo de máquinas IS de Vidriera Guatemalteca (1997), conociendo que las máquinas formadoras poseen un alto

grado de flexibilidad, es necesario poder describir a continuación los diferentes procesos de manufactura usados en la fabricación de envases de vidrio y sus implicaciones a nivel de equipamiento básicos, siendo estos procesos: soplado, usado para la generalidad de envases pesados; prensa-soplado usado para la fabricación de tarros de boca ancha muy requeridos en la industria de alimentos y prensa-soplado boca angosta para envases no retornables o de una sola vía, que tienen como característica principal el uso de menos vidrio para cumplir con la funcionalidad y también con las aplicaciones que el cliente demande, es decir, que su desempeño en la línea de producción sea aceptable para el cliente.

Figura 14. **Proceso soplado – soplado para envases de vidrio**



Fuente: Torres. (2015). *El vidrio: Capítulo III*. Consultado el 23 de agosto de 2019. Recuperado de <https://es.slideshare.net/rangello/cap-ii-el-vidrio-2014>.

Se puede iniciar mencionando que el proceso soplado-soplado es con el cual nace la industria del vidrio a principios del siglo XX, pues anteriormente era un proceso eminentemente artesanal, el cual se realizaba únicamente gracias a la habilidad de expertos sopladores, quienes moldeaban las botellas en moldes ya fueran de madera o de hierro enfriados por agua obteniéndose una enorme variación en el nivel de calidad, haciendo que cada envase fuera único,

impidiendo que el uso del envase de vidrio fuera masivo y a niveles de grandes volúmenes.

Observando la figura 14 se aprecia desde el lado de la preforma en la máquina que cae la gota de vidrio, luego se forma la corona del envase mediante la inyección de aire comprimido, luego del interior de la máquina se da otro sople con aire a presión para formar la preforma (de allí su nombre: sople-sople), para posteriormente ser trasladada al lado del molde final donde mediante un último sople de aire a presión se forma el envase con la figura final que recibe el cliente.

Este proceso tiene la gran particularidad que permite fabricar una gama amplia de envases desde 40 gramos hasta 1200 gramos de peso o más, lo que permite que siga siendo el proceso para formar envases por excelencia.

Figura 15. **Moldes proceso: sople-sople**



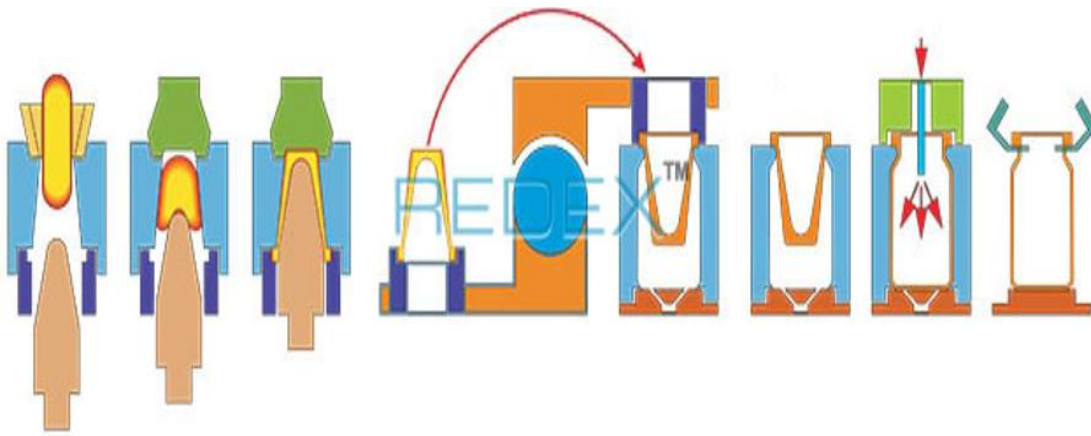
Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

El proceso de prensa-sople 62 o para fabricar envases de boca ancha, es el proceso mediante el cual, se pueden fabricar envases que van a contener productos como mayonesa, mermeladas o líquidos de alta densidad los cuales

requieren de una apertura grande en su terminado o corona para permitir a los contenidos tanto ser vertidos como servidos por el cliente con facilidad.

Observando la figura 16, se puede decir que este proceso inicia con la caída de la gota de vidrio conteniendo el peso necesario, para formar el envase y obtener la capacidad requerida por el cliente dentro del premolde (bombillo), teniéndose como principal diferencia respecto del proceso de soplo-soplo que para formar en esta primera etapa la preforma, en lugar de soplos se usa un pistón o punzón metálico para que penetre en la cavidad del bombillo y obligue al vidrio a ocupar los espacios restantes, de cuenta que se formará al mismo tiempo la corona y la preforma.

Figura 16. **Proceso prensa – soplo**



Fuente: Orona. (2016). *Metodología para la reconstrucción de un horno para fundir 200 Ton/día de vidrio, en la fabricación de envases comerciales*. Consultado el 5 de agosto de 2019.

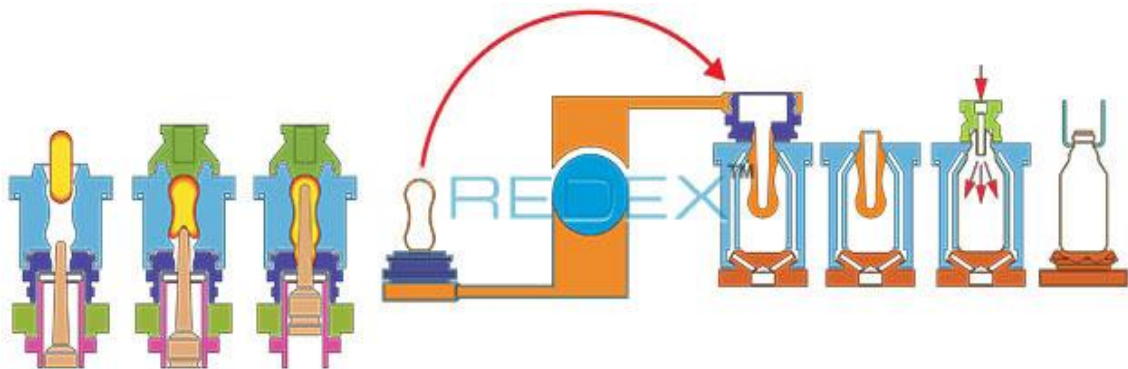
Recuperado de <https://docplayer.es/60177517-Instituto-politecnico-nacional-escuela-superior-de-ingenieria-mecanica-y-electrica-unidad-azcapotzalco.html>.

El resto del proceso es muy similar al soplo-soplo, ya que la preforma es trasladada usando el mecanismo de invertir hacia el molde final, donde mediante

un soplo final con aire comprimido el envase es formado y posteriormente extraído del molde. Vidriera Guatemalteca (1997).

Por último está el proceso de prensa-soplo boca angosta, el cual como su nombre lo indica, presentará las mismas etapas de formación que el proceso de prensa soplo boca ancha, con la diferencia que se usará para diámetros de corona más pequeños, teniendo como característica principal que dada su mejor distribución de vidrio en el contorno del envase, permite reducir el uso de vidrio para lograr cumplir las especificaciones de calidad en cuanto a espesores respecto de envases más pesados, siendo por tanto un proceso más eficiente. La figura No. 17 muestra los detalles de este proceso.

Figura 17. **Proceso prensa – soplo boca angosta**



Fuente: Orona. (2016). *Metodología para la reconstrucción de un horno para fundir 200 Ton/día de vidrio, en la fabricación de envases comerciales*. Consultado el 5 de agosto de 2019.

Recuperado de <https://docplayer.es/60177517-Instituto-politecnico-nacional-escuela-superior-de-ingenieria-mecanica-y-electrica-unidad-azcapotzalco.html>.

Luego de que los envases son formados, se encuentran aún a una temperatura que oscila entre los 450 y 600 grados *celsius* (°C), por recibir un tratamiento térmico en unos hornos continuos llamados hornos de recocido o

templadores para llevarlos de las temperaturas descritas a temperaturas cercanas a las del ambiente, también se aplican diversos tratamientos superficiales para proteger las superficies y entregar a los clientes un producto con buen acabado final. En este proceso se hace un revenido al vidrio formado, se alivian esfuerzos producto del formado. Vidriera Guatemalteca (1997). La figura No. 18 muestra un típico horno de recocido para la industria de vidrio.

Figura 18. **Horno de recocido para envases de vidrio**



Fuente: ANTONINI. (s.f.). *Archas*. Consultado el 28 de marzo de 2016. Recuperado de <https://www.antoninisrl.com/esp/forniricottura.php>.

1.6.4. Revisión, empaque y producto terminado

Luego de que los envases son recibidos a temperatura cercana al ambiente, en lo que se conoce como la zona fría, se procede a realizar evaluaciones por métodos estadísticos de muestreo, para dictaminar si los envases cumplen o no las especificaciones acordadas con el cliente. Para poder hacer de la mejor forma estas tareas, la empresa hace uso de equipos de inspección automática para

evaluar variables dimensionales, así como defectos por atributos (visuales) y poder segregar de forma efectiva los envases no conformes para poder contar con un nivel aceptable de calidad, en cumplimiento con acuerdos de calidad preestablecidos con los clientes.

Figura 19. **Equipo automático para inspección de envases de vidrio**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

A lo largo de los turnos de producción, los equipos automáticos de inspección son monitoreados para asegurar que los ajustes sean los adecuados para mantener el nivel de calidad aceptable de los lotes de producción auditados.

Para lograr validar los ajustes, se utilizan envases seleccionados como muestras patrón, éstos se convierten en testigos de las pruebas de ajuste que rutinariamente se realizan como parte del sistema de aseguramiento de calidad.

Los envases que sean declarados como aceptables, serán colocados en el empaque requerido, los que no sean aceptados serán descartados y trasladados a los silos de material reciclado para ser usados para fabricar nuevos envases a través de las bandas de retorno de cullet, como se muestra en la figura 20.

Figura 20. **Banda de retorno de cullet**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

Es normal hacer una última evaluación estadística, para conocer si se ha logrado el nivel de calidad aceptable en los envases, que son ingresados a las bodegas de producto terminado, y que se declararán listos para enviarse a los clientes en función del programa de embarques para el efecto.

Dentro de esta evaluación, también se calificará el material de empaque primario y secundario de acuerdo con sus propias especificaciones.

Asimismo, luego de completado el proceso anterior, viene aquel relacionado con el almacenaje del producto y su posterior envío al cliente para cumplir con

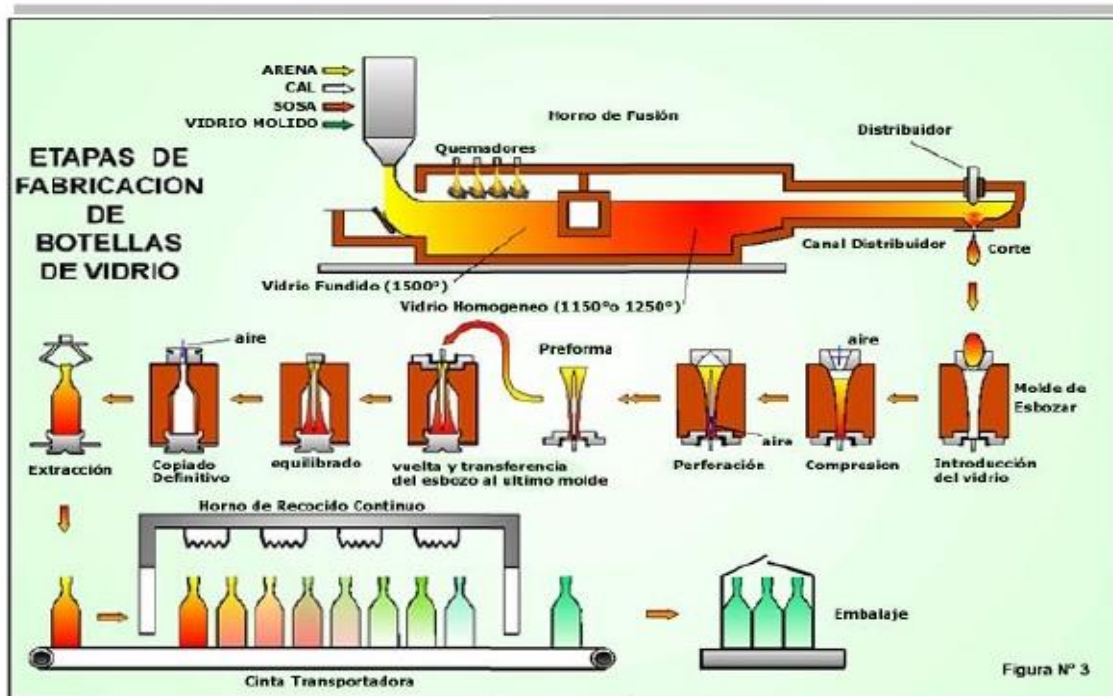
los pedidos generados en la gestión de ventas en la compañía, debiendo utilizar la técnica de *PEPS* para el manejo del inventario (primero que entra, primero que sale) del producto terminado y mantener así en buenas condiciones los envases previos a su despacho, mediante una sana rotación en las bodegas del producto terminado.

Figura 21. **Bodegas de producto terminado**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

Figura 22. Etapas generales del proceso de fabricación de envases de vidrio



Fuente: Marinelli. (2016). *Proceso de fabricación del vidrio*. Consultado el 2 de septiembre de 2019. Recuperado de <https://ppqujap.files.wordpress.com/2016/05/proceso-de-fabricacion-del-vidrio.pdf>.

En la figura 22, se ilustra de muy buena forma el proceso general de fabricación de los envases de vidrio.

1.7. Cambio de moldura

A continuación, se describe el cambio de moldura y el procedimiento necesario para el mismo.

1.7.1. Descripción del procedimiento de cambios de molduras

Vidriera Guatemalteca (1998) Como se explica en el Manual de cambios de moldura, el cambio de moldura es aquella actividad que permite realizar los ajustes necesarios en las máquinas formadoras y demás servicios asociados (como el acondicionamiento térmico del vidrio, niveles de aires comprimidos, entre otros.), mediante los cuales es factible el cambio de producto en la línea de producción, de tal forma, que su tiempo se contabiliza desde que se empaca el último envase del formato que sale y se inicia el empaque del nuevo artículo, en la misma máquina para la fabricación asignada para el efecto medido esto a lo largo de un período de 24 horas.

El cambio de moldura, comienza con planear la producción y concluye con la discusión e interpretación del desempeño en las tareas y subproyectos de mejora que hayan sido definidos previamente.

El cambio de moldura integra los siguientes departamentos en la empresa:

- Fundición: quienes son los responsables de ajustar el acondicionamiento térmico del vidrio para el formado de los envases.
- Cambios de moldura: personal responsable de realizar los ajustes en la máquina formadora y de realizar la operación del equipo en el arranque del cambio de moldura.
- Taller de moldes: responsables de preparar los moldes para formar los envases.

- Mantenimiento mecánico de máquinas formadoras: responsables de garantizar el buen estado de funcionamiento de la máquina formadora y sus mecanismos diversos desde el punto de vista mecánico.
- Mantenimiento electrónico: responsables de garantizar el buen estado y funcionamiento de la máquina formadora y demás equipos de la línea de producción desde la parte electrónica.
- Mantenimiento mecánico general de planta: responsables de los ajustes en los servicios generales que necesita la máquina formadora (aire comprimido, agua tratada para enfriamiento) y también procede así en las líneas de manejo y revisión del producto y atiende los sistemas de empaque automático del producto.
- Control de calidad, revisión y empaque: responsables de revisar, evaluar y dictaminar el cumplimiento de las especificaciones de calidad que aplican a cada producto en función de su uso final. También son responsables del empaque y embalado del producto final.

Los cambios de moldura como principio de gestión son realizados de forma predeterminada y de acuerdo con un programa de producción, que busca teóricamente ordenar la producción en función de la fecha que lo requiere el cliente y las mejores secuencias de fabricación para la buena eficiencia de la planta, teniendo como meta un indicador de eficiencia en la ejecución del cambio, conocida como la eficiencia de *Wiegand*. El ordenamiento lógico a veces es complicado de lograr por compromisos adquiridos con el mercado.

El monitoreo del cambio de moldura se realiza dentro del período de las siguientes 24 horas desde que inició, por tanto, ese mismo período considerará

las toneladas equivalentes de producto ingresado a la bodega de producto terminado, dividido por el equivalente en toneladas de materia prima alimentadas al horno, en relación con el peso del artículo del cambio de moldura.

Por el grado de complejidad de los cambios de moldura, habrá algunos que podrán realizarse de forma más rápida que otros, también es un factor clave el número de las modificaciones o adaptaciones que requiera la máquina para hacer las botellas, etc. incidirán todas en el tiempo de cambio y por consiguiente en el indicador de *pack to melt* en las primeras 24 horas del cambio o eficiencia de *Wiegand*. Vidriera Guatemalteca (2008).

Figura 23. **Personal realizando un cambio de moldura**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular. Guatemala.

1.7.2. Junta de planeación

Un cambio de moldura es altamente recomendable que no sea considerado como una actividad más dentro de la compañía, sino que lo ideal es otorgarle la categoría de ser la actividad más importante del día en la planta de producción, de forma tal que además del personal directamente involucrado, el resto de la organización esté presta a recibir información de requerimientos de ayuda o bien de asistir en caso de urgencias de la forma más rápida posible, ya que el cambio de moldura significa el paro de una línea de producción dentro de la compañía, generando tiempo muerto inevitablemente, además de que cualquier atraso que se tenga como consecuencia de un cambio de moldura que es realizado de la forma no esperada, será factor determinante para atrasar el despacho hacia el cliente de algún producto, que para éste sea clave y a su vez requiera para cumplir con sus propios clientes y compromisos adquiridos.

De acuerdo con Vidriera Guatemalteca (2006), se indica que el grado de dificultad de los cambios de moldura y sus costos están en gran medida, determinados como se explicó anteriormente por el programa de producción, el cual debe estar diseñado para cumplir con los compromisos hacia los clientes y para reducir al máximo el grado de dificultad de los cambios de moldura.

Cada carrera debe programarse de forma tal, que se haga en la mejor línea o la más apropiada para el efecto y poder sin problemas cubrir el pedido en el tiempo y cantidad requeridos. Al programarse la producción, también es indispensable mantener un nivel balanceado de cambios para permitir estabilidad a la operación, cosa que persigue en sí misma la metodología *SMED*.

