



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

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

Luis Renato Vanegas Canjura

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

Guatemala, abril de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA 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

LUIS RENATO VANEGAS CANJURA
ASESORADO POR EL M.A. ING. EDWIN VALDEZ BUENAFÉ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

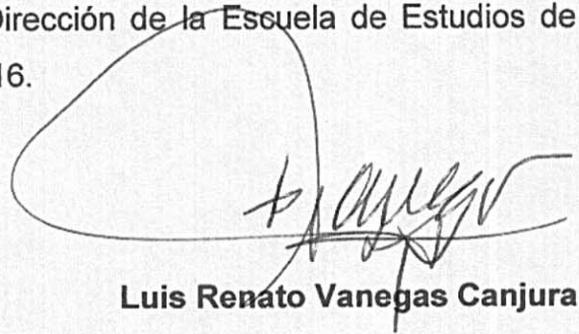
DECANO	Ing. Jorge Mario Morales G.
EXAMINADOR	Ing. Francisco Ruíz
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Alvarez
EXAMINADOR	Ing. José Arturo Estrada Martínez
SECRETARIO	Ing. Edgar José Bravatti Castro

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:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA 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.



Luis Renato Vanegas Canjura



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226



AGS-MGIPP-0002-2016

Guatemala, 01 de marzo de 2016.

Director
Ing. Juan José Peralta Dardón
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Luis Renato Vanegas Canjura** carné número **8511953**, quien optó la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Gestión Industrial**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Edwin H. Valdez B. MA.
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 6437

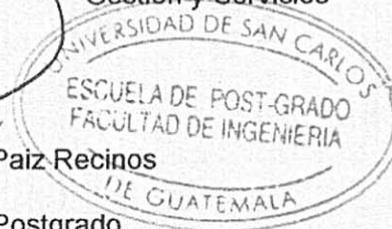
MA. Ing. Edwin Valdéz Buenafé
Asesor (a)

Alba Maritza Guerrero Spinola

MSc. Inga. Alba Maritza Guerrero Spinola
Coordinador de Área
Gestión y Servicios

ALBA MARITZA GUERRERO DE LOPEZ
INGENIERA INDUSTRIAL
COLEGIADA No. 4611

Murphy Olympto Paiz Recinos
MSc. Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



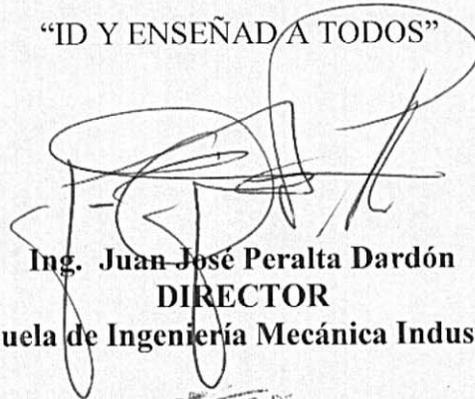
Cc: archivo
/ec



REF.DIR.EMI.054.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA MEJORAR EL INDICADOR EN LA REALIZACIÓN DE CAMBIOS DE MOLDURAS EN VIDRIERA GUATEMALTECA, S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Luis Renato Vanegas Canjura**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑADA TODOS”



Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, marzo de 2016.



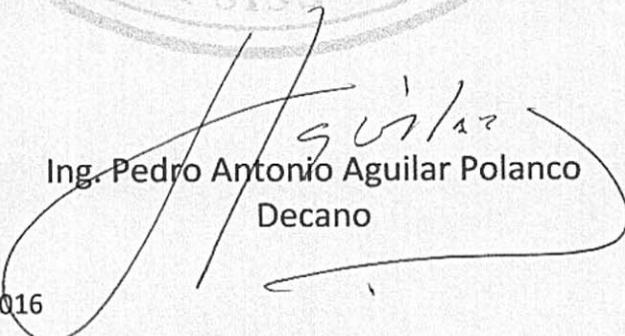
/mgp



DTG. 158.2016

El Decano 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 Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA MEJORAR EL INDICADOR EN LA REALIZACIÓN DE CAMBIOS DE MOLDURAS EN VIDRIERA GUATEMALTECA, S. A.,** presentado por el estudiante universitario: **Luis Renato Vanegas Canjura,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, abril de 2016

/gdech



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 mucho.
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.