Previo a la ejecución del cambio, se realiza una reunión de planeación con el objetivo de analizar el comportamiento del artículo a lo largo de su última

producción, comprender cuál fue la problemática en cuanto a defectivo y generación de tiempos muertos y tomar acciones preventivas para evitar reincidir en estas afectaciones, que pueden significar bajos niveles en los resultados operativos. Con esta información se espera que las variables a instalar en la máquina, al momento de realizar el cambio de moldura, sean consideradas como las más adecuadas para lograr un arranque de la máquina que genere buenos resultados y, por supuesto, el cumplimiento de las principales variables de calidad que ha definido el cliente al momento de colocar sus pedidos.

A esta reunión asisten representantes de los departamentos involucrados en la ejecución del cambio se indica en Vidriera Guatemalteca (2008).

Las condiciones de operación que sean definidas modificarse para el cambio de moldura, deben decidirse únicamente a raíz del análisis de resultados con la información lo más reciente posible, después del final de la carrera de producción, y de esta forma los elementos o acciones que desviaron los resultados puedan tomarse en cuenta para la generación de las acciones preventivas, con miras a la mejora del proceso de forma continuada y permanente. Es por esto que las reuniones de planeación deben hacerse de forma periódica y que todos los compromisos generados, sean registrados y posteriormente ser objeto de evaluación del cumplimiento para garantizar que el proceso de mejora sea efectivo.

Para lograr en la industria del vidrio cambios de moldura con buenos resultados, como mínimo se tienen contemplados los siguientes pasos a seguir:

- Preparar y distribuir el formato para la junta de fin de carrera de producción, con el objetivo de conocer lo que se necesita evaluar para la próxima producción.

- Celebrar la junta de carrera terminada para evaluar qué mejoras futuras son requeridas, para el mejor desempeño del indicador de cambios de moldura.
- Cerrar historia de carrera verificando que todo el resumen de acciones y resultados sea registrado.
- Reparar los moldes, garantizando en todo momento la moldura con calidad antes de su envío a la máquina.
- Reparar el equipo variable a instalar en la máquina formadora, garantizando la revisión de los componentes mecánicos que se usarán para fabricar el envase.
- Revisar el programa de producción, para conocer el grado de dificultad de los cambios de moldura con la máxima anticipación posible.
- Evaluar y autorizar la historia de carrera, revisando que lo que se está planeando, corresponde con lo necesario que se está programando fabricar.
- Distribuir la historia de carrera entre los participantes del cambio, para verificar que todas las áreas involucradas, conozcan los requerimientos programados.
- Fijar secuencia en el programa de fabricación, garantizando que todo se pueda organizar y preparar con antelación y evitar contratiempos.

- Determinar necesidades de mantenimiento planeando y organizando el mantenimiento, que pueda ser ejecutado de forma simultánea a los cambios de moldura.
- Evaluar que los recursos estén disponibles, asegurando que se tenga lo necesario a mano en el momento que se pueda necesitar.
- Celebrar junta de inicio de carrera, coordinando las tareas a efectuar durante el cambio de moldura.
- Inspección previa de moldura y equipo variable asegurando la calidad de la preparación.
- Inspección final asegurando que en la línea de producción, esté todo lo necesario y listo para usarse.
- Ejecutar el cambio físico de moldura, instalando fielmente las condiciones definidas en la historia de carrera.
- Dar el seguimiento correcto del cambio de moldura arrancando y elevando la calidad de la producción a los niveles planeados.
- Evaluar el cambio de moldura midiendo el desempeño de todas las áreas involucradas y sus resultados.
- Revisar bitácora de operación, detectando cualquier posible cambio de condiciones de operación.

- Actualizar la historia de carrera, registrando en la historia los posibles cambios de condiciones de operación. Vidriera Guatemalteca (1998).

1.7.3. Tipos de cambios de moldura

Debido a su distinto grado de complejidad para la ejecución, los cambios de moldura se clasifican en cinco categorías.

- Cambio tipo I

Son los cambios que comprenden únicamente el cambio de piezas de la moldura que está finalizando producción y también de la que se va a iniciar a fabricar en la máquina, por lo regular se clasifican como los cambios de moldura más sencillos, ya que no es necesario hacer trabajos mayores o modificaciones en la máquina para poder montar lo necesario para producir. Las etapas de limpieza son importantes para garantizar que no se tengan interferencias entre los mecanismos de la máquina y se puedan generar demoras no deseadas que afecten el buen arranque de la producción.

Los tiempos de ejecución de los cambios tipo I, deberían ser los más bajos de los registros pues son los que contemplan las menores actividades.

Figura 24. **Piezas de moldura**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular. Guatemala.

- Cambio tipo II

Son los cambios donde además de abarcar lo que se sustituye en el cambio tipo I, se hace la remoción del anillo de material refractario, que dosifica el vidrio a la máquina o se realizan también cambios de los portamoldes en la máquina, lo que significa que será una actividad de mayor grado de complejidad, aunque no llega a ser de orden mayor. Igualmente se deben tener incluidas rutinas de limpieza en la máquina. Como la lógica lo dice, este tipo de cambio contempla incluir más actividades y el grado de coordinación del personal es más demandante para que sea un proceso exitoso. Vidriera Guatemalteca (1998).

Figura 25. **Orificio refractario para dosificar vidrio**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

Figura 26. **Equipo de entrega. Canales rectas, curvas y deflector**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular. Guatemala.

- Cambio tipo III

En este tipo de cambios, se tendrán actividades encaminadas a sustituir moldura, orificio refractario, equipos portamoldes que sostienen la moldura en la máquina y también los equipos que dirigen las gotas de vidrio hacia la moldura, estos equipos son conocidos como equipos de entrega. Por lo regular en estas actividades hay implicaciones más complejas como operaciones de medición, ajustes y calibraciones de máquina, herramientas, calibradores y partes para ejecutar la operación completa de este tipo de cambios.

Las figuras No. 26 y 27 ilustran los equipos necesarios a cambiarse en un cambio del tipo III.

Figura 27. **Equipo de entrega canales rectas instalado en máquina**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

- Cambio tipo IV

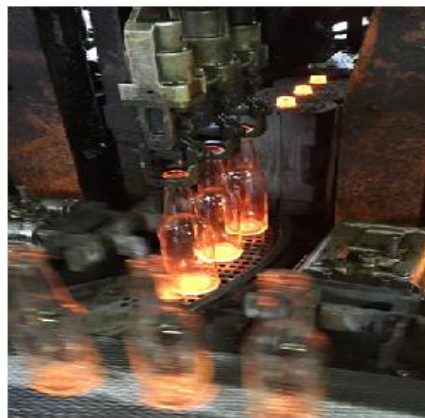
Como se describió en la sección de los procesos de manufactura de los envases de vidrio, cuando se va a realizar la adecuación de la máquina para poder fabricar un determinado proceso de formado de los envases, es cuando se va a realizar un cambio tipo IV en el grado de dificultad. Para lograr esto, se realizan sustituciones de mecanismos dentro de la máquina formadora, como por

ejemplo el mecanismo que impulsa el punzón o pistón que formará la preforma y corona en el proceso prensa-soplo 62. Estas actividades conllevan un mayor cuidado en cuanto a calibraciones y verificaciones de ajustes mecánicos, porque de ello, depende una operación estable y segura de la máquina formadora, por lo tanto, su demanda de tiempo de ejecución es mayor que los tipos de cambios descritos anteriormente.

- Cambio tipo V

En la industria de la manufactura de los envases de vidrio, hay operaciones que pueden clasificarse como las más complejas, siendo el caso del cambio tipo V el que requiere el mayor grado de trabajo y esfuerzo humano para ser ejecutado así también el que mayor demanda de calibraciones y ajustes tiene, pues para explicar con detalle, consiste en convertir la máquina formadora para poder tener la capacidad de formar al mismo tiempo, tres, dos o un envase, llamándose a esta capacidad de máquina: el sistema, es decir que este cambio tipo V será conocido en la industria del vidrio como un cambio de sistema de producción. Las figuras 28 y 29 muestran los sistemas de producción.

Figura 28. **Máquina produciendo tres envases a la vez. Triple cavidad**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

Figura 29. **Máquina produciendo un envase a la vez. Simple cavidad**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

En Vidriera Guatemalteca (1998) se establece que derivado del tipo de cambio que se vaya a realizar, así se tendrán generados tiempos de desarrollo de los cambios de moldura, por lo que es importante definir aquí como se denominan a los principales tiempos de ejecución de los cambios de moldura:

Tiempo de cambio físico (T1): es el tiempo que transcurre desde que se detiene la última sección de la máquina formadora, luego de la producción del artículo que sale, hasta que está lista para moverse la primera sección de la máquina luego del cambio de piezas o ajustes mecánicos o electrónicos que requiere el artículo siguiente a producir, en otras palabras, el tiempo que se necesita para adecuar la máquina para recibir el vidrio para el siguiente artículo a fabricar.

Tiempo de carga con vidrio y corrección de defectivo (T2): es el tiempo que transcurre desde que inicia movimientos la primera sección de la máquina formadora, para recibir vidrio hasta que se entrega botella formada al horno de recocido (templador), para continuar con el proceso de manufactura del envase. Es importante resaltar que dentro de este acorreamiento se realizan ajustes particulares encaminados a garantizar la calidad del producto, por lo que el tiempo puede incrementarse si no se han realizado de buena forma las actividades precedentes del cambio físico, pues seguramente se habrán generado desviaciones que hay que corregir y que seguramente están afectando la calidad del producto final.

Tiempo total del cambio (TT): se puede deducir que es la suma total del tiempo de cambio físico (T1) más el tiempo de carga con vidrio y corrección de defectivo (T2) en la máquina formadora, obteniéndose al final de este proceso envase de calidad aceptable.

Un cambio de moldura con un grado de dificultad mayor tendrá como consecuencia directa un mayor tiempo total de ejecución, mientras que un cambio de bajo nivel de complejidad se espera que tenga un menor tiempo total de ejecución.

1.8. Metodología SMED

A continuación, se describe a detalle la metodología *SMED*, la cual será utilizada en esta investigación.

1.8.1. Orígenes

La metodología *SMED* deriva su nombre de las siglas en inglés para *single-minute exchange of dies* (cambio de matrices en un minuto sencillo o en minutos de un dígito), y realmente es una valiosa herramienta que hace posible desarrollar ajustes de equipos o cambios de producto en tiempos menores a 10 minutos, que es lo que el Dr. Shigeo Shingo logró durante los años que trabajó en las plantas de Toyota a cargo del proceso de prensas estampadoras, pero dado su éxito posteriormente sus conceptos fueron migrando a otros procesos generales de la industria. Alves y Tenera (2009) explica lo valioso de esta herramienta al contribuir a reducir desperdicios, mejorar flexibilidad de los procesos y producir lotes de artículos más pequeños en número de unidades.

Varios autores son claros que en función del grado de dificultad del proceso donde se trate de implementar esta técnica, no siempre será posible lograr reducciones tan radicales en tiempos debido en algunos casos a factores que se encuentran fuera de control de los analizadores. Sin embargo, mejoras perceptibles pueden lograrse, produciendo beneficios para los indicadores productivos y económicos de las compañías. Es por esta razón que se ha seleccionado como parte de este trabajo de graduación, la aplicación de esta metodología en la industria del vidrio en Guatemala. Bednarek y Niño (2010), indica que es tal la versatilidad de esta herramienta, que puede sugerirse de que los países podrían implementarla de forma masiva en pequeñas y medianas empresas sin mayores complicaciones, generando un fuerte impacto en la productividad.

1.8.2. Etapas para la Implementación de SMED

En el siguiente inciso se describe etapas para la implementación de *SMED*.

1.8.2.1. Forme un grupo de mejora

Una vez que la organización reconoce la necesidad de contar con un proceso de mejora para la realización de los cambios de producto, es el momento ideal para desarrollar una serie de pequeñas dinámicas, que ayudarán a fortalecer un grupo de mejora para el cambio de moldura aplicando *SMED*. Se deberá iniciar con las comunicaciones, de cuáles son los objetivos fundamentales de la organización, al implementar las mejoras de la realización de los cambios mediante la metodología *SMED*. El perfil de los candidatos a participar se recomienda que sea analizado, para lograr que los mismos encuentren un ambiente idóneo para proyectar sus nuevas ideas y aceptar las sugerencias generales que se puedan recibir por parte de los directores del proyecto.

Kirov (2015) menciona que la parte fundamental que desempeña el trabajo de grupo en un cambio de moldura es altamente significativa.

Como se explicó en su momento en el desarrollo de este trabajo de graduación, se procedió a analizar los perfiles de puestos del personal, asignado a los cambios de moldura que se encuentran en poder de la empresa, logrando determinarse que todos tenían un perfil idóneo para el desarrollo de sus actividades, dada su antigüedad y experiencia en el puesto, sin embargo, al ser la metodología *SMED* una nueva herramienta de trabajo, se hizo imprescindible realizar una capacitación mediante reuniones informativas y unas evaluaciones para determinar el grado de aprendizaje que se esperaba se adquiriera, para poder aplicar en campo la técnica arriba descrita. Como explica Cuc (2005) en su trabajo de investigación de muy buena forma, en este punto se torna muy importante el contar con información valiosa de registros históricos, conocer los procedimientos existentes, los comentarios de los participantes son valiosos pues conforman un punto de partida relevante.

1.8.2.2. Analice las operaciones del cambio

Cuando se puede ubicar claramente alguna operación que está tomando demasiado tiempo para realizar, es necesario encontrar la causa raíz, pero antes de proponer mejoras, se sugiere agotar primero los siguientes pasos como parte de la investigación de causa raíz; Herr (2014) muy bien resalta que el análisis de las operaciones debe conducirse de forma estratégica, táctica y con una perspectiva operacional, pragmática, de donde surgen las siguientes consideraciones:

- Cuál es la variación en la frecuencia de las operaciones del cambio: es necesario que se tenga bien estudiado el diagrama de operaciones para el efecto y estar seguros de que las operaciones son ejecutadas en el orden y secuencia correcta. Para el caso de estudio, se procedió a la elaboración de un diagrama genérico que representara la ejecución de los cambios de moldura.
- Variación en la secuencia del cambio o el método aplicado dependiendo de los trabajadores involucrados o del humor en general del personal en ese día: mantener comunicación estrecha con los participantes para que se puedan determinar estos detalles tan sutiles y a veces subjetivos difíciles de calificar.
- Se impartió una capacitación para los participantes del grupo de cambios, en donde se les recalcó la importancia del proyecto y sobre todo el enorme beneficio a obtener con su participación, en la generación de mejoras o sugerencias que surgieran en el desarrollo del estudio, dada la vasta experiencia que poseen.

- Variaciones mayores en los tiempos de cambio dependiendo de los productos o fabricarse: es algo que puede hacerse de forma más objetiva, al comprender las labores u operaciones que implica la ejecución de determinado cambio y sus diferencias con los restantes, con lo que seguramente se podrán encontrar los distinguos del caso.
- Buscar la reducción de desperdicios, como tiempos muertos, re-trabajos, entre otros. Como parte del análisis realizado, se pudo establecer algunas áreas de mejora encaminadas hacia el orden y limpieza de las áreas de trabajo, así como parte de los arreglos y preparativos de los cambios.
- La estandarización de medidas de tuercas y tornillos serán factores claves para reducir el número de herramientas necesarias para las labores, así como determinar el número óptimo de piezas que se pueden eliminar para dejar las esenciales o rediseñar lo que convenga para tener menos oportunidad de pérdida de tiempos. La tornillería se comprobó como estándar a $\frac{3}{4}$ " como principal interacción de los operadores.
- La totalidad de los trabajadores tienen claro cómo ejecutar las labores de ajustes finos luego del cambio: esto es fundamental, los operadores poseen suficiente información sobre lo que se requiere de su desempeño, el proceso de aplicar *SMED* fue muy beneficiado por esta razón, con lo cual la carga fuerte se enfocó en explicar la metodología.
- Usualmente los talleres necesitan ensayos del orden de 10 veces o más antes de validar el cambio de moldura: esto dependerá en mucho de la calidad de preparación del cambio, pero es un indicador que refleja lo complejo que puede resultar, ejecutar los cambios de moldura de forma precisa. En la reunión previa al cambio, se retomaron temas de mejorar

las preparaciones de los cambios y mejorar sus rutinas de ejecución; para hacerlas lo mejor posible y dejar constancia de las actualizaciones al procedimiento usado para la ejecución de los cambios.

Todos estos puntos, reflejaron las carencias o capacidades no cubiertas del personal a cargo del cambio, con lo cual se pudo reconocer más fácilmente las áreas de oportunidad para su resolución. En esta etapa es donde se sugiere el uso de videotape para analizar con profundidad la situación dice Kirov (2015).

1.8.2.3. Elimine las tareas innecesarias y aplique 5S

Luego de que se han podido establecer las operaciones que son internas y las que son externas en el cambio, se puede aplicar técnicas como 5S para proceder a eliminar el desperdicio, tiempo muerto y el desorden.

La teoría de las 5S es una concepción con miras hacia la calidad total que se originó en el Japón, bajo la orientación del Dr. Deming hace más de 40 años, pero siguen más que vigentes en este tipo de procesos de mejora, por el ordenamiento, disciplina y limpieza que imponen en las rutinas de trabajo a desarrollar, las 5S por lo tanto son:

- *Seiri* (Clasificar, organizar, arreglar apropiadamente)
- *Seiton* (Orden)
- *Seiso* (Limpieza)
- *Seiketsu* (Limpieza estandarizada o calendarizada y descrita)

- *Shitsuke* (Disciplina)
- Para el caso de lo que es factible de revisarse en las actividades externas, se encuentra la que pueden resolverse mediante la aplicación de las 5S, con énfasis en la preparación y la limpieza. Todo esto repercutió en tiempo de los operadores en ubicar herramientas, calibradores, accesorios, entre otros, aspectos que paulatinamente fueron mejorándose.
- También pueden aplicar aquí factores en donde, por ejemplo, por no hacer una correcta revisión de los preparativos, los mismos efectos inservibles son llevados de un lado a otro de las estaciones de trabajo, sin que sean usados, creando esto un esfuerzo adicional y pérdida de tiempo al momento de ubicar lo estrictamente necesario para la ejecución del cambio (Manzanedo y Hontoria, 2012).
- De igual forma, con la ayuda de tomas de video y retroalimentación al *team* de cambios, fue posible corregir y mejorar algunas rutinas de preparación de cambios.

1.8.2.4. Convierta tareas internas en externas

Es en esta etapa donde la creatividad del ser humano llega a su cumbre, pues todo arreglo o ajuste, incluso por pequeño que sea, pueda ser reclasificado, pasando de cambio interno a externo repercute severamente en el tiempo total de ejecución del cambio en la máquina. Se exige en esta sección que todo sea estudiado cuidadosamente aplicando las preguntas por todo el equipo de mejora: ¿Hay alguna forma en la cual este elemento se pueda hacer externo? ¿Cuál podría ser? ¿Cómo lo podrían hacer? Shingo (1989).