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.
Ing. César Akú Castillo	Gran amigo y apoyo en el logro de esta meta.
Vidriera Guatemalteca S. A.	Fuente de desarrollo, crecimiento y formación profesional invaluable.
Lic. Otto Rogelio Díaz Beteta	Por todo el apoyo y consejos oportunamente recibidos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO	VII
INTRODUCCIÓN	IX
1. ANTECEDENTES	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1. Descripción del problema	3
2.2. Formulación del problema	4
2.3. Delimitación del problema	5
2.4. Viabilidad.....	5
2.5. Consecuencias de la investigación.....	6
3. JUSTIFICACIÓN	7
4. OBJETIVOS	9
5. ALCANCE	11
6. MARCO TEÓRICO.....	13
6.1. Reseña histórica de la compañía Vidriera Guatemalteca, S. A.....	13
6.1.1. Evolución de la industria de manufactura de vidrio	13

6.1.2.	Capacidad de producción.....	14
6.2.	La productividad en la industria del vidrio	15
6.2.1.	Definiciones de productividad.....	15
6.2.2.	Principales indicadores productivos de la industria del vidrio	15
6.2.2.1.	<i>Pack to melt</i>	16
6.2.2.2.	<i>Pack to melt</i> primeras 24 horas (eficiencia de cambios de moldura).....	16
6.3.	Proceso de manufactura del vidrio	17
6.3.1.	Materias primas	17
6.3.2.	Fundición.....	17
6.3.3.	Formado	18
6.3.4.	Revisión, empaque y producto terminado	18
6.4.	Cambio de moldura	19
6.4.1.	Descripción del procedimiento actual.....	19
6.4.2.	Junta de Planeación	21
6.4.3.	Índices de medición.....	24
6.5.	Técnica SMED	25
6.5.1.	Orígenes.....	25
6.5.2.	Tipos de cambios	30
6.5.3.	Etapas para la implementación de SMED	31
6.5.3.1.	Forme un grupo de mejora	31
6.5.3.2.	Aprenda las reglas de la mejora de los cambios	32
6.5.3.3.	Establezca un cronograma de demostraciones	33
6.5.3.4.	Asegúrese no solamente de analizar los casos negativos	33
6.5.3.5.	Analice las operaciones del cambio	34

6.5.3.6.	Limpie las operaciones inútiles y aplique 5S para mejoramiento del ambiente de trabajo	36
6.5.3.7.	Transforme el cambio interno en cambio externo	37
6.5.3.8.	Mejore el cambio interno remanente ...	37
6.5.3.9.	Mejore el cambio externo	38
7.	ÍNDICE GENERAL	39
8.	METODOLOGÍA.....	43
8.1.	Tipo de estudio	43
8.2.	Diseño de la investigación	43
8.3.	Variables e indicadores	45
8.4.	Población y muestra	48
8.5.	Obtención de la información	49
8.6.	Fase de metodología a aplicar	50
8.6.1.	Fase 1	50
8.6.2.	Fase 2.....	51
8.6.3.	Fase 3.....	52
8.6.4.	Fase 4.....	53
9.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	55
9.1.	Análisis de la información	55
9.2.	Variables e indicadores	56
10.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	57
11.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	59

12.	PLAN DE ACCIÓN.....	61
12.1.	Universo y muestra	61
12.1.1.	Procedimientos y técnicas.....	61
	BIBLIOGRAFÍA:.....	63
	ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

TABLAS

I.	Variables	45
II.	Recurso humano	60
III.	Recursos materiales.....	60
IV.	Presupuesto	60

GLOSARIO

<i>Lean manufacturing</i>	Expresión que define el concepto de producción esbelta o libre de desperdicios, ajustada.
<i>SMED</i>	Técnica de mejoramiento del proceso que involucra cambio de matrices o moldes en una línea de producción, logrando reducir su tiempo de ejecución.
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>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 diariamente en el horno para el efecto.