Este análisis generó para el grupo de mejora un listado que debió ser evaluado, fundamentalmente teniendo en cuenta una relación de costo beneficio, como por ejemplo el caso en el cual se requirió hacer modificaciones en las piezas existentes y sobre todo comprobarse también su efectividad luego de su implementación.

1.8.2.5. Mejora las tareas internas resultantes

Esto se puede resumir como la aplicación del círculo de la mejora de Deming en donde se planeará, se ejecutará, luego se evaluará y finalmente se tomará una acción resultante. Una vez se logre una mejora para reducir las actividades internas a externas, el ciclo no podrá detenerse, solo que esta vez, el alcance de la evaluación por el grupo de mejora crecerá de tal forma, que se puedan evaluar mayores interacciones de operaciones, para concluir más fácilmente sobre cuáles deberán ser las próximas prioridades para atacarlas y mejorarlas.

Las preguntas que deberán figurar para el equipo de mejora deberían ser: ¿Cómo puede este elemento ser completado en menos tiempo?, ¿puede hacerse el cambio sin este elemento o procedimiento?, ¿puede reducirse el número de veces que esta operación debe ejecutarse durante el cambio? Como bien sugieren Del Vigo y Villanueva (2009).

1.8.2.6. Mejora las tareas externas resultantes

Desde luego que el cambio ejecutado, es una función directa de la sumatoria de los cambios interno y externo, no se puede dejar por un lado la mejora del cambio externo como parte de la optimización del proceso.

Como resumen se puede decir, que esta etapa del cambio externo requerirá un fuerte impulso de las 5S, desarrollo de máquinas más especializadas y ofrecimiento de capacitación adicional, para el personal involucrado en la realización de los cambios.

Se puede deducir que el mejor impacto en la ejecución de los cambios, se deberá en el ingenio de poder convertir actividades internas al cambio en actividades externas, pero, también mantener un estricto control de la realización de las mejoras a las actividades externas, para que se logre cerrar el ciclo de mejora como indica Kirov (2015).

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Como parte de la investigación para aplicar la metodología *SMED*, para mejorar la eficiencia en la realización de los cambios de moldura, fueron definidas cuatro fases, siendo éstas:

En la primera fase, se procedió a revisar los registros estadísticos de la empresa como fuente primaria de información, para conocer el desempeño histórico del indicador de los cambios de moldura, que es la eficiencia de ejecución o *pack to melt* 24 horas.

Posteriormente, en la segunda fase se definió realizar un diagnóstico situacional del procedimiento de ejecución de los cambios de moldura, mediante estudio de campo para determinar las operaciones más determinantes en los cambios de moldura y cuáles rutinas dentro del proceso en uso, pudiesen ser mejoradas a través de la aplicación de la metodología *SMED*.

También como parte de la segunda fase, se registraron tiempos de ejecución de cambios de moldura, con los ordenamientos del área en general, como parte de la aplicación de 5S y las etapas básicas sugeridas para implementar la técnica *SMED*, aspectos que se realizaron en cada uno de los cambios seleccionados para ser sujetos de la investigación, proceso que tuvo una temporalidad de cuatro meses.

Mientras tanto, en la tercera fase, fue posible también desarrollar evaluaciones sobre los recursos disponibles, por el personal a cargo de la ejecución de los cambios de moldura: herramientas y maquinaria, además se

pudo contribuir con la estructuración y el desarrollo de una capacitación dirigida a los operadores que realizan los cambios de moldura, para la comprensión de la metodología *SMED*, así como conducir entrevistas complementarias que aportaron mejoras al proceso de los cambios de moldura.

En la cuarta fase, se trabajó en la elaboración y análisis de gráficas mensuales de comportamiento de los tiempos de ejecución de los cambios, generados a partir de las mediciones en campo, con lo cual se pudo apreciar de mejor forma la evolución de los resultados, ya que los tiempos totales de ejecución se redujeron. Con esta información valiosa se puede demostrar de muy buena forma, la contribución a la mejora del tiempo de ejecución de los cambios de moldura, lo cual conlleva a la presentación de las respectivas conclusiones y recomendaciones como parte de este trabajo de graduación.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En concordancia a los objetivos propuestos se presentan los resultados obtenidos.

3.1. Objetivo 1: Analizar las etapas clave en el tiempo de ejecución del cambio de moldura, mediante mediciones en campo de acuerdo con la metodología *SMED*

Sustentando mediciones de tiempos con el uso de diagramas de flujo de proceso, se logra establecer la importancia de las etapas claves en el tiempo de ejecución de los cambios de moldura. Un complemento importante es logrado con la ayuda de evaluaciones visuales, en la ejecución con lo cual se logra responder adecuadamente el requerimiento del primer objetivo propuesto. Martí y Torrubiano (2013) destacan la importancia del poder desarrollar los diagramas de flujo, como apoyo a la determinación de las actividades claves, dentro de los análisis que demanda la implementación de metodologías de *lean manufacturing* como lo es *SMED*.

3.2. Diagrama de operaciones existentes

Buscando contar con una base sobre la cual desarrollar la investigación con la ayuda de la metodología *SMED*, se elabora y registra primeramente un diagrama de operaciones y de flujo genérico para identificar las principales operaciones, que tienen relación con los cambios de moldura y su ordenamiento lógico, que permite administrar una cantidad importante de actividades y recursos diversos.

3.2.1. Diagrama de flujo

Se procedió como parte del estudio de campo a realizar el levantamiento de un diagrama general, sobre el cual se realizan los cambios de moldura en la planta, para poder conocer con mayor detalle sus actividades y sobre todo poder tener una base de juicio, sobre la cual se pueda estimar algún punto relevante de mejora o también realizar la correcta aplicación de la metodología *SMED*, para evaluar si es factible realizar algunas de las actividades, que en el momento de realizar este estudio son consideradas como parte del cambio físico de máquina (con el equipo fuera de operación), o bien pueden ser realizadas previamente al paro del equipo de formado, incrementando de esta forma el tiempo productivo disponible.

Primeramente se visualizó que en el momento de realización del cambio de moldura, se tienen realmente tres frentes de trabajo, el primero se atiende en la parte superior de la máquina formadora (identificado como *IS* en el diagrama de operaciones), en donde se realiza el cambio del orificio refractario que dosifica el vidrio, así como las piezas correspondientes para poder cortar las gotas de vidrio que son alimentadas a los moldes, también se procede a cambiar el equipo que lleva las gotas de vidrio hacia los pre-moldes (equipo de entrega).

El segundo frente de trabajo, lo compone el lado de la máquina que realiza la formación de la preforma (el bombillo) identificado como *LB* en el diagrama, en donde básicamente se realizan cambios de portamoldes, equipos para formar la corona o terminado del envase y en función del debido proceso de manufactura se realizan los cambios de mecanismos de pistón o punzón (si es proceso soplo-soplo, prensa-soplo o prensa-soplo boca angosta). En todas estas actividades de cambio de piezas, se realizó procesos de limpieza y verificación de calibraciones para asegurar que los componentes de la moldura trabajarán acordes a lo

esperado y la preforma no presentara desviaciones que puedan afectar la calidad del envase terminado.

El tercer frente de trabajo lo conformó el lado molde de la máquina, siendo este lado el que dará la forma final del envase (identificado como LM en el diagrama), de donde sus actividades principales son precisamente el cambio de los moldes del artículo saliente, por los moldes del artículo entrante y al igual que para el caso de las preformas, deben realizarse una serie de medidas y verificaciones para asegurar que todo marche bien desde el principio, pues la calidad del envase se puede ver afectada severamente si no se cuidan todos los detalles.

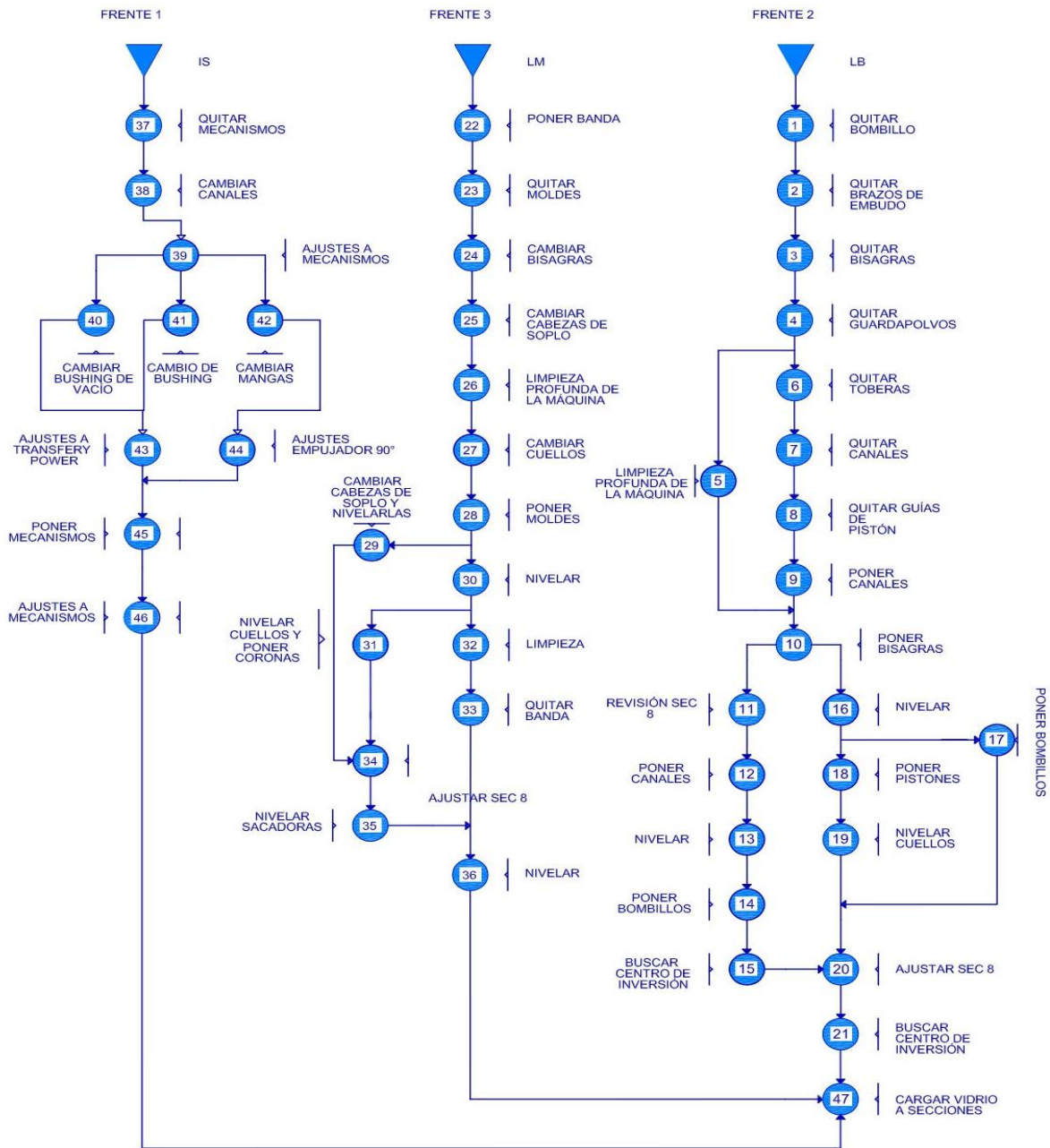
Finalmente, los tres frentes de trabajo convergen a la condición resultante de una máquina que está lista, para recibir las cargas de vidrio para iniciar con la formación del envase y la corrección del defectivo asociado, para buscar envases de calidad aceptable en un tiempo que resulte ser el más pequeño requerido.

Mendoza, Ruíz y Villareal (2009) manifiestan que el uso de los diagramas de operaciones y de flujo permiten identificar, reducir o hasta eliminar aquella actividad que no agregue valor a los procedimientos de producción, pero también algo muy relevante, y es la contribución del personal que participa y que aplican directamente los procedimientos creados para el efecto, pues se les presenta la oportunidad de expresar sus ideas acerca de cómo se viene realizando el trabajo y poder mejorarlo.

Figura 30. Diagrama de flujo de proceso

PROCESO: FABRICACIÓN (FORMADO)/ CAMBIO DE MOLDURA
 PLANTA: VIDRIERA GUATEMALTECA, S.A.
 ÁREA: PRODUCCIÓN

NO. HOJA: 1/1
 FECHA DE ANÁLISIS: 23/02/2016
 REVISADO: ING. RENATO VANEGAS
 MÉTODO: EXISTENTE



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2016.

Es importante recalcar que este diagrama de operaciones que se muestra en figura No. 30 es genérico, dado que las distintas máquinas con que cuenta la compañía pueden tener posiciones diferentes o configuraciones diferentes que podrían dar lugar a confusiones, pero es lo suficientemente representativo de lo usado como recurso para llevar a cabo el trabajo de graduación. El diagrama permite ubicar las tareas clave que se llevan a cabo en la realización de los cambios de moldura, así como su interrelación para su posterior estudio y mejora de ser posible. Esto toma sentido cuando se comienza a trabajar el tema de la generación de los datos, que se relacionan con el tiempo de cambio físico (T1) y el tiempo de acorreamiento con vidrio (T2), el cual depende como se explicó en su momento, de la correcta planeación y cuidadosa ejecución de las actividades, que se deben desarrollar en la sustitución física de piezas o componentes.

Gracias al diagrama obtenido, también será posible analizar adecuadamente las actividades que conforman los cambios, de acuerdo con la metodología *SMED*, para poder sugerir las mejoras que pudieran estudiarse e implementar, para obtener un proceso más eficiente en la realización de los cambios de moldura.

Solo hasta cuando se tiene a la vista el diagrama genérico de realización de los cambios de moldura, se puede dar cuenta el analista de las operaciones involucradas, de lo importante que es el poder deducir si las operaciones son las adecuadas, tanto en su orden lógico como en su duración o ubicación, para beneficio de la mejor ejecución de los cambios de moldura, con lo cual será posible diagnosticar mediante una evaluación usando la metodología *SMED* para el desarrollo de éste.

3.2.1.1. Toma de tiempos de las operaciones

Para poder realizar las tomas de tiempos de las operaciones involucradas, en los cambios de moldura que se estudió en la muestra sugerida de esta investigación, se diseñó un formato que permitiese mediante diagramas, la duración en tiempo (minutos) de la actividad y estimar si el proceso de ejecución de los cambios de moldura está generando una mejora medible, a lo largo del tiempo en el que se realizó el estudio de campo y lograr conducir los hallazgos a la conclusión de que la aplicación de la metodología *SMED*, ha sido determinante para poder apreciar mejoras en las actividades que abarcan la realización de cambios de moldura.

Se realizó mediciones a través de sesiones presenciales en las máquinas donde se programaron cambios de moldura, partiendo de apreciaciones visuales y entrevistas a los ejecutores del cambio, de forma que se tuvo material para poder elaborar los respectivos diagramas de tiempos, para las múltiples etapas realizadas, en función del tipo de cambio que se definió realizar para cumplir con la programación de la producción, que fuera establecida principiando el mes calendario.

De acuerdo con el planteamiento de proceder con el análisis de una muestra de cambios sobre el globo de los ejecutados en la planta de producción, se seleccionó un total de 36 cambios para poder evaluar la calidad del desarrollo, de estos comparados contra la meta establecida para el grupo de cambios de moldura. Los cambios seleccionados fueron al azar, de donde debido a la carga de trabajo de la planta, normalmente se puede apreciar dos cambios diarios, iniciándose con la recolección de datos a las 6:30 am y el segundo a las 8:30 o 9:00 am. Dependiendo esta selección de horarios y del nivel de desarrollo del primer cambio o también del cumplimiento de los pedidos previos para poder

hacer el segundo cambio, pudo tener un desfase mayor o menor a este horario que fuera usado como el referente idóneo.

El período de evaluación contempló desde los meses de febrero hasta mayo del año 2016.

Figura 31. **Registro de tiempos frente 1 IS**

FRENTE 1 IS		
LUGAR	ACTIVIDAD	TIEMPO REGISTRADO (min.)
Alimentador	Cambio de cuchillas	3-5
	Cambio de canales rectas	4-12
	Cambio de vaciador	2-5
	Cambio de canales curvas	8-12
	Alinear equipo entrega	6-8
	Ajustar peso	3-25
	Ajustar lubricación de cuchillas y vertedores	2-4
	Carga de vidrio	22-35

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 32. **Registro de tiempos frente 2 LB formadora**

FRENTE 2 LADO BOMBILLO		
LUGAR	ACTIVIDAD	TIEMPO REGISTRADO (min.)
Lado Bombillo	Desmontar bombillos, embudos y obturadores	4-6
	Cambiar bisagras	3-12
	Cambio de pistones	6-20
	Desmontar brazos portacorona	4-9
	Montar brazos portacorona	6-8
	Nivelar portacoronas	17-22
	Montar bombillos, obturadores y embudos	5-10
	Nivelar bombillos, obturadores y embudos	18-23

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 33. Registro de tiempos frente 3 LM formadora

FRENTE 3 LADO MOLDE		
LUGAR	ACTIVIDAD	TIEMPO REGISTRADO (min.)
Lado Molde	Desmontar dedos y coronas	2-11
	Desmontar moldes, fondos y cabezas de soplo	4-8
	Cambios de bisagras	4-14
	Nivela portafondos	8-10
	Nivela cabeza de Soplo	5-15
	Coloca dedos	3-8
	Nivela sacadora	6-14
	Ajusta banda acarreadora	6-8
	Coloca moldes, fondos, cabeza de soplo	12-18
	Ajustar empujadores 90°	10-12
	Ajustar velocidad de banda acarreadora	6-12
	Ajustar transfer	2-8
	Ajustar empujador al templador	8-12

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 34. Ejemplo de registro de tiempos muertos en máquina formadora

OBSERVACIONES			
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	MIN
Se puede colocar moldes y fondos sólo para calibrar al final.	10:01	10:06	00:05
Se colocar bisagra reparada y una usada en el mismo carro.	09:45	09:48	00:03
Al estar calibrando quedan dos personas ociosas	09:32	09:47	00:12
Interferencia por error en bisagras (tiempo de llegada)	10:15	10:17	00:02
Interferencia por cambio de canal curva	10:33	10:35	00:02
Falla en mecanismo de pistón sección 1	10:45	11:01	00:16
Falla brazo de sacadora (dedos) sección	11:16	11:19	00:03
Falla comunicación para rechazadores de envase	11:27	11:35	00:08

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

3.2.2. Revisión y tabulación de datos

Los resultados de las mediciones realizadas a 36 cambios se presentan en la tabla II, se tomó en consideración el tiempo de cambio físico (T1), el tiempo de

acorrentamiento y carga de vidrio (T2) y finalmente el tiempo total de realización del cambio (TT).

Tabla II. **Tiempos de cambios de moldura**

**RESUMEN DE MEDICIONES DE TIEMPOS DE CAMBIO DE MOLDURA
CAMBIO FISICO (T1), CARGA DE VIDRIO (T2) Y CAMBIO TOTAL (TT)**

No. CAMBIO	FECHA	CAMBIOS DE MOLDURA		TT	T1	T2
		MAQUINA	MOLDURA			
1	4/2/16	11	C2399	1.85	1.2	0.65
2	13/2/16	11	C2548	1.95	1.25	0.7
3	25/2/16	11	C2483	0.99	0.5	0.49
4	6/2/16	13	C2533	1.98	1	0.98
5	15/2/16	45	C2418	2.6	1.83	0.77
6	16/3/16	11	C2043	1.9	1.08	0.82
7	17/3/16	11	C2275	1.71	1.08	0.63
8	22/3/16	11	C1268	1.72	1.16	0.56
9	3/3/16	11	C2029	0.99	0.42	0.57
10	10/3/16	12	C7265	1.71	1.16	0.55
11	7/3/16	13	C2481	1.18	0.83	0.35
12	2/4/16	45	C7185	0.58	0.33	0.25
13	5/4/16	11	C2275	1	0.83	0.17
14	5/4/16	13	C1433	0.5	0.33	0.17
15	9/4/16	13	C2232	0.75	0.33	0.42
16	12/4/16	13	C2037	1.17	1.01	0.16
17	6/4/16	41	C1496	0.5	0.33	0.17
18	8/4/16	41	C0223	0.25	0.17	0.08
19	16/4/16	41	C2584	0.75	0.33	0.42
20	21/4/16	41	C2079	0.7	0.5	0.2
21	8/4/16	42	C2235	0.55	0.33	0.25
22	13/4/16	42	C2360	0.82	0.5	0.32
23	23/4/16	42	C1959	1.5	1.33	0.17
24	26/4/16	42	C2087	2.5	2.33	0.17
25	7/4/16	45	C8541	0.75	0.33	0.42
26	9/5/16	12	C2438	0.5	0.33	0.17
27	20/5/16	12	C1905	0.8	0.5	0.3
28	1/5/16	13	C2474	0.87	0.5	0.37
29	4/5/16	13	C2473	0.33	0.17	0.16
30	5/5/16	13	C1270	0.86	0.67	0.19
31	13/5/16	13	C1505	0.44	0.33	0.14
32	25/5/16	13	C1115	0.8	0.5	0.3
33	27/5/16	13	C2175	0.5	0.33	0.17
34	2/5/16	41	C2029	0.46	0.33	0.13
35	11/5/16	41	C2549	0.71	0.5	0.21
36	13/5/16	41	C2396	0.48	0.33	0.15

Fuente: Vidriera Guatemalteca, S. A.

Los resultados de *Pack to Melt* en carrera y en las primeras 24 horas (eficiencia de cambios) para los 36 cambios analizados, se muestran en la tabla III.

Tabla III. ***Pack to Melt*** carrera de producción y ***Pack to Melt*** 24 horas (eficiencia *Wiegand*)

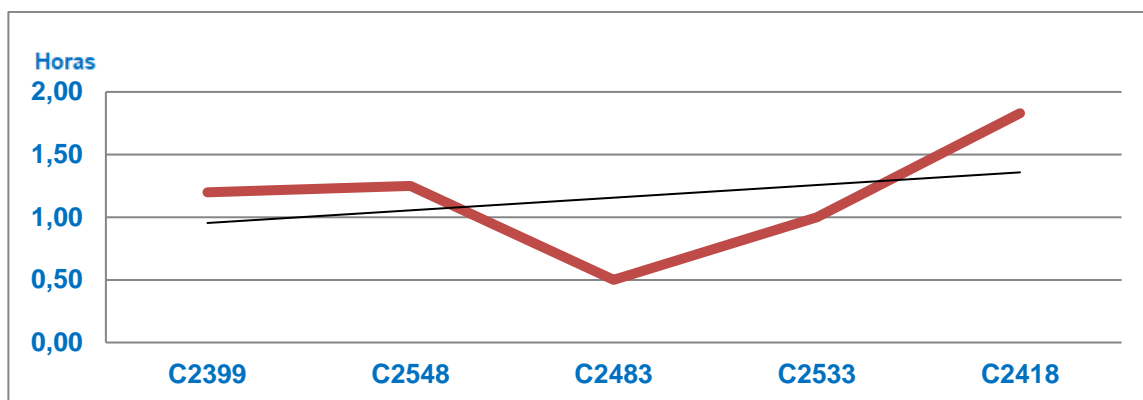
Maquina	Descripcion	PTM CARRERA	Inicio	Fin	PTM 24 HRS.
MA011CRI	C2399	85.17	4/2/16	10/2/16	76.22
MA011CRI	C2548	80.33	13/2/16	16/2/16	70.29
MA011CRI	C2483	85.64	25/2/16	27/2/16	81.50
MA012CRI	C2297	81.46	3/2/16	5/2/16	77.31
MA013CRI	C2533	77.21	6/2/16	8/2/16	72.71
MA013CRI	C1704	94.67	17/2/16	25/2/16	89.89
MA045CRI	C2418	86.11	15/2/16	17/2/16	81.23
MA011CRI	C2043	72.98	16/3/16	17/3/16	72.98
MA011CRI	C7129	86.76	17/3/16	22/3/16	76.20
MA011CRI	C1268	90.63	22/3/16	28/3/16	81.30
MA011CRI	C2029	90.98	3/3/16	16/3/16	86.30
MA011CRI	C2275	50.70	17/3/16	17/3/16	50.70
MA012CRI	C1028	89.69	8/3/16	10/3/16	86.85
MA012CRI	C7265	80.85	10/3/16	14/3/16	76.79
MA013CRI	C1898	84.38	9/3/16	11/3/16	84.27
MA013CRI	C2481	69.30	7/3/16	9/3/16	60.52
MA013CRI	C1901	78.50	4/3/16	7/3/16	79.68
MA013CRI	C1988	76.79	11/3/16	12/3/16	76.79
MA011CRI	C2275	85.26	5/4/16	11/4/16	83.96
MA013CRI	C2037	74.88	12/4/16	14/4/16	79.54
MA013CRI	C1433	90.76	5/4/16	9/4/16	93.45
MA013CRI	C2232	90.69	9/4/16	12/4/16	85.52
MA041CRI	C1496	91.93	6/4/16	8/4/16	94.35
MA041CRI	C0223	95.06	8/4/16	12/4/16	99.00
MA041CRI	C2584	86.09	16/4/16	21/4/16	83.32
MA041CRI	C2079	85.33	21/4/16	25/4/16	83.33
MA042CRI	C2360	90.17	13/4/16	23/4/16	86.67
MA042CRI	C1959	83.49	23/4/16	26/4/16	76.15
MA042CRI	C2087	89.99	26/4/16	2/5/16	83.06
MA042CRI	C2235	93.65	8/4/16	13/4/16	94.81
MA045CRI	C7185	89.63	2/4/16	7/4/16	88.85
MA045CRI	C8541	92.57	7/4/16	22/4/16	88.58
MA012CRI	C2438	88.84	9/5/16	20/5/16	88.56
MA012CRI	C1905	88.45	20/5/16	25/5/16	91.47
MA013CRI	C2474	86.58	1/5/16	4/5/16	76.72
MA013CRI	C2473	92.87	4/5/16	5/5/16	92.87
MA013CRI	C1270	92.67	5/5/16	13/5/16	84.14
MA013CRI	C1505	92.02	13/5/16	16/5/16	93.75
MA013CRI	C1115	88.10	25/5/16	27/5/16	89.09
MA013CRI	C2175	90.04	27/5/16	31/5/16	89.97
MA041CRI	C2029	90.47	2/5/16	11/5/16	91.50
MA041CRI	C2549	91.51	11/5/16	13/5/16	91.38
MA041CRI	C2396	90.67	13/5/16	16/5/16	90.10

Fuente: Vidriera Guatemalteca, S. A.

Con los datos obtenidos y reflejados en las tablas II y III, es posible procesar gráficas de comportamiento de los tres tiempos de ejecución de los cambios de moldura, T1, T2 y TT, a lo largo de cada uno de los meses donde se desarrolló la investigación, pues se puede perfectamente apreciar que con la implementación y dominio de las etapas básicas de la técnica *SMED*, se va generando una tendencia de mejora en los tiempos demandados por los cambios para ser realizados.

Se presentan a continuación las gráficas mensuales de los tiempos de cambios analizados en la investigación:

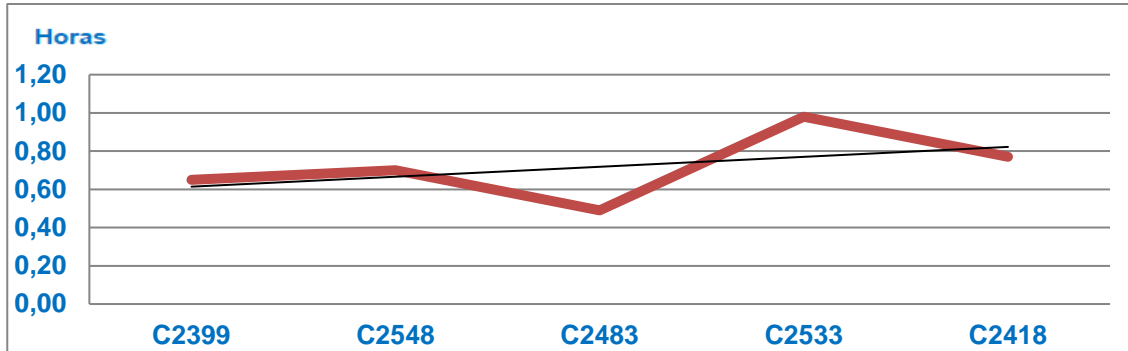
Figura 35. **Tiempo de cambio físico en máquina (T1) febrero 2016**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Con el conocimiento muy fresco y la poca práctica en su aplicación, es posible ver en la figura No. 35, que no se perciben mejoras en el cambio de piezas en la máquina formadora para los cambios evaluados. Las rutinas se ejecutan sin mayores cambios, ni en la ejecución ni en la preparación del cambio de moldura. Se identifican opciones de mejora, buscando mejores secuencias de cambios físicos en programación.

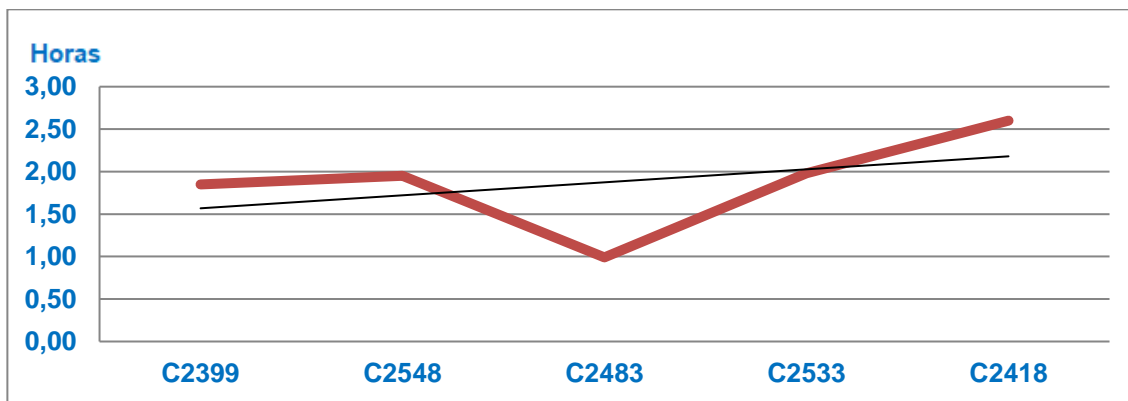
Figura 36. **Tiempo de carga de vidrio y corrección defectivo (T2)**
febrero de 2016



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

De igual forma analizando la figura 36, en el tiempo de carga con vidrio y corrección de defectos de los cambios, no es percibida una mejora en este primer mes de evaluación, se identifican aspectos a mejorar en la secuencia del programa de producción para facilitar acondicionamientos de vidrio.

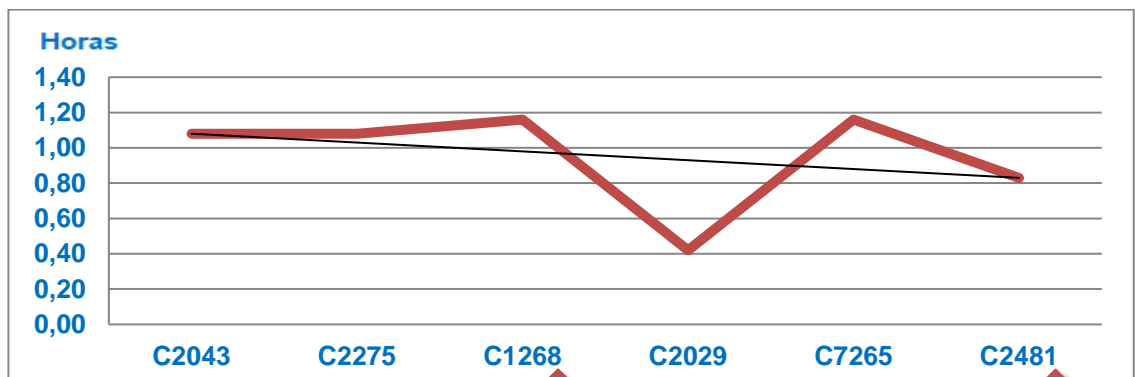
Figura 37. **Tiempo total (TT) cambios de moldura febrero de 2016**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Por lo anteriormente indicado en la figura No. 37, en el mes de febrero 2016 no fueron percibidas mejoras en el tiempo de ejecución de los cambios de moldura analizados.

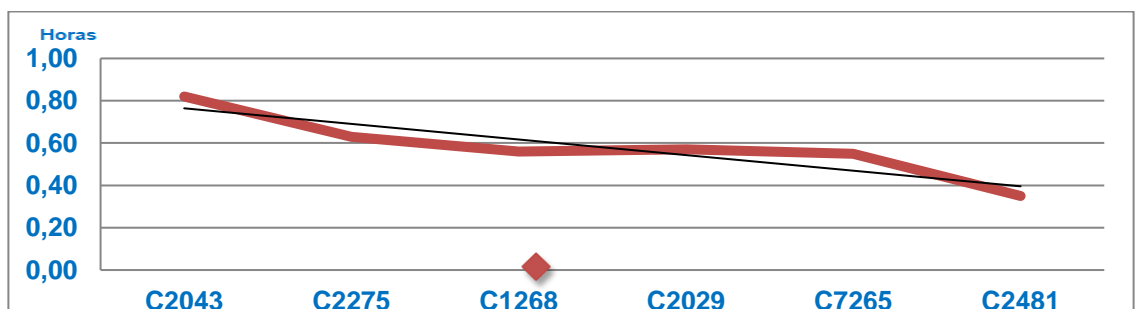
Figura 38. **Tiempo de cambio físico (T1) Marzo de 2016**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

El tiempo de cambio físico de los cambios analizados para el mes de marzo, generó una tendencia a la baja como es posible apreciar en la figura 38.

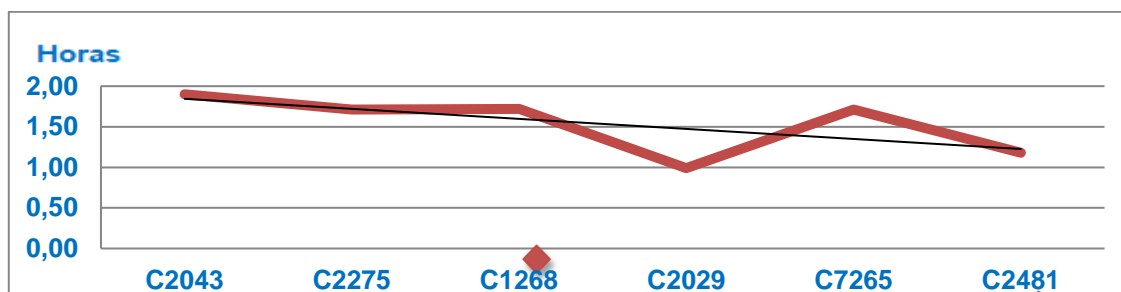
Figura 39. **Tiempo de carga de vidrio y corrección de defectivo (T2) marzo de 2016**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

El tiempo de carga de vidrio y la corrección de defectivo en la figura 39, resultado de los cambios hechos en el mes de marzo 2016, también presentan una tendencia a la baja, lo cual indica que se perciben mejoras en ejecución de tiempos de cambio.

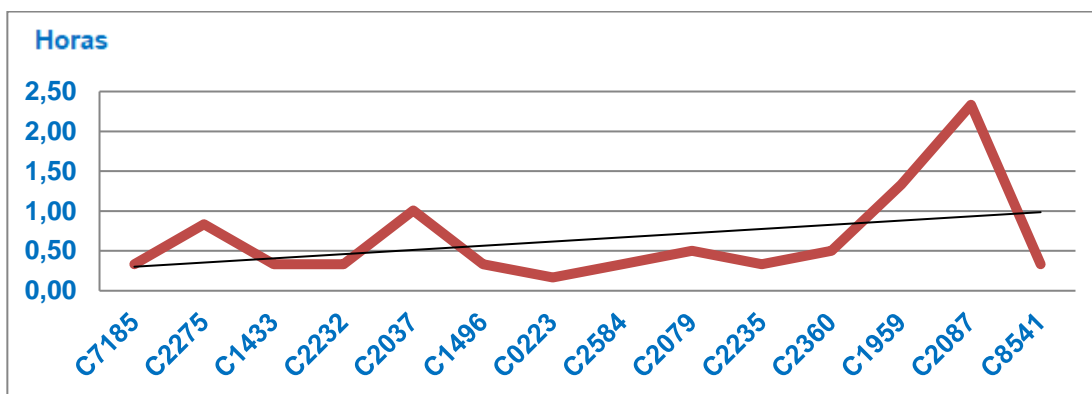
Figura 40. **Tiempo total cambio de moldura (TT) marzo de 2016**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

El tiempo total de ejecución de cambios de moldura, analizados presenta una tendencia a la baja en la figura 40.