INTRODUCCIÓN

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 bienes en el mercado. Es importante resaltar, que si el desarrollo del cambio de artículo no es ejecutado dentro de valores meta establecidos, la competitividad de las empresas corren el riesgo de perderla.

La industria del vidrio no es ajena a la realización de cambios de artículo o de molduras, razón por la cual la gestión de este proceso es vigilada mediante un indicador para medir la eficiencia en la ejecución del cambio de moldura.

Se podrá conocer durante el desarrollo de esta investigación que se han realizado estudios con el objetivo de buscar cómo reducir las afectaciones en las operaciones diarias de las compañías que ocasionan los cambios de moldura, en donde sobresale una técnica 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 técnica 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 puede ser provechosa para detectar áreas de mejora que permitan a la compañía mantener una ventaja competitiva en el mercado.

En el capítulo uno se hará una descripción de la institución donde se realizará el estudio, su misión y visión; además de conocer los productos que se fabrican y algunas generalidades del proceso de manufactura.

En el capítulo dos se definen los cambios de moldura y los diferentes grados de dificultad para realizarlos, de donde se establece su clasificación. Se conocerá también, la estructura organizacional y el proceso de planeación para la realización de los cambios de moldura.

En el capítulo tres, se define la técnica SMED, así como los conceptos de costos involucrados en los cambios de moldura. Explicando también los pasos que se recomiendan seguir para implementar la herramienta SMED.

El capítulo cuatro expone la forma de evaluar los cambios, mediante el estudio de sus operaciones, herramientas maquinaria y capacitaciones requeridas.

El capítulo cinco presenta los resultados obtenidos de una manera resumida, utilizando herramientas de análisis estadístico descriptivo, con respecto a la toma de datos mediante levantamientos en el campo de estudio.

Finalmente en el capítulo seis se discutirán los resultados obtenidos mediante la propuesta de mejoras al proceso de realización de los cambios de moldura, los cuales se pueden realizar con el equipo productivo, con el objetivo de percibir una mejora en la reducción de la duración de los paros de máquina y tiempos improductivos que necesitan optimizarse para beneficio de la actuación empresarial.

1. ANTECEDENTES

En el pasado, mucho esfuerzo y recursos han sido asignados para reducir el tiempo de ciclo en la manufactura de bienes y con ello 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”. (Joshi, 2012).

Por otro lado se pudo comprobar en un estudio realizado en la industria textil, Molina (2012, p.6) en su tesis *“Implementación de la herramienta SMED para reducir el tiempo del proceso de tejido en una industria textil”*, que los beneficios logrados mejoraron el nivel de eficiencia de la planta, incrementando por ende su productividad y competitividad.

Nieto, Delgado & Velásquez (2010, p.37) pudieron presentar su estudio “Desarrollo de la metodología SMED para reducir los tiempos generados por cambios de referencia en el área de empaque de una empresa farmacéutica”, en la Conferencia Internacional de Ingeniería Industrial con sede en San Pablo, Brasil, en donde explican que la flexibilidad que logra la industria al aplicar la técnica 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.

Con lo expuesto anteriormente es viable concluir que aquellas industrias en el mundo que aceptan el reto de adoptar esta gestión mediante SMED,

enfrentan durante la implementación de la normativa, 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. (Martí & Galante, 2013. p 12), pero sus resultados contribuirán definitivamente a la supervivencia de la empresa.

“La correcta aplicación de la técnica 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 (2014, p.45) en su tesis: “*Propuesta de mejora en el área de producción de sólidos para un laboratorio farmacéutico*”.

Prueba de la versatilidad de la metodología SMED lo desarrolló Villanueva (2007), 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.