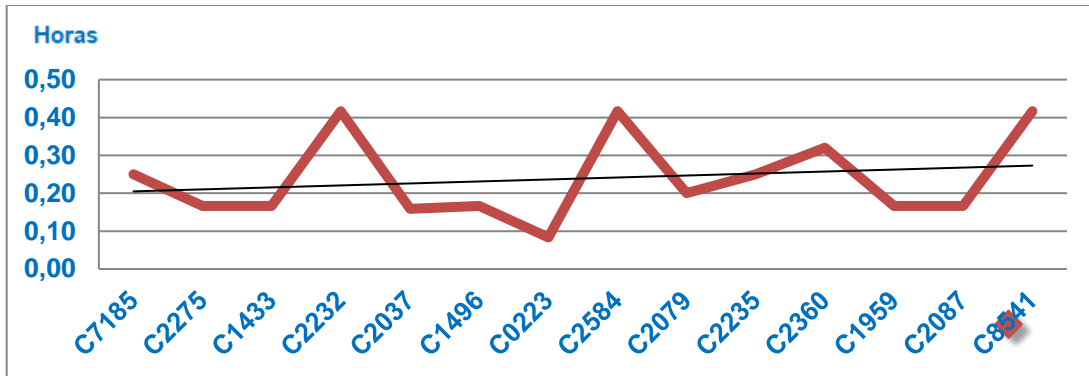
Figura 41. **Tiempo de cambio físico (T1) abril de 2016**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

El evento de cambio físico de C2087, una moldura con alto grado de dificultad y cambio de sistema impacta fuertemente en el resultado. Los restantes cambios físicos están por debajo de 1.5 horas de ejecución que como se presenta en los resultados en la figura 41.

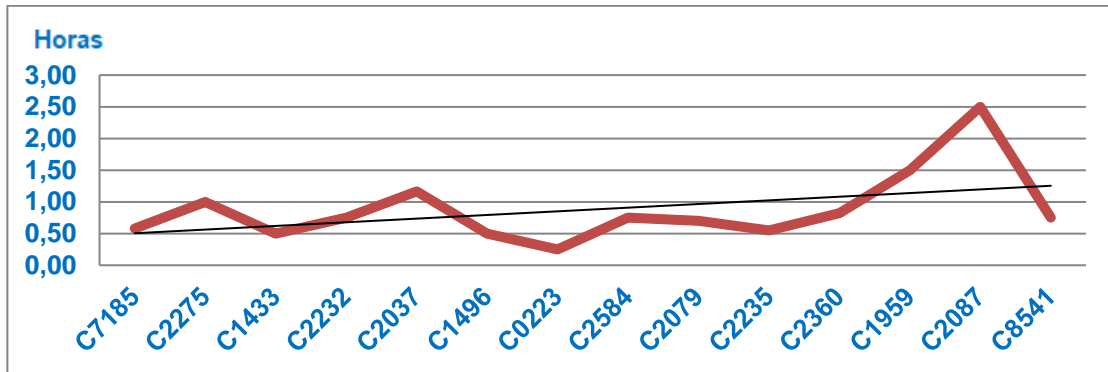
Figura 42. **Tiempo de carga de vidrio y corrección de defectivo (T2)**
abril de 2016



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

La figura 42 ilustra resultados de los envases que requirió más tiempo de acondicionamiento de vidrio y que presentan los incrementos de tiempo de cambio T2 en el mes de abril 2016.

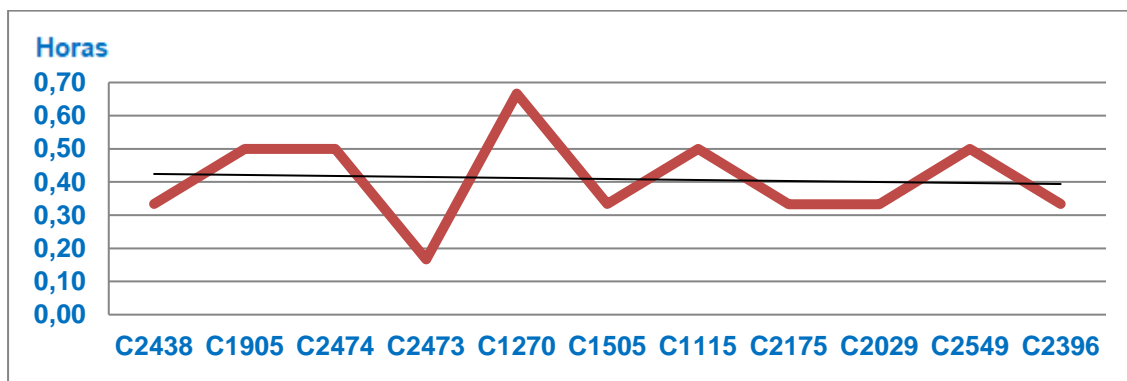
Figura 43. **Tiempo de cambio físico en máquina (TT) abril de 2016**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

La tendencia de los tiempos de cambio totales del mes de abril 2016 es al alza, influenciada por los resultados del cambio de sistema de la moldura C2087, uno de los cambios con mayor complejidad, que se aprecia en la figura 43.

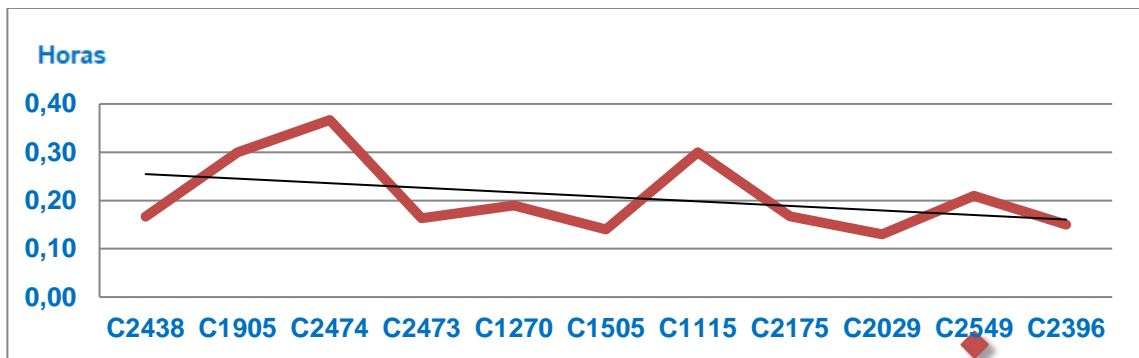
Figura 44. **Tiempo de cambio físico en máquina (T1) mayo de 2016**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Considerando un programa de producción que demandó cambios de montajes diversos en las máquinas, se aprecia en la figura No. 44 que aún con esta condicionante, la tendencia del cambio físico en las molduras que fue analizada, es hacia la baja.

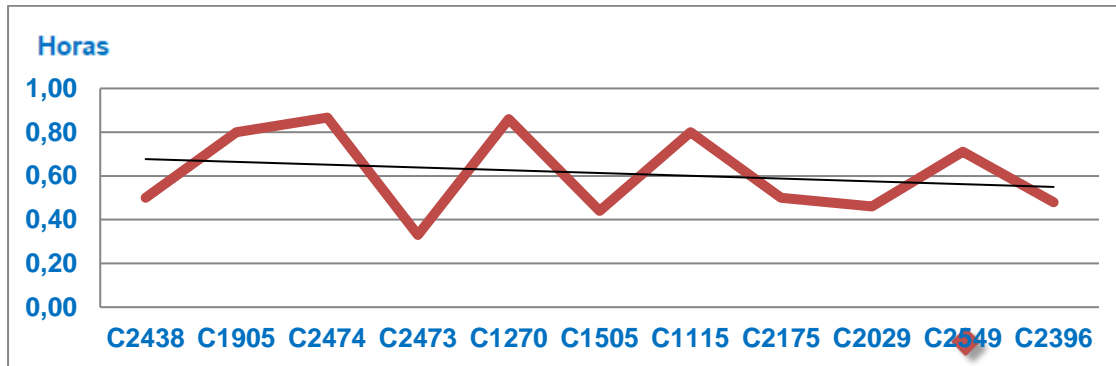
Figura 45. **Tiempo de carga de vidrio y corrección de defectivo (T2)**
mayo de 2016



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

El tiempo de carga con vidrio y corrección de defectivo de los cambios analizados en el mes de mayo 2016, presenta una tendencia a la baja como se aprecia en la figura No. 45. La cercanía de los envases en cuanto a peso y condiciones térmicas necesarias en el vidrio, facilitó en mucho el ajuste requerido para la formación de la botella.

Figura 46. **Tiempo total de cambios de moldura (TT) mayo de 2016**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

El tiempo total de los cambios analizados en mayo 2016, presenta tendencia a la baja como es posible apreciar en la ilustración 46. La etapa de planificación fue apoyada fuertemente consiguiéndose que las secuencias de cambios fueran mucho más lógicas y viables. Esto permitió que los cambios de moldura obtuvieran buenos resultados.

3.3. Objetivo 2: comprobar si las herramientas y maquinaria utilizadas por los operadores son las adecuadas para la correcta ejecución de los cambios de moldura

Como parte fundamental del estudio a realizar, se procedió a evaluar las herramientas que son necesarias para el personal para poder desarrollar las actividades del cambio.

En función del segundo objetivo planteado, se obtienen a continuación los siguientes resultados.

3.3.1. Operaciones de desmontaje y montaje

Las principales labores por realizar durante el desmontaje de las piezas que pertenecen a una moldura en producción, se pudo ubicar como las siguientes:

- Retirar las piezas de moldura
- Retirar las bisagras que sostienen la moldura en la máquina
- Retirar el equipo de entrega
- Retirar el equipo de manejo de botella
- Retirar el orificio refractario

Para poder realizar estas tareas, el personal cuenta con equipamiento básico (manual), con algunas excepciones donde por espacio o ubicación es factible usar equipo neumático para proceder a aflojar o apretar tornillería.

Las piezas que están saliendo del cambio de moldura (las que se están desmontando), son colocadas en carretas diseñadas para el efecto en función del equipo involucrado.

Las máquinas formadoras tienen la característica de que mucho del equipamiento puede ser colocado sin la necesidad de un sujetador atornillado en la máquina, lo que facilita la manipulación por parte del operador al momento de llevar a cabo su trabajo, con lo cual no se consideró rediseñar una herramienta especial necesaria para alguna actividad en específico. El equipo viene adaptado para facilitar los montajes de las piezas en las máquinas.

Figura 47. **Juego de herramientas operadores y mecánicos del cambio de moldura**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

El listado de las herramientas con que cuentan tanto los operadores de cambios de moldura como los mecánicos que les asisten son:

- *Ratchet* raíz $\frac{1}{2}$ ".
- Copas de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{9}{16}$ " y $\frac{1}{2}$ ".
- Llaves cola-corona de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{9}{16}$ " y $\frac{1}{2}$ ".
- Llaves hexagonales *Allen* de $\frac{3}{8}$ ", $\frac{5}{16}$ ", $\frac{7}{32}$ ", $\frac{1}{4}$ ", $\frac{3}{16}$ ", $\frac{5}{32}$ " y $\frac{1}{8}$ ".
- Juegos de llaves hexagonales *Allen* en L: medida milimétrica (mm) y americana (pulgadas).
- Destornillador plano.
- Linterna de mano.

- Equipo de seguridad estándar (casco, gafas, protectores auditivos, guantes con aislamiento para el calor, entre otros.).

Como ayuda para las molduras que trabajan en el sistema de triple cavidad, por su volumen y peso, se cuenta con elevadores eléctricos de diseño particular, para poder acceder a las áreas donde se necesitan colocar los portamoldes o bisagras a lo largo de la máquina.

Estos equipos representan una importante herramienta para el cambio físico, debido a que los portamoldes oscilan en pesos desde los 12 hasta los 25 kilos en algunos casos, pudiendo presentar severas dificultades en desmontajes y montajes si no se contara con este recurso valioso en las operaciones diarias.

Figura 48. **Elevador eléctrico**



Fuente: CHM. (s.f.). *Polipastos Eléctricos de Cadena*. Consultado el 15 de noviembre de 2017.
Recuperado de <https://polipastoselectricosdecadena.com/>.

Por lo regular no se realizan durante el desmontaje de piezas actividades que demanden precisión o calibraciones en particular, sino que solamente es necesario tener un ordenamiento para poder retirar de la máquina todo el equipamiento y evitar contratiempos en la etapa de montaje.

Por otra parte, en el manual de cambios, Vidriera Guatemalteca (1992), se menciona que dentro de algunas de las principales labores a realizar durante el montaje de las piezas que pertenecen a una moldura en producción se pueden ubicar las siguientes:

- Instalar el orificio refractario si amerita por referencia.
- Instalar los porta-moldes o bisagras que sostienen la moldura en la máquina.
- Colocar el equipo de entrega.
- Colocar el equipo para manejo de la botella.
- Instalar las piezas de moldura correspondientes.

En la tabla IV se muestra un condensado de las actividades principales en los cambios de moldura con sus respectivos tiempos tomados durante el tiempo en que se realiza la investigación sobre los 36 cambios definidos para análisis. Es posible apreciar que el rango de tiempo de cada actividad es amplio, lo que indica que las secuencias de programación de los cambios de moldura tienen una muy importante influencia en el resultado alcanzado en función del tiempo invertido para su realización.

Tabla IV. **Actividades principales de los cambios de moldura**

ACTIVIDAD	TIEMPO (minutos)	MAX TIEMPO (minutos)	MIN
QUITAR/PONER BOMBILLOS	37	9	
NIVELAR LADO BOMBILLO:	42	4	
QUITAR/PONER MOLDES:	18	8	
NIVELAR LADO MOLDE:	70	9	
AJUSTE DE MECANISMOS:	140	35	
AJUSTES DE MANEJO:	77	14	
LIMPIEZA DE MÁQUINA	47	29	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Algunos aspectos que pueden influir en los tiempos de realización de los cambios podrían ser:

- El tamaño de los moldes influye en la velocidad de los movimientos que el operador puede realizar, pues a mayor tamaño de molde se demanda más fuerza de trabajo y resistencia y por lo tanto la velocidad de acción disminuye, por lo tanto, todo análisis que pueda realizarse en cuanto al tamaño de los moldes que se instalarán en la máquina formadora tendrán un buen aporte a la mejor ejecución del cambio de moldura.
- Aunque varios operadores ejecuten mediante rotación la misma tarea, no existe diferencia significativa entre estos al momento de realizarlas dentro de la rutina de un mismo cambio, es decir no se pueden apreciar distingos fuertes de destreza o habilidad entre el personal operativo, considerándose por tanto al personal con un nivel de experto en las tareas que tienen asignadas.

- Cada moldura requiere su propio equipo variable para poderse montar en la máquina, pero hay casos muy frecuentes en los cuales un mismo equipo variable que se instala en la máquina puede manejar diversos sets de moldura, lo que reduce la cantidad de movimientos u operaciones en ese tipo de cambios, por lo que una misma actividad puede durar menos tiempo entre cambios. Al igual que para el caso del tamaño de los moldes, las dimensiones del equipo variable pueden ser un factor importante al considerar los cambios de moldura.
- Cuando se realizan los cambios tipo IV o V en la máquina formadora, es cuando mayor grado de dificultad presentan éstos (aspecto que fue indicado ya en la teoría expuesta en esta tesis), por lo que también se constituye en un punto relevante a tomar en cuenta, el tipo de cambio.
- Hay ocasiones en los que es necesario llevar a cabo algún cambio de mecanismo en la máquina formadora, lo cual en definitiva afecta la normal secuencia de operación para los técnicos y operadores a cargo del cambio, esto también es una fuente de tiempo incremental en la realización de las operaciones por lo cual es vital también considerarlo.
- En aras de garantizar un ambiente aceptable para realizar las actividades a cargo de los operadores, el mantener una rutina en los cambios de moldura para limpiar la máquina de residuos de vidrio es aconsejable, definitivamente la tarea de limpieza no puede obviarse por muy trivial que parezca.

Para poder realizar estas tareas, al igual que para las labores de desmontaje, el personal cuenta con equipamiento básico (manual) descrito anteriormente, más sin embargo se agregan aquí los niveles o calibradores

(*dummies*) en particular para poder asegurar el correcto montaje de las piezas tanto de equipo como de moldura en la máquina, logrando hacerlo de forma rápida, segura y confiable, se pudo ubicar como una muy buena práctica.

El correcto ajuste de las piezas en la etapa del montaje garantiza que la formación del envase reduzca la posibilidad de generación de defectos que afecten el nivel de calidad esperado, por lo que se recomienda poner mucha atención a estos detalles.

La evaluación de la máquina formadora es muy importante para el buen desarrollo de los cambios de moldura, por esa razón en esta sección se explica lo que se hace para mantenerla en condiciones de poderse operar sin problemas para la realización de los cambios de moldura.

3.3.2. Condiciones de trabajo

La evaluación de la máquina formadora es muy importante para el buen desarrollo de los cambios de moldura, por esa razón en esta sección se explica lo que se hace para mantenerla en condiciones de poderse operar sin problemas para la realización de los cambios de moldura.

Al constituirse el cambio de moldura en un conjunto de operaciones que se desarrollan de forma simultánea en la máquina formadora, es necesario que todo el conjunto de piezas que conforman la máquina y que permiten su funcionamiento se encuentren en buen estado para no afectar negativamente el flujo de las operaciones y por consiguiente las secuencias de los trabajos que impidan mantener una coordinación adecuada entre los integrantes del *team* de cambios, principalmente porque la máquina se convierte en el centro medular del

trabajo para el equipo de cambios que realizar los cambios de moldura (Vidriera Guatemalteca, 1997).

Por esta misma razón se cuenta en la empresa con un programa de mantenimientos preventivos y correctivos para solventar las necesidades de las máquinas formadoras, cuya operación es 24 horas hasta su sustitución.

Se cuenta también con un equipo de aspirado industrial asignado exclusivamente para la conservar limpia la maquinaria y retirar los fragmentos de vidrio que pudiesen depositarse entre las secciones operativas de la máquina y que signifiquen un riesgo u obstáculo al personal para realizar su tarea sin problemas.

Figura 49. **Aspiradora industrial para limpieza de máquina**



Fuente: [Fotografía de Luis Renato Vanegas]. (Guatemala. 2016). Colección particular.
Guatemala.

El equipo de seguridad también está diseñado brindar al personal protección al calor o altas temperaturas de piezas metálicas o refractarias que normalmente están expuestas al calor de combustiones propias del proceso de fabricación de envases de vidrio.

Como parte primaria del plan de mantenimiento preventivo se tienen las inspecciones de máquinas, las cuales son realizadas de acuerdo con la frecuencia definida por el taller responsable para poder realizar una evaluación del funcionamiento de los distintos componentes de la máquina.

Comenzando por las principales interacciones para la ejecución del cambio de moldura o que reciban un desgaste mayor como consecuencia de la operación en sí de los equipos.

Estas inspecciones son realizadas de forma superficial, a manera de evaluación rápida ya que la operación continua de la máquina dificulta disponer de todo el tiempo que se quisiera para poder hacer una evaluación profunda.

Si en las inspecciones se logró detectar condiciones anormales, entonces se procede con la debida preparación a coordinar los trabajos necesarios para reparar o sustituir los mecanismos que lo ameriten (Vidriera Guatemalteca, 1997).

En la figura 50, se muestra un ejemplo de formato de inspección para la máquina *IS* por parte del personal de mantenimiento:

Figura 50. **Formato de inspección máquina formadora**

GUIA PARA INSPECCION DE MAQUINA I.S.				
MAQUINA : _____ FECHA DE REALIZACION : _____ REALIZADA POR : _____ Nombre : _____ Firma : _____				
PUNTO DE INSPECCION		BUENO	MALO	OBSERVACIONES
MECANISMO DE EMBUDO	JUEGO ENTRE LEVA Y ROL AMORTIGUAMIENTO			
MECANISMO DE OBTURADOR	VELOCIDAD DE OPERACIÓN JUEGO ENTRE LEVA Y ROL AMORTIGUAMIENTO BUSHING DE CHUMACERA VELOCIDAD DE OPERACIÓN			
MECANISMO DE INVERSION	AMORTIGUAMIENTO VELOCIDAD DE INVERSION			
MECANISMO PORTA CORONA	APERTURA Y CIERRE DE MECANISMO			
MECANISMO DE BOMBILLO	COJINETES ANTIDREFLECTOR SEGURO DE BISAGRAS			
TOBERAS DE ENFRIAMIENTO	ESTADO			
MECANISMO DE MOLDE	VALVULAS DE ABRIR / CERRAR			
MECANISMO DE PISTON	FUNCIONAMIENTO			
BLOCK DE VALVULAS	FUNCIONAMIENTO AMORTIGUAMIENTO			
MECANISMO DE CABEZA DE SOPLO	VELOCIDAD DE MECANISMO SEGURO AMORTIGUAMIENTO			
MECANISMO DE SACADORA	VELOCIDAD DE MECANISMO FIJACION DEL POSTE ELEVADOR DEL MECANISMO			
MECANISMO PORTAFONDO	FUNCIONAMIENTO ELEVADOR DEL MECANISMO			

Fuente: Vidriera Guatemalteca, S. A.

3.3.3. Condiciones de mecanismos

Luego de que los mecanismos han sido inspeccionados y asignados para recibir algún tipo de reparación, contemplada dentro del programa de mantenimiento, se procede a la generación de las respectivas órdenes de trabajo, las cuales se trabajan dentro del sistema de administración del mantenimiento preventivo-correctivo para su debido registro y costeo.

Es relevante mencionar, que el sistema permite asignar automáticamente los recursos materiales que faciliten los trabajos de reparación. Se puede tener en este plan de mantenimiento contempladas actividades derivadas de las inspecciones, como también por registros de horas de trabajo de los mecanismos, siendo esta una recomendación del fabricante para el buen mantenimiento de la operación diaria (Vidriera Guatemalteca, 1997).

En la figura No. 51 se muestra una vista de la pantalla del sistema de administración de mantenimiento preventivo.

Figura 51. **Muestra de pantallas del sistema para registro de las reparaciones de mecanismos**

The screenshot displays a software interface for modifying a preventive maintenance order. The title bar reads "Modificar Orden de mantenimiento preventivo VICAL 15001752: Cabecera c". The interface includes a toolbar with various icons and a menu bar with options like "Oerre.comercial". The main form is divided into several sections:

- Order Information:** Orden: ZEM2 15001752, Stat.sst.: LIB. KGMP NLIQ PREC. A yellow box highlights "GUÍA PARA INSPECCION DE MAQUINA LS M12".
- Navigation Tabs:** Datos cab., Oper., Componentes, Costes, Objetos, Datos adic., Emplaz., Planific., Control.
- Responsible:** Gpo.plan.: 004 / VG10 IS, Rs.pto.tr.: MEIS-01 / VG10 MECANISMO DE IS.
- Costs and PM:** Aviso: [empty], Costes: 0.00 GTQ, Cl. acty.PM: 002 Mantenimiento.
- Dates:** Inic.extr.: 25.11.2015, Fin extr.: 25.11.2015, Prioridad: 4-bajo, Revisión: [empty].
- Object of Reference:** Ubic.téc.: VG10-2FA-FBV1-FL12, Equipo: 5001442, Conjunto: [empty].
- First Operation:** Operación: INSPECCION VISUAL GENERAL MENSUAL, PtoTrab/Ce: MEIS-01 / VG10, Cl. acty.: PMCMOD, Dur.oper.: 0.5 H.

A large red watermark "EJEMPLO" is overlaid diagonally across the center of the screenshot.

Fuente: Vidriera Guatemalteca, S. A.

3.4. Objetivo 3: desarrollar el programa de capacitación de los operadores de cambios de moldura para mejorar la ejecución de éstos

De acuerdo con el tercer objetivo planteado, se muestran a continuación los resultados generados.

Como se explicó en su momento, la metodología *SMED* era una herramienta de trabajo nueva para el personal del team de cambios de moldura, de cuenta que se definió realizar una capacitación para fortalecer el conocimiento del personal para que pudiesen acompañar de buena forma la aplicación de la metodología *SMED* en los cambios de moldura seleccionados, el programa de capacitación se muestra en la figura 52.

Figura 52. **Programa de capacitación personal grupo de cambios de moldura**

Tema	TIEMPO (HORAS)
1. ¿Qué es la técnica <i>SMED</i> ?	1
2. Etapas que comprende implementar <i>SMED</i> forme un grupo analice el cambio y sus operaciones	3
Aplique 5 s (incluir cada detalle de cada s)	
Clasificar	
Organizar	
Limpiar	
Estandarizar	
Auto disciplinar	
Convierta tareas (internas en externas)	1
Mejora las tareas internas resultantes	1
Mejora las tareas externas resultantes	1
3. ¿Qué beneficios se esperan al aplicar <i>SMED</i> en los cambios?	
4. ¿Cómo puedo apoyar en este estudio?	1

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Como punto de arranque, se definió aplicar una prueba de evaluación inicial a los operadores, para indagar su conocimiento sobre algunos conceptos que explica la metodología *SMED*; como por ejemplo, el separar las actividades previas al cambio de las propias del cambio (volver externas las que están consideradas como internas, entre otros.), teniéndose las notas de evaluación inicial que son presentadas en la tabla V:

Tabla V. **Resultados evaluación inicial**

PUESTO	TURNO	PUNTEO
OP Fabricación	A	53
OP Fabricación	A	41
OP Fabricación	A	41
OP Fabricación	A	60
OP Fabricación	B	34
OP Fabricación	B	36
OP Fabricación	B	42
OP Fabricación	B	50
OP Fabricación	B	45
OP Fabricación	B	32
OP Fabricación	C	58
OP Fabricación	C	52
OP Fabricación	C	40
OP Fabricación	C	36
OP Fabricación	C	36
OP Fabricación	C	30
OP Fabricación	C	38
OP Fabricación	D	34
OP Fabricación	D	38
OP Fabricación	D	36
OP Fabricación	D	35
OP Fabricación	D	36

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Fue establecido de común acuerdo con la administración, un requisito de aprobación con un nivel de 70 % como mínimo, por lo que, con este resultado inicial, se programa las sesiones presenciales al personal para dar a conocer los conceptos que imperan en la aplicación de la metodología *SMED*, de cuenta que

se puedan considerar el uso de estas herramientas de análisis y de beneficio desde la fase donde se prepara todo lo necesario para el cambio y no al momento de ejecutarlo, pues seguramente los resultados serían muy diferentes y totalmente fuera de lo esperado en este trabajo.

La capacitación fue programada a lo largo de dos semanas, en sesiones divididas de acuerdo con la carga de trabajo y disponibilidad del personal por programaciones de descansos, para que todos tuviesen la oportunidad de asistir, con una duración por sesión máxima de 60 minutos cada una por las diversas actividades y responsabilidades asignadas de los participantes.

Fue muy importante no solamente cubrir el material programado para la capacitación, sino también incentivar a los integrantes del *team* de cambios para que participaran de lleno en la investigación a través de la técnica de entrevistas que serían programadas luego de los cambios de moldura donde fuera posible implementar las etapas sugeridas por *SMED*.

Los perfiles de puestos y la experiencia acumulada en los años desempeñando el puesto de operadores de cambios por parte de los integrantes del *team* de cambios, marcó una diferencia fuerte a criterio del responsable de este trabajo de graduación, pues desde las capacitaciones mismas fueron presentándose ideas sencillas de mejores formas de hacer las cosas, como el ordenamiento del herramental, el análisis de mejor forma de lo que se necesitaba en preparación al cambio y de la cercanía a la máquina de las cosas para reducir los traslados y atrasos por no contar con lo necesario al frente de trabajo.

Al final de esta capacitación nuevamente fueron evaluados los mismos participantes, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla VI. **Resultados evaluación final**

PUESTO	TURNO	PUNTEO
OP Fabricación	A	85
OP Fabricación	A	87
OP Fabricación	A	84
OP Fabricación	A	84
OP Fabricación	B	81
OP Fabricación	B	88
OP Fabricación	B	83
OP Fabricación	B	88
OP Fabricación	B	89
OP Fabricación	B	83
OP Fabricación	C	81
OP Fabricación	C	86
OP Fabricación	C	82
OP Fabricación	C	89
OP Fabricación	C	85
OP Fabricación	C	86
OP Fabricación	C	86
OP Fabricación	D	88
OP Fabricación	D	89
OP Fabricación	D	89
OP Fabricación	D	84
OP Fabricación	D	87

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Es evidente que luego del refuerzo impartido a los operadores, los conceptos de la metodología *SMED*, fue ya mucho mejor comprendidos, por lo que cuando se avanzara en su aplicación en el trabajo diario, indudablemente serían muy bien aprovechados por los participantes.

Dado el nivel de antigüedad de los operadores y su experiencia integrando el equipo de cambios, no fue observado que el personal tuviese dudas de sus respectivas rutinas de trabajo o la comprensión de los indicadores de medición e incluso el conocimiento del procedimiento de cambios de moldura en cuanto las tareas allí asignadas, por lo que fue criterio del desarrollador de este estudio que

no hubo una necesidad de capacitación asociada con estos rubros al momento de la evaluación realizada.

3.5. Objetivo general: aplicación de la metodología *SMED* para mejorar el indicador en la realización de cambios de molduras en Vidriera Guatemalteca, S.A.

Los integrantes del grupo de cambios, de muy buena forma aceptaron las sugerencias derivadas de las etapas de aplicación de la metodología *SMED*, lo que facilitó que se tomaran medidas para poder realizar mejores planificaciones de las ejecuciones de los cambios, se dieron también mejoras en la disposición de los materiales para poder trabajar en los cambios y reducir los tiempos muertos que se pudo ubicar en las mediciones de tiempos de las actividades.

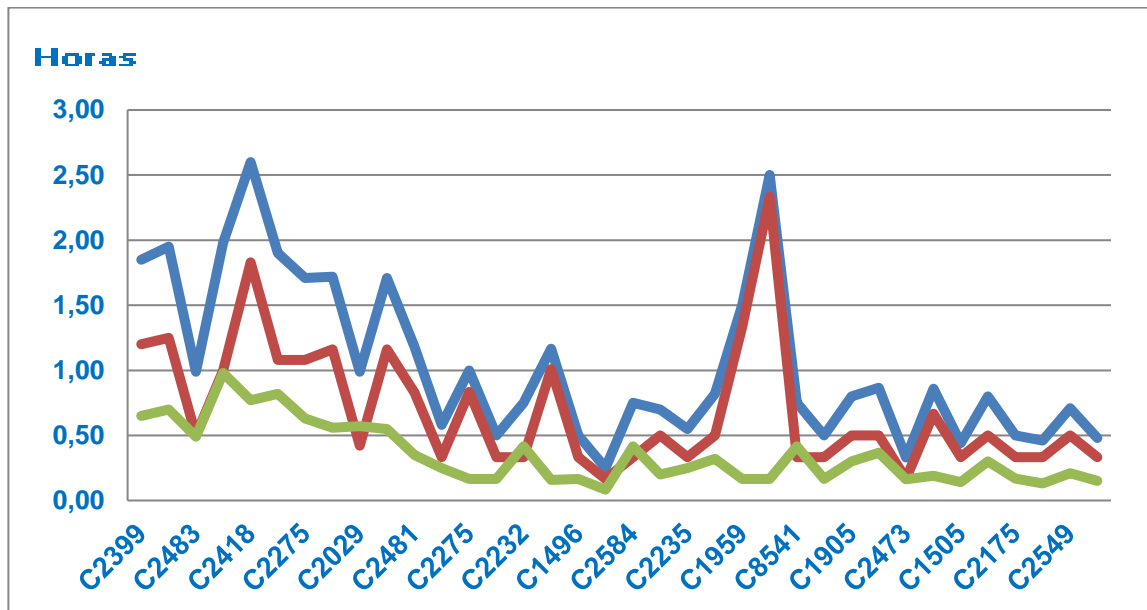
Se logra por tanto responder al objetivo general con los siguientes resultados:

Fue evidente que el tomar muy en consideración los mejores ordenamientos lógicos posibles que obedecieran a los tipos de cambios (qué tan complejo significaba hacer un cambio de moldura), como los diferenciales de peso entre los artículos que significarán invertir mucho tiempo en el acondicionamiento térmico del vidrio y la cantidad de movimientos asociados a tamaños de molduras o equipos que se necesitan desmontar y montar en las máquinas para poder fabricar los envases de vidrio.

Todo esto en conjunto aportó mejoras a los tiempos de realización de los cambios cómo es posible apreciar en la figura No. 53, que resume los tres tiempos de los cambios de moldura; el tiempo de realización del cambio físico (T1), el tiempo de carga de vidrio y corrección del defectivo (T2) y el tiempo total

resultante (TT), lográndose el impacto de que los tiempos en general fueron gradualmente disminuyendo en la ejecución de los cambios de moldura.

Figura 53. **Tiempo total (TT), tiempo cambio físico (T1) y tiempo de acorreamiento (T2)**



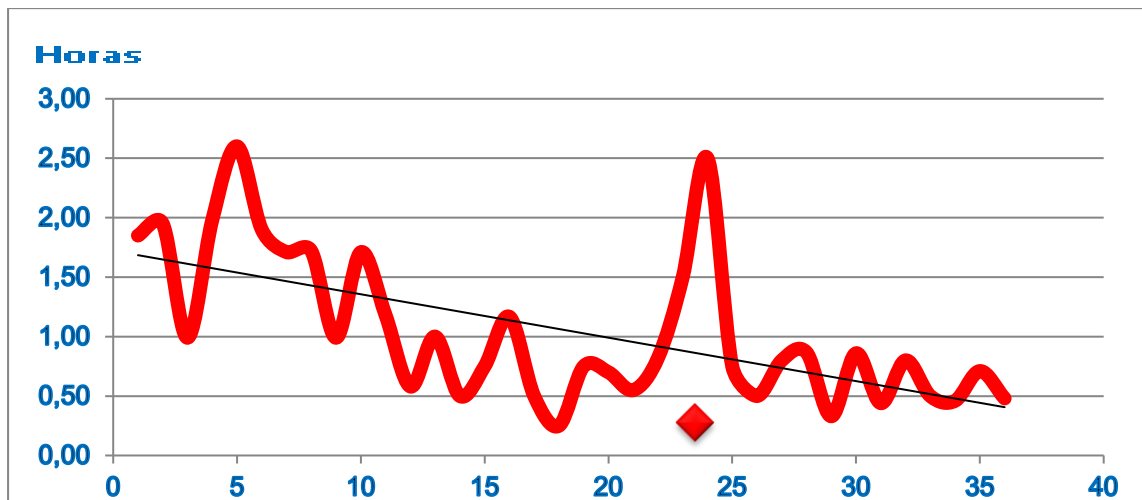
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

A lo largo de las 36 observaciones de cambios de moldura como muestra seleccionada en los 4 meses que duró la investigación se puede apreciar que los tiempos de cambio presentan una reducción.

En la misma figura No. 53, es posible apreciar cómo el tiempo total de los cambios de moldura de la muestra analizada al inicio de la investigación se encontraban por valores superiores a 1.5 horas de ejecución, mientras que al final se lograron tiempos por debajo de 1 hora. Una mejora de hasta el 33 % en algunos casos.

Si la empresa está ejecutando en estos momentos un promedio de 40 cambios mensuales, es posible calcular que se venía invirtiendo en realizar cambios de moldura entre 1 y 1.5 horas por línea, por lo que con un impacto de reducción del 33 %, la compañía mejorará su disponibilidad de producción en 13 horas-máquina adicionales al mes, lo cual en definitiva mejora su competitividad y también la atención de su mercado.

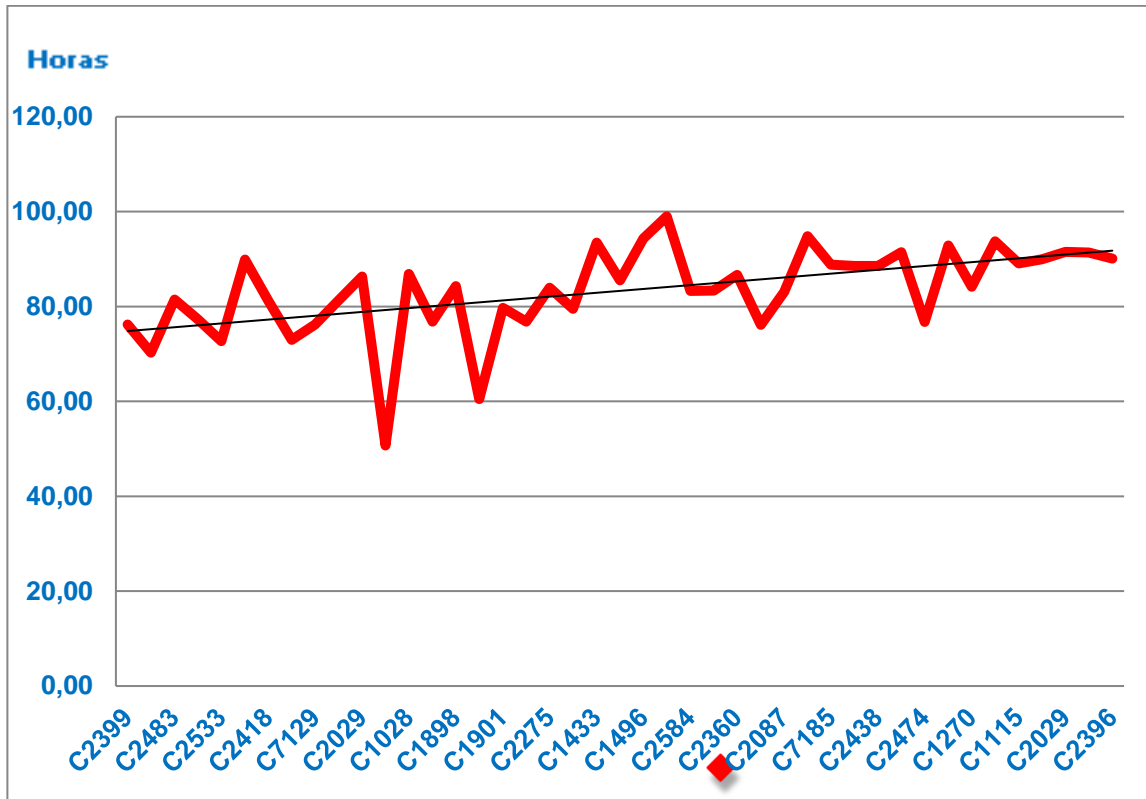
Figura 54. **Tiempo total de cambios de moldura (TT)**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

El tiempo total (TT) de los cambios de moldura mostrado en la figura 54, tiene una clara tendencia a la baja en la muestra seleccionada de cambios de moldura que se evaluó en esta investigación, lo cual soporta el efecto positivo de haber aplicado un análisis mediante la metodología *SMED*, que cubrió varios ámbitos relacionados con los cambios de moldura en las instalaciones productivas de la empresa.