Van Goubergen (2013) indicó que las tres razones principales del porqué las iniciativas de reducciones de tiempos en seteos entre productos pueden ser apropiadas para cualquier compañía eran principalmente: “a) incrementar la flexibilidad de la línea de producción al hacer más cambios y reducir su duración, b) incrementar las capacidades de los cuellos de botella en orden de poder maximizar la disponibilidad de la línea de producción y c) lograr con ello minimizar el costo operativo ya que éstos son relacionados a la efectividad en el uso del equipo” (p.160).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los cambios de moldura en la empresa se han incrementado de 23 a 39 cada mes, por lo que su nivel de eficiencia de ejecución ha sufrido detrimento de un 85,5 % real a 82 %, generándose una afectación de su productividad y competitividad.

2.1. Descripción del problema

Basado en el análisis preliminar que se ha podido realizar mediante el acceso a registros de valores del indicador de ejecución de los cambios de moldura del año anterior y, también en observaciones en el campo de trabajo de la planta, es posible identificar desde ya áreas de oportunidad importantes dentro del proceso de realización de los cambios de moldura, los cuales se ven acrecentadas debido a que el número requeridos a la planta se ha modificado de 23 a 39 cambios mensuales, este ha venido afectando severamente los resultados de la ejecución de los mismos por debajo de las metas establecidas, ya que el indicador de medición ha pasado de 85,5 a 82 % real, siendo la meta establecida por la administración de 87 %.

El incremento sustancial de la carga de trabajo para el equipo que realiza los cambios de moldura puede estar incidiendo en aquellos detalles que pueden corregirse de una forma inmediata, estos no sean atendidos correctamente, convirtiéndose entonces en rutinas normales para el personal, por lo que su atención se centra únicamente en atender el requerimiento inmediato y no analizar la corrección de raíz de la problemática. Esto seguramente está generando altos tiempos no aprovechados en la producción o desviaciones de

las condiciones adecuadas de trabajo lo que está provocando 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 esta 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 lo tanto tenerse un plan de acción general que podrá ser analizado como un todo y revisar su funcionamiento para el cumplimiento de las demandas a las que está sujeto el sistema productivo.

2.2. Formulación del problema

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:

- ¿Son las herramientas actuales las más adecuadas para la correcta ejecución de los cambios de moldura?
- ¿Existen parámetros relacionados al tiempo para la realización de los cambios de moldura?
- ¿Cuáles son las operaciones claves del cambio de moldura?
- ¿Qué plan de capacitación al personal de cambios de moldura será requerido para mejorar la realización de los cambios de moldura?

2.3. Delimitación del problema

El estudio va dirigido al Departamento de Cambios de Moldura de la Vidriera Guatemalteca, S. A., ubicada en la zona 12 de la ciudad de Guatemala, quienes son los responsables de la ejecución del cambio de moldura en las máquinas formadoras y también lograr la coordinación con los restantes departamentos de servicio de control de calidad para la producción (Mantenimiento Electrónico, Mantenimiento Mecánico y Mantenimiento Eléctrico), así como de Control de Calidad, Revisión y Empaque de los artículos a producir.

La investigación será desarrollada en el período de febrero-junio de 2016.

2.4. Viabilidad

Se cuenta con el aval de la administración de la compañía para poder desarrollar el estudio en la planta de producción, quienes proporcionarán los recursos que el autor considere necesarios para el buen desarrollo de la investigación.

Estos recursos se pueden clasificar en los siguientes:

- Registros y documentaciones previas o históricas del desarrollo del proceso de cambios de moldura.
- Recursos monetarios y en función del tiempo de estudio en campo.

Por tanto al tener la disponibilidad de recursos se puede argumentar que hay viabilidad para desarrollar la investigación.

2.5. Consecuencias de la investigación

El logro de los objetivos de esta investigación, definitivamente tendrá impactos positivos, como también negativos que minarán su valor de contribución a la empresa.