Figura 55. PTM 24 horas de eficiencia Wiegand



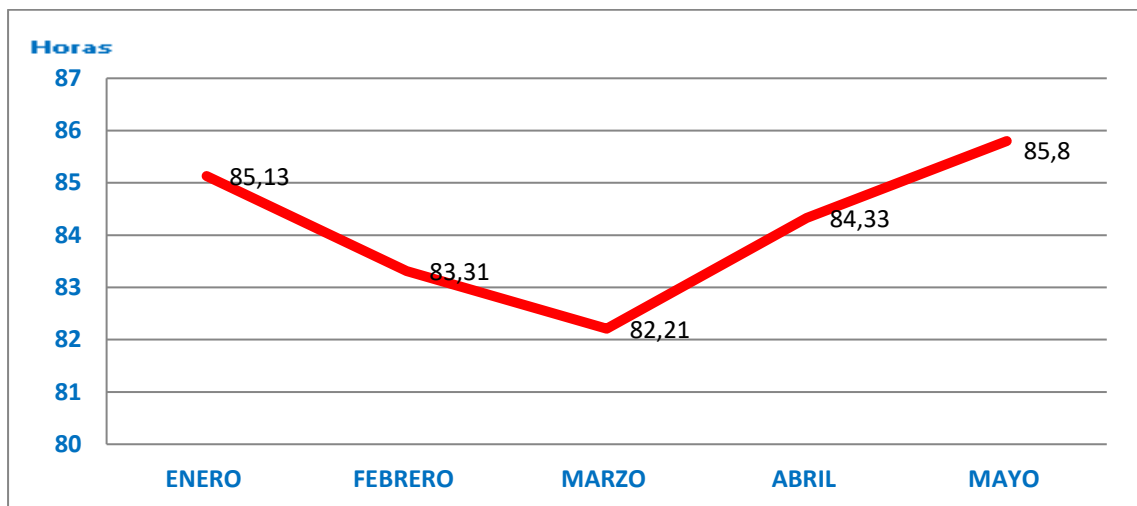
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

El *pack to melt* medido en las primeras 24 horas, como indicador de la eficiencia en la ejecución de los cambios de moldura, como es mostrado en la figura 55, posee una tendencia a la mejora (al alza), en el recorrido de los cambios seleccionados como muestra para la investigación. Esto también es el reflejo de la reducción de tiempos totales de ejecución que se pudo constatar en la figura 55. El resultado es demostrable.

La aplicación de la metodología *SMED* favoreció el mejoramiento del indicador operativo para la organización.

El resultado mostrado en la figura No. 56 se alinea claramente con el objetivo general de la investigación: aplicar la metodología *SMED* para mejorar el indicador en la realización de los cambios de moldura en la Vidriera Guatemalteca, S.A.

Figura 56. **Eficiencia Wiegand mensual enero-mayo 2016**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Al hacer el análisis del total de cambios de moldura realizados en los meses del período enero a mayo 2016 que son presentados en la ilustración No. 56, se puede apreciar de mejor forma la situación enfrentada por la compañía donde se realizó esta investigación, en el inicio del estudio en el mes de febrero, los cambios presentaban ya una disminución en su eficiencia de ejecución respecto del mes de enero, pasando de 85.13 % a 83.31 %, teniéndose el punto más bajo en Marzo con un 82.21 % para luego iniciar un repunte en abril a 84.33 % (donde ya se logra de nuevo la eficiencia requerida por la compañía).

Hasta llegar al final del estudio a un valor superior a la meta de 85.80 %, estos resultados soportan la aseveración de que efectivamente la aplicación de

la metodología *SMED* en la búsqueda de la mejor ejecución de los cambios de moldura, condujo a un cambio de intensidad de análisis del programa de producción para buscar facilitar las condiciones que permitan realizar cambios de moldura en menor tiempo y con una mejor eficiencia.

Se logra recuperar el indicador de eficiencia de *Wiegand* para la ejecución de los cambios para cumplir con la meta requerida del 84 %.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con los frutos alcanzados y que han sido mostrados con gráficas para el efecto, es posible comprobar que la metodología *SMED* es efectiva, en el desarrollo de cambios de moldura de una fábrica dedicada a la manufactura de envases de vidrio.

Los valores de los tiempos totales de cambio generados van desde 1.5 horas a 1 hora, con lo cual se logra una reducción del orden del 33 %, impactando favorablemente el resultado de la compañía.

El indicador de la eficiencia de ejecución de los cambios, eficiencia de *Wiegand*, tiene una mejoría desde 82.21 % en el mes más bajo de su ejecución, a 84.33 % en el siguiente mes, para finalmente llegar a un 85.80 % *pack to melt* en las primeras 24 horas, superando la meta requerida por la compañía de 84 %.

Para lograr la solución de la presente investigación, se concretaron las cuatro fases planteadas, en donde la primera fase, consistió en la revisión documental donde se pudo levantar los registros históricos de desempeño de los cambios de moldura en las fuentes primarias, secundarias y terciarias, también se realizó la investigación documental propia de la industria de vidrio.

La segunda fase, permitió responder al primer objetivo de la investigación, ya que fue evaluado el proceso existente de los cambios de moldura, mediante sus diagramas de operaciones y sus tiempos utilizados, se estableció las operaciones clave, fue descrito el equipo de personas asignado al cambio de

moldura y su entorno, por lo que se realizó evaluaciones presenciales, entrevistas, videos y tabulaciones de datos registrados. Las etapas de la metodología *SMED* iniciaron a aplicarse.

El segundo objetivo de la investigación fue respondido en la tercera fase, en donde fue evaluados tanto las herramientas, como las maquinarias que utiliza el personal para realizar sus tareas asignadas, encontrándose que ambas son adecuadas y no presentan una limitante para generar mejoras en las ejecuciones de los cambios de moldura.

La cuarta fase, permitió responder al tercer objetivo, donde fue analizada la necesidad de capacitar a los operadores que integran el equipo de cambios, en las etapas básicas para aplicar la metodología *SMED*, pues gracias a esto, al ser una técnica nueva para el grupo de personas del *team* de cambios y luego de comprenderla, muchas de las sugerencias de mejora pudo recibirse en las entrevistas realizadas posteriormente a la ejecución de los cambios de la muestra seleccionada.

Al inicio del estudio realizado se pudo constatar que los tiempos totales de ejecución de los cambios de moldura, presentaban valores superiores a las 1.5 horas en total; obteniéndose por tanto, resultados bajo de meta respecto del indicador de medición de ejecución de los cambios establecido por la compañía.

Conforme se fue presenciando más cambios y revisando los datos de las mediciones correspondientes, que fue posible establecer que independientemente del grado de dificultad, en cuanto a requerimientos de calidad que pudiese presentar un artículo, el tiempo de ejecución del cambio era un factor clave para el logro de un buen resultado, en la actuación del equipo a cargo de la ejecución del cambio de moldura.

Por mencionar ejemplos, la moldura C2399 que presentó un tiempo total de 1.85 horas, obtuvo un valor de eficiencia de ejecución de 76.22 %, mientras que la moldura C2518 con un tiempo total de 1.95 horas logró una eficiencia de ejecución de 70.29 %, estando ambos por debajo del valor esperado por la organización de un 84 %.

Pero lo más interesante se pudo detectar cerca del segundo mes de mediciones, en donde se pudo tener más certeza sobre la problemática, en envases en donde se conjugaban la mayoría de actividades fuertes del cambio de moldura (cambios tipo IV o cambios tipo V), eran los más propensos a obtener tiempos de realización de cambios más altos, al mismo tiempo que obtenían los valores más bajos de eficiencia.

Como en el caso de la moldura C2275, con un tiempo total de ejecución de 1.33 horas (cambio tipo IV o cambio de proceso pasando de sople-sople a prensa-sople boca angosta) y eficiencia de ejecución de cambios de tan sólo un 50.70 %, afectado también en este caso por una fuerte generación de defectos, consecuencia de ajustes no adecuados en la fase de cambio físico, lo cual indudablemente tuvo un efecto devastador en los resultados.

Es entonces donde la aplicación de la metodología *SMED* surge como una herramienta útil, para poder generar acciones encaminadas a mejorar actividades como parte de hacer cambios de moldura, día a día.

Bajo el principio de analizar cómo convertir actividades internas del cambio en actividades externas, que no interfieran con el funcionamiento de la maquinaria, surge la necesidad de analizar de mejor forma la programación con que se están enviando los cambios a la planta; para por este medio, sugerir las mejores secuencias de fabricación que otorguen la ventaja de poder aprovechar

al máximo las condiciones instaladas en las líneas de producción, para poder producir envases de la forma más eficiente posible.

Esta iniciativa es fácilmente defendible al analizar cambios que se consideró como exitosos como el caso de la moldura C1028, cuyo tiempo de ejecución del cambio total fue de 0.87 horas y su eficiencia de ejecución de 86.85 %, valor por encima de la meta requerida por la organización, teniendo como característica este cambio que no era un cambio tipo IV (cambio de proceso) sino un cambio tipo III, donde se cambió el orificio refractario, el equipo variable y la moldura.

Más impactante fue el cambio de la moldura C2029, donde su tiempo de cambio total fue de 0.99 horas y su eficiencia de 86.30 %, superior también a valor meta requerido, en donde la característica principal es que sus moldes son de un gran tamaño y peso (cercanos a los 12 kilogramos) lo que dificulta su fácil movilidad, de allí que su tiempo de ejecución no sea tan bajo, pero la máquina conservó mucho del equipo variable y orificio refractario de la moldura anterior, con lo cual la producción pudo iniciar cuanto antes y lograr importantes valores de eficiencia.

Con todo lo descrito anteriormente, se procedió entonces a cuidar de mejor forma el ordenamiento de la producción de los diferentes artículos, de forma que su cambio resultante fuera el más sencillo posible, esto se puede evidenciar cómo a lo largo del estudio los tiempos totales de los cambios se fue reduciendo.

De acuerdo con las gráficas tabuladas en los resultados, es posible arribar a la conclusión que gracias a aplicar la metodología *SMED*, se pudo revertir el comportamiento que se tenía en la realización de los cambios de moldura, con lo cual mejora la eficiencia de los cambios, el *pack to melt* en las primeras 24 horas.

- Análisis interno y externo de la investigación

El haber mejorado la realización de los cambios de moldura en casi más de 2 puntos de *pack to melt* mensual, le ha significado a la planta de producción una mejora en su productividad y en la capacidad para atender su mercado de mejor forma, pues los envases son fabricados sin repercutir en atrasos respecto del programa de producción.

Desde el inicio de la investigación, es muy sencillo poder enumerar los aspectos positivos que se percibió, se pudo incluir acá por ejemplo el irrestricto soporte de los ejecutivos de la organización para facilitar las condiciones y aperturas para poder llevarla a término, la siempre buena disposición de todo el equipo de cambios, incluyendo los departamentos de servicio, quienes desde las etapas iniciales, como en las capacitaciones comprendieron el enorme impacto que el uso de esta metodología podría tener en sus quehaceres diarios.

Como aspectos negativos, es posible indicar que dadas las condiciones en que se presentan los pedidos de los clientes y las capacidades instaladas de la fábrica, pueden existir compromisos adquiridos para entregar productos que afecten la programación y que impiden usar las secuencias más lógicas para la planificación y calendarización de la producción y contribuir a facilitar la obtención de buenos resultados en la eficiencia de los cambios de moldura, de donde los cambios de moldura no siempre se pueden realizar con este escenario idóneo, el mejor ordenamiento lógico posible, demandando invertir mayor tiempo en los cambios.

Aún y con las condiciones arriba indicadas, el usar la metodología *SMED* indudablemente aportó beneficio de la realización de los cambios.

En el pasado, mucho esfuerzo y recursos han sido asignados para reducir el tiempo de ciclo en la manufactura de bienes y acelerar el ritmo de la producción, pero se ha ignorado el tiempo de cambio de un producto a otro, esto condujo al concepto del lote económico.

Sin embargo, la reducción de tiempos de cambio (a lo que raramente la industria se ha enfocado), puede ser el equivalente a un enorme progreso en la tasa de producción del proceso, sin generar detrimento de la calidad, explica muy bien Joshi (2012). Para la empresa donde se realizó el estudio aquí presentado, resulta evidente que al reducir los tiempos de cambio, las eficiencias resultantes tuvieron un incremento, logrando cumplir la meta requerida por la compañía del 84 % *pack to melt* primeras 24 horas.

Por otro lado, se pudo comprobar en un estudio realizado por Molina y Reyes (2012) en la industria textil que los beneficios logrados mejoró el nivel de eficiencia de la planta, incrementando por ende su productividad y competitividad.

Para el caso de este estudio, definitivamente al lograrse mejorar los tiempos de cambio, la eficiencia de ejecución da un paso importante para lograr cumplir la meta requerida por la organización y atender el mercado de forma adecuada, de la mano del cumplimiento de sus estándares de producción.

Nieto, Delgado y Velásquez (2010), explican que la flexibilidad que logra la industria farmacéutica al aplicar la metodología *SMED*, hace que este sector productivo tenga una de las mejores respuestas a las necesidades del mercado, mediante la mejora de su eficiencia en la realización de los cambios de artículos en su línea de producción.

Definitivamente esto se valida en el estudio desarrollado, la empresa pudo absorber el incremento de cambios, desde 23 mensuales a una media de 40 eventos mensuales de cambios posteriormente, logrando el cumplimiento de la eficiencia de ejecución con la ayuda de la metodología *SMED*.

Con lo expuesto anteriormente, es viable concluir industrias en el mundo que aceptan el reto de adoptar esta gestión mediante la metodología *SMED*, enfrentan durante su implementación, el difícil arte de buscar el balance entre mantener un nivel de producción estable y la generación de stocks de inventarios, que afectan los resultados del desempeño financiero de la organización explican Martí y Torrubiano (2013), pero sus resultados contribuirán definitivamente a la supervivencia de la empresa.

La globalización continúa presionando los esquemas productivos de las empresas, en la búsqueda de mecanismos que les ayuden a ser más competitivas, siendo *SMED* como se vio en este trabajo de investigación, una metodología que luego de muchos años de su creación, pudo contribuir en ámbitos relacionados con la detección de actividades claves, la evaluación de herramientas y maquinaria.

Así como las necesidades de capacitación del personal involucrado, para aportar mejoras a la compañía que en definitiva le permitirán ser más competitiva, reducir sus inventarios al poder hacer más cambios de moldura y dar un mejor servicio de entrega a sus clientes.

La correcta aplicación de la metodología *SMED*, puede generar reducciones de tiempo de hasta un 60 % en la ejecución de actividades relacionadas con preparación y/o ejecución de cambios de artículo, como lo indica Ramos (2013).

Para el caso de este trabajo de graduación, algunos tiempos de cambio se pudo alcanzar resultados mejorados cercanos al 55 % de reducción, en donde cambios similares en cuanto a tipo de cambio, uno fue desarrollado en 1.95 horas, mientras que el otro en tan sólo 0.87 horas, donde ya las acciones de planificación se alineó con las recomendaciones de usar la mejor secuencia lógica para la ejecución de los cambios de moldura, con lo cual es válida la afirmación de que son factibles tales niveles de mejora.

Prueba de la versatilidad de la metodología *SMED* lo desarrolló Del Vigo y Villanueva (2009), en un estudio donde pudo lograr uniformizar el equipo usado para los ajustes y cambios de artículos de cada una de las troqueladoras con que cuenta la empresa objeto del estudio, generando importantes ahorros en su operación e incrementando la flexibilidad de su proceso y por ende su productividad.

Fue obtenido el cálculo de que la empresa donde se realizó esta investigación, pudo incrementar su disponibilidad de equipos para producción en aproximadamente 13 horas máquina en un mes, lo cual es una muy buena ventana adicional para atender demanda con la misma capacidad instalada.

Van Goubergen y van Landeghem (2002) indicó que las tres razones principales del por qué las iniciativas de reducciones de tiempos en seteos entre productos pueden ser apropiadas para cualquier compañía eran principalmente:

- Incrementar la flexibilidad de los centros de producción al hacer más cambios y reducir su duración,
- Incrementar las capacidades de los tiempos de operaciones más altos en orden de poder maximizar la disponibilidad de la línea de producción y

- Lograr minimizar el costo operativo ya que éstos son relacionados a la efectividad en el uso del equipo. Las reducciones de tiempos en las ejecuciones de cambios de moldura en esta investigación indudablemente mejorar la flexibilidad de las líneas de producción, pues el número de cambios se incrementó, pero aún así la productividad del cambio de moldura mejoró de cuenta que el *pack to melt* en las primeras 24 horas de producción mejoró.

Por principio de contabilidad de costos, al reducirse los tiempos de cambio, se reducen también los tiempos muertos de la empresa, con lo cual se tiene un incremento adicional de producción que definitivamente contribuirá a la reducción de costos fijos dentro del esquema contable.