Dentro de las consecuencias positivas se pueden nombrar el aporte de la metodología SMED a la mejora de la eficiencia en la realización de los cambios de moldura, lo cual impactará en una mayor productividad de la empresa y en menor esfuerzo en el trabajo diario de los colaboradores, por lo que su bienestar, también experimentará una mejoría.

Sin embargo, como consecuencias negativas se pueden enfrentar ciertas resistencias al cambio por parte del personal, ante la posibilidad de usar una modalidad diferente para realizar su trabajo o también tener un avance, no a los niveles planeados, debido a posibles desinformaciones o interpretaciones de las instrucciones de trabajo, aspectos que mediante una adecuada estrategia de sensibilización pueden ser perfectamente neutralizados y lograr que el personal perciba los beneficios de realizar un trabajo más agradable.

También no puede dejar de mencionarse que el no realizar esta investigación dentro de la organización, ocasionará que los cambios de moldura evolucionen a un ritmo que puede no ser el que la organización necesita para mantener su competitividad en el mercado, lo cual significará que su nivel de productividad será menos atractivo a un futuro inmediato.

3. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo de investigación será desarrollado usando la línea de investigación de metodologías de producción definidas por las asignaturas de la Escuela de Estudios de Postgrado para la Maestría de Gestión Industrial de la Facultad de Ingeniería de la USAC, mediante la aplicación de la técnica SMED, al proceso actual de realización de los cambios de moldura dentro de la Vidriera Guatemalteca, S. A.

La aplicación de esta técnica en dicha empresa, específicamente a su proceso de cambios de moldura, será de gran importancia, pues permitirá detectar aquellas áreas de oportunidad para la mejora en cuanto a la ejecución de los cambios, ya que generará planes de acción que se estiman puedan contribuir al logro de forma sustentable de la meta anual de eficiencia de realización del 87 % luego de su implementación, condición que actualmente no es posible alcanzar.

Al revisar los registros de actuación de la planta se puede evidenciar actualmente, que los cambios de moldura se han incrementado desde 23 cambios mensuales, hasta los 39 cambios promedio, afectando esto el desempeño de la planta en cuanto al indicador de ejecución de los cambios de moldura, pasando de 85,5 a 82 %, restando esta condición ventaja competitiva a la empresa en el difícil mercado que atiende.

El autor de esta investigación estima muy conveniente aplicar una herramienta de diagnóstico como la técnica de SMED para poder determinar de forma metodológica las áreas de oportunidad para la realización de los cambios

de moldura, con lo cual se espera hacer un aporte valioso a la organización mencionada, ya que mediante un plan de acción concreto se podrán lograr llevar a cabo acciones encaminadas a la mejora del indicador que mide la ejecución de los cambios de moldura.

Dentro de los beneficios esperados, resultado de esta investigación, se pueden enumerar los siguientes:

- Mejorar el indicador de ejecución de los cambios de moldura.
- Establecer aquellas condiciones que ocasionan paros prolongados en las máquinas de producción, generando pérdidas por tiempos muertos.
- Incrementar la realización de un mayor número de cambios de moldura, sin afectar la calidad del producto, aspecto que la empresa apreciará pues su ventaja competitiva frente a la competencia mejorará.

Asimismo, que los beneficiarios directos de este estudio serán los operadores responsables de la ejecución de los cambios de moldura, ya que al tener menos contratiempos su esfuerzo será aprovechado de mejor forma, repercutiendo esto en un incremento de su nivel de desempeño.

La importancia de la investigación radica en la enorme posibilidad de detectar las áreas de oportunidad para la mejora de los cambios de moldura de una forma sistemática, generando un mejor valor en el indicador de medición de ejecución de los cambios de moldura.

4. OBJETIVOS

General

Aplicar la metodología SMED (Single Minute Exchange of Dies) a los cambios de moldura en la Vidriera Guatemalteca, S. A., para mejorar el indicador de su ejecución.