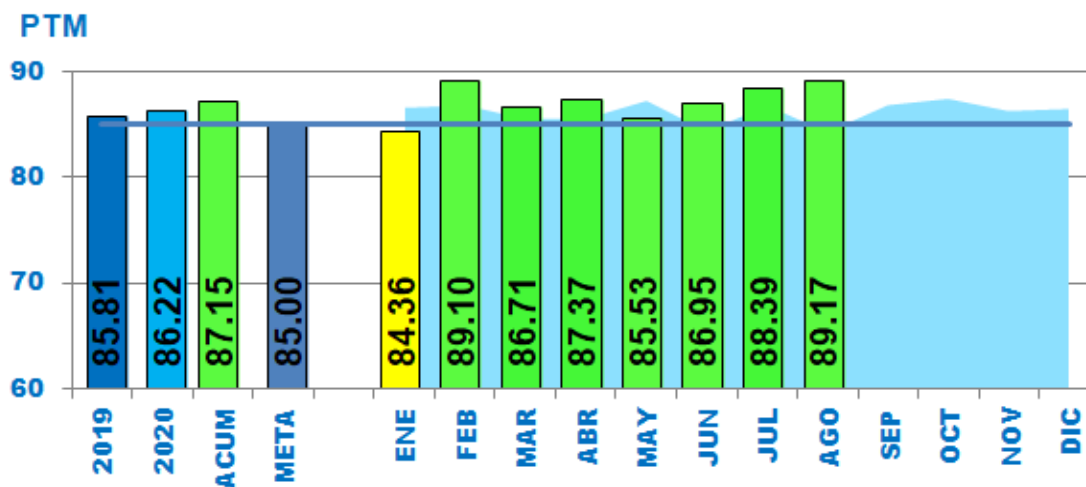
Alves y Tenera (2009), explican en su estudio para la reducción de tiempo en una línea de ensamblado de vehículos, que luego de aplicar la metodología *SMED*, se logró varias etapas de mejora que alcanzó un 10 % de reducción de tiempo promedio en operaciones individuales, hasta lograr un 27 % de reducción en el total de tiempo utilizado.

En el caso de este estudio, las mejoras en tiempos de ejecución alcanzó un 33 % de reducción, lo cual va muy en línea con lo alcanzado por los mencionados autores.

Con los ejemplos mencionados, es explicable que la metodología *SMED*, perfectamente es aplicable a procesos productivos, para detectar áreas de oportunidad de mejora para hacer los procesos más eficientes y contribuir con la mejora de productividad de las empresas.

Es importante comentar que luego de la presentación de los resultados a la administración, el proceso de mejoramiento de la ejecución de los cambios mediante *SMED* fue implementado y enriquecido con el paso de los años, lo cual puede evidenciarse mediante la siguiente gráfica que ilustra el comportamiento del indicador de la ejecución de los cambios de moldura hoy día.

Figura 57. **PTM 24 horas, cambios de molduras**



Fuente: Vidriera Guatemalteca, S. A.

CONCLUSIONES

1. Al analizar las etapas claves en el tiempo de realización del cambio de moldura luego de aplicar la metodología *SMED*, fue posible establecer que: el acondicionamiento térmico del vidrio fundido, el equipamiento variable, el proceso de manufactura así como la manipulación de la moldura definen un cambio exitoso o uno fracasado respecto del cumplimiento de su meta del 84 % de eficiencia de *Wiegand*, otras contribuciones importantes provienen de eventos como la secuencia programada para la fabricación de los artículos en la empresa y el tipo de cambio resultante como consecuencia de ese ordenamiento. A mayor tipo de cambio, mayor tiempo de ejecución.
2. Al comprobar si las herramientas y la maquinaria usadas por el personal para la realización de los cambios de molduras son las adecuadas, es posible concluir que así es, las herramientas y la maquinaria son las adecuadas debido a que sin realizar implementaciones o modificaciones sustanciales en este tema, el indicador de la ejecución del cambio de moldura presenta una mejora de acuerdo con la expectativa y meta de la empresa.
3. El desarrollar el programa de capacitación para los operadores de cambios de moldura para mejorar la ejecución de los cambios, facilitó el conocimiento sobre las etapas para aplicar la metodología *SMED*, aspecto que influyó positivamente en las retroalimentaciones recibidas luego de los cambios analizados, lo que también condujo a generar valores agregados en la preparación de los cambios, enfocándose de mejor manera en

anticiparse a los eventos. El personal logró un empoderamiento en el cumplimiento del procedimiento operativo, que significó tomar mejores decisiones de forma expedita en el desarrollo de los cambios.

4. El aplicar la metodología *SMED* a los cambios de moldura en la Vidriera Guatemalteca, S.A., ha permitido que el indicador que mide la ejecución de la realización de los cambios, la eficiencia *Wiegand* o el *pack to melt* en las primeras 24 horas, tenga una mejora de acuerdo con la meta requerida por la organización. Los cambios de moldura pasaron de 82.21 % a 85.8 % *pack to melt* en 24 horas, en un período de tan sólo dos meses con lo cual se cumple la meta del 84 % *pack to melt*, tiene vigencia la sistematización del proceso de la mejora del indicador del cambio de molduras con la utilización de *SMED*.

RECOMENDACIONES

1. Continuar analizando las etapas clave, que influyen en el tiempo de cambios de moldura, de forma ordenada a cada programa de producción mensual que se reciba en la planta para evaluar las secuencias de fabricación, tomando en consideración el acondicionamiento de vidrio, el equipo variable y proceso de manufactura del envase, así como la moldura misma, para buscar obtener la secuencia que otorgue el cambio de moldura más sencillo posible.
2. Implementar la buena práctica de comprobar si las herramientas y maquinaria utilizadas por los operadores son las adecuadas para la correcta ejecución de los cambios de moldura al menos una vez al año. Es importante evaluar periódicamente en el mercado herramientas novedosas que puedan ser usadas en la realización de los cambios de moldura, para buscar de forma continua optimizar los tiempos de cambio físico.
3. Integrar un programa de capacitación sobre la aplicación de la metodología *SMED*, dentro de la detección anual de necesidades de capacitación dirigido a los operadores de cambios de moldura para mejorar la ejecución de los cambios. El material puede crearse de la mano de los proveedores de máquinas formadoras, asistencias técnicas por organizaciones especialistas en el tema y/o también de fuentes bibliográficas como para el caso de la metodología *SMED*.

4. Proseguir utilizando la metodología *SMED*, para mejorar el indicador en la realización de los cambios de moldura en Vidriera Guatemalteca, S.A., esto con la intención de aplicar el resto de las recomendaciones que hace la metodología *SMED*, como es el caso de analizar las mejoras de las actividades resultantes tanto internas como externas, para que se convierta en un proceso integrado de búsqueda de mejora continua y sostenible para beneficio de la organización y sus trabajadores.

REFERENCIAS

1. Alves, A. y Tenera, A. (2009). *Improving Smed in the automotive industry: a case study. 20th Annual Conference. POMS, Orlando, Florida U.S.A.* Recuperado de <https://docplayer.net/21163047-Improving-smed-in-the-automotive-industry-a-case-study-ana-sofia-alves-asa14191-fct-unl-pt.html>.
2. ANTONINI. (s.f.). Archas. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.antoninisrl.com/esp/forniricottura.php>.
3. Bednarek, M. y Niño, L. F. (2010). *Metodología para implantar el sistema de manufactura esbelta en pymes industriales mexicanas.* México: Concyteg. Recuperado de <https://studylib.es/doc/5234254/metodolog%C3%ADa-para-implantar-el-sistema-de-manufactura-esbe>.
4. CHM. (s.f.). Polipastos Eléctricos de Cadena. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://polipastoselectricosdecadena.com/>.
5. Cuc, A. R. (2005). *Aplicación de la técnica SMED en la fabricación de envases aerosoles* (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1361_IN.pdf.

6. De la Fuente, M. A., Manzanedo, M. y Hontoria, E. (2012). Optimización de operaciones mediante la técnica SMED en una empresa de envases metálicos. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4269085>.
7. Del Vigo, F. y Villanueva, M. (2009). La implantación del Sistema Single Minute Exchange of Die permite reducir los tiempos de preparación de la máquina para fabricar lotes pequeños y eliminar stocks. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.tecnicaindustrial.es/reduccion-de-tiempos-de-fabricacion-con-el-si/>.
8. Glass Global. (2008). Typical end-port regenerative furnace. [Mensaje de blog]. Recuperado de https://www.sorg.de/content/uploads/2016/09/Glas_Melting.pdf.
9. Herr, K. (2014). *Quick Changeover Concepts Applied. Dramatically Reduce Start-Up Time and Increase Production Flexibility With SMED*. Estados Unidos: Crc Press/Taylor and Francis Group.
10. Joshi, R. (2012). Application of SMED Methodology- A case study in small scale Industry. *India. International Journal of Scientific and Research Publications*. Recuperado de: <http://www.ijsrp.org/research-paper-0812/ijsrp-p0870.pdf>
11. Kirov, K. (2015). *Increase production flexibility with SMED*. Reino Unido: Kindle books.

12. Martí, J. y Torrubiano, J. (2013). *Guía Lean Management. Lean Process: Mejorar procesos para ser más competitivos*. Valencia: O'Gayar Consulting SL. Recuperado de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55209805/curso_lean_v3.pdf?1512508498=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DGuia_Lean_Management_MEJORAR_LOS_PROCESO.pdf&Expires=1617476356&Signature=dEwYdESs4UIPC5GLI8zBsvztslfxforRqX1LchEG9igk6TcXkBlasooWWRW-~7s6JbKi1tC79pxP0L6K2Vdd1IArV1CF1I3puVPcw1~~hHIUAIItFbYNeTBg5WrLApQjxvAYYEhb2JQwYpL9spqwtfWjBTJB8qBPq3~xm14xyBiwL-g7HzmDA~JXQex0OoD0qq3mP5PtT9xmLm2CPAft7ggT~x2NlaFhOItCjQGITOaBCOneoa7Y-JLQdCHYMHsRCPtp50JXEzgeu6y1gRwDxQoMz2eYzJmliyllytfnS3ulbBhR0qlc1XlzcvezZ~OKup1EqZzgpz5ulfYUwSqVZuQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
13. Marinelli, M. (2016). Proceso de fabricación del vidrio. Principios y procesos químicos. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://ppqujap.files.wordpress.com/2016/05/proceso-de-fabricacion-del-vidrio.pdf>.
14. Mendoza, J., Ruiz, G. y Villarreal, C. (2009). *Implementación de la metodología SMED como soporte al sistema Kanban en un proceso de fabricación de autopartes, bajo un enfoque de valoración y gestión del capital Intelectual*. Sonora: Consejo de Ciencia y Tecnología. Recuperado de

<https://es.scribd.com/document/282912790/Implementacion-de-Smed-Como-Soporte-Al-Sistema-Kanban>.

15. Molina, H. y Reyes, S., (2012). *Implementación de la herramienta SMED para reducir el tiempo del proceso de preparación en el departamento de tejido en una Industria Textil* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. Recuperado de https://www.academia.edu/4678063/Implementaci%C3%B3n_de_la_Herramienta_SMED_para_Reducir_el_Tiempo_del_Proceso_de_Preparaci%C3%B3n_en_el_Departamento_de_Tejido_en_una_Industria_Textil.
16. Nieto, F., Delgado, J. y Velásquez, P. (2010). Desarrollo de la metodología *SMED* para reducir los tiempos generados por cambios de referencia en el área de empaque de una empresa del sector farmacéutico en la ciudad de Cali. *XVI International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Recuperado de http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TI_ST_113_739_16685.pdf.
17. Orona, H. (2016). *Metodología para la reconstrucción de un horno para fundir 200 ton/día de vidrio en la fabricación de envases comerciales* (Tesis de licenciatura). Instituto Politécnico Nacional. México. Recuperado de <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/21462?show=full>.

18. Ramos, E., (2013). *Propuesta de mejora en el área de producción de sólidos para un laboratorio farmacéutico* (Tesis post grado). Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/487>.
19. Sorg (2008). *Glass Melting Technology*. Alemania: Autor. Recuperado de https://www.sorg.de/content/uploads/2016/09/Glas_Melting.pdf.
20. Shingo, S. (1989). *A study of the Toyota production system from an Industrial Viewpoint*. Estados Unidos: CRC Press. Recuperado de <https://www.amazon.com/-/es/Shigeo-Shingo/dp/0915299178>.
21. Shingo, S. (1996). *Quick change for operators: the Smed system*. Estados Unidos: CRC Press. Recuperado de <https://www.amazon.com/Quick-Changeover-Operators-Learning-Package/dp/1563271257>.
22. Van Goubergen, D. y van Landeghem, H. (Enero, 2011). Reducing setup times of manufacturing lines. Proceedings of the International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 5(7), 1-4. Recuperado de <https://publications.waset.org/14919/an-application-of-smed-methodology>.
23. Vidriera Guatemalteca, S. A. (2008). *Procedimiento para control del proceso de producción (formado)*. ISO 9001:2008. Guatemala: VICAL S.A.

24. Vidriera Guatemalteca, S. A. (2012). *Manual de políticas*. Guatemala: VICAL S.A.
25. Vidriera Guatemalteca, S. A. (2015). *Manual Ingeniería Industrial. Reporte de eficiencias de cambios de moldura*. Guatemala: VICAL S.A.
26. Vidriera Guatemalteca. (1992). *Cambios de moldura BB5*. México: Vitro Envases.
27. Vidriera Guatemalteca. (1997). *Alimentadores BB12*. México: Vitro Envases.
28. Vidriera Guatemalteca. (1997). *Ciclo operativo de máquinas IS BB3*. México: Vitro Envases.
29. Vidriera Guatemalteca. (1997). *Revisión y Empaque CA5*. México: Vitro Envases.
30. Vidriera Guatemalteca. (1998). *Hornos AB1*. México: Vitro Envases.
31. Vidriera Guatemalteca. (1998). *Manual de cambios de moldura*. México: Vitro Envases.
32. Vidriera Guatemalteca. (1998). *Materias primas AA1*. México: Vitro Envases.
33. Vidriera Guatemalteca. (1998). *Pruebas de laboratorio CA2*. México: Vitro Envases.

34. Vidriera Guatemalteca. (2006). *Manual de calidad*, Guatemala: VICAL S.A.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Formato para levantamiento de tiempos de operaciones de cambios de molduras**

MAQUINA		
FECHA		
MOLDURA QUE SALE		
MOLDURA QUE ENTRA		
TIPO DE CAMBIO		

LADO MOLDE					LADO BOMBILLO				
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	MIN	Resp	ACTIVIDAD	INICIO	FIN	MIN	Resp

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Formato para delimitar operaciones externas e internas en cambios de moldura

Actividad	
Preparación	1 Acerca carro de bombillo
	2 Acercar equipo y carro de herramientas
	3 Acerca carro de bisagras y enfriamiento
	1, 2 y 3 Quita tornillo y braket
Ejecución del cambio	1 Corta vidrio y acciona paro normal
	1 Recibe moldura
	1 Recibe obturadores y embudos
	1 Desmonta bisagras
	1 Nivelación secciones
	2 Prepara sección (a molde cerrado)
	2 Desmonte embudos y obturadores
	2 Retira bisagras
	2 Monta rondana y braket
	2 Cambia pistones
	2 Nivelación mecanismo de pistón
	3 Desmonta moldura y corta enfriamiento
	3 Desmonta pernos y baja embudo y obturador
	3 Monta bisagras y pone pernos
	3 Desmonta y monta portaembudos
	3 Monta Obturador
	3 Se prepara para nivelar cuellos y cambia enfriamiento

Actividad	
Preparación	1 Acerca carro de herramienta y moldes
	2 Acercar equipo y calibradores
	3 Acerca carro de bisagras y enfriamiento
Ejecución del cambio	1 Desmonta dedos
	1 Desmonta Moldes
	1 Saca y mete bisagras
	1 Cabezas y tubos Sec. 1 y 2
	1 Nivelación coronas
	2 Pone banda de hule
	2 Retira moldes y fondos
	2 Retira y sube bisagras
	2 Cabezas y tubos Sec. 3 y 4
	2 Monta moldes
	2 Pone Dedos
	3 Desmonta coronas
	3 Desmonta Braquet y pernos
	3 Pone bracket y pernos
	3 Cabezas y tubos Sec. 5 y 6
	3 Nivelación fondos
	3 Nivelación cabezas y pone discos
	3 Cambia enfriamientos
	3 Pone laines y nivela Sacadoras

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Matriz de Coherencia

TEMA	PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	INDICADORES
Aplicación de la metodología SMED para mejorar el indicador en la realización de cambios de molduras en Vidriera Guatemala, S.A.	<p>Pregunta Central: ¿Al utilizar la metodología SMED se podrá mejorar el indicador de la realización de los cambios de moldura en la Vidriera Guatemala, S. A.?</p> <p>Preguntas de investigación: ¿Cuáles son las operaciones claves del cambio de moldura? ¿Son las herramientas y la maquinaria en uso las más adecuadas para la correcta ejecución de los cambios de moldura? ¿Cómo capacitar al personal para empoderarlos en los cambios de moldura?</p>	<p>General Aplicar la metodología SMED para mejorar el indicador en la realización de cambios de molduras en la Vidriera Guatemala, S. A.</p> <p>Específicos 1. Analizar las etapas clave en el tiempo de ejecución del cambio de moldura, mediante mediciones en campo de acuerdo con la metodología SMED. 2. Comprobar si las herramientas y maquinaria utilizadas por los operadores son las adecuadas para la correcta ejecución de los cambios de moldura. 3. Desarrollar el plan de capacitación de los operadores de cambios de moldura para mejorar la ejecución de éstos.</p>	<p>Variable Independiente • El personal del team de cambios • Tiempo total de cambios de moldura.</p> <p>Variable dependiente • Tiempo de cambio físico • Tiempo de carga de vidrio y corrección de defectivo • Recomendaciones técnica SMED.</p>	Pack to Melt primeras 24 horas o Eficiencia de Wiegand

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Programa de Capacitación Personal *team* de cambios de moldura**

TEMA	TIEMPO (HORAS)
1. ¿QUÉ ES LA TÉCNICA SMED?	1
2. ETAPAS QUE COMPRENDE IMPLEMENTAR SMED FORME UN GRUPO ANALICE EL CAMBIO Y SUS OPERACIONES APLIQUE 5 S (INCLUIR CADA DETALLE DE CADA S) CLASIFICAR ORGANIZAR LIMPIAR ESTANDARIZAR AUTODISCIPLINAR	3
CONVIERTA TAREAS (INTERNAS EN EXTERNAS)	1
MEJORA LAS TAREAS INTERNAS RESULTANTES	1
MEJORA LA TAREAS EXTERNAS RESULTANTES	1
3. ¿QUÉ BENEFICIOS ESPERAMOS AL APLICAR SMED EN LOS CAMBIOS?	
4. ¿CÓMO PUEDO APOYAR EN ESTE ESTUDIO?	1

Fuente: elaboración propia.