Específicos

1. Comprobar si las herramientas usadas actualmente son las adecuadas para la correcta ejecución de los cambios de moldura.
2. Determinar si existen parámetros relacionados al tiempo de realización de los cambios de moldura sobre una muestra de 36 cambios.
3. Desarrollar las etapas clave en el tiempo de ejecución del cambio de moldura, mediante mediciones en campo de acuerdo con la metodología SMED.
4. Desarrollar el plan de capacitación de los operadores de cambios de moldura para mejorar la ejecución de los mismos.

5. ALCANCE

- Alcance metodológico: se desarrollará una investigación de alcance descriptivo. Al realizar el estudio dentro de la Vidriera Guatemalteca, S. A., se podrán comprender de mejor manera aquellas causas que están afectando el no cumplimiento de la meta requerida por la administración de la empresa por lo que se podrán generar acciones encaminadas a mejorar el desempeño.
- Alcance técnico: durante un período de 3 meses será aplicada la técnica SMED para evaluar el proceso de realización de los cambios de moldura, tomando un total de 36 cambios de moldura realizados al azar dentro de la planta, pudiendo tener interacción con los ejecutores de los cambios, lo cual dará una visión complementaria en el campo que afinará el criterio de diagnóstico usado para dictaminar las oportunidades de mejora. Esta etapa será complementada con entrevistas a los participantes de los cambios de moldura.
- Alcance de tiempo: el estudio se enmarca en el período comprendido de 12 semanas ubicadas entre los meses de marzo a mayo del 2016, período durante el cual se cuenta con la autorización de la administración de la planta para llevarlo a cabo.
- Alcance de espacio: la observación del proceso de ejecución de los cambios se desarrollará en la planta de la Vidriera Guatemalteca, S. A.

- Alcance de resultados: se estima generar al final de este trabajo de graduación una serie de recomendaciones que permitan realizar planes de acción encaminados a mejorar el indicador de ejecución de los cambios de moldura, a través de la identificación de aquellas actividades que no aporten valor y que generen tiempos no aprovechados durante el desarrollo de los cambios. Todo esto permitirá que puedan realizarse cada vez en menos tiempo, redundando en una ventaja competitiva para la empresa.

La fuerte presión de mantener el nivel de competitividad de la empresa en el mercado es la principal necesidad que se pretende cubrir con el desarrollo de este trabajo de investigación, pues en función del desarrollo de los cambios de moldura, así serán los costos resultantes de la operación y también, la mayor variedad de artículos que podrá posicionar en el mercado para beneficio de los clientes actuales y los potenciales

6. MARCO TEÓRICO

En la presente investigación se hará uso del método científico, en primer lugar, para que se puedan adquirir aquellas bases fundamentales del conocimiento de las distintas etapas que componen la industria de vidrio enfocada en la manufactura de envases destinados a las industrias cervecera, de refrescos, licores y a la rama alimenticia. También se podrá conocer la metodología usada actualmente para el desarrollo de los cambios de moldura en las líneas de fabricación de una industria típica, para luego poder aplicar los conceptos básicos de la manufactura esbelta, sobre los cuales descansa la técnica SMED (Single Minute Exchange of Dies o conocida también como Cambio de Matriz en un solo Minuto) y las razones por las cuales se considera que puede ser aplicada al proceso con la intención de buscar un análisis de la condición existente y finalmente poder formular una serie de modificaciones e implementaciones que permitan a la compañía Vidriera Guatemalteca, S. A. obtener mejores resultados en sus indicadores productivos de eficiencia para la ejecución de los cambios de moldura.

6.1. Reseña histórica de la compañía Vidriera Guatemalteca, S. A.

A continuación se describe un breve detalle del inicio y desarrollo de la industria vidriera en Guatemala y Centroamérica.

6.1.1. Evolución de la industria de manufactura de vidrio

La industria del vidrio en Guatemala se remonta a los años 1960, tiempo en el que un grupo de empresarios centroamericanos y mexicanos deciden apoyar este emprendimiento con miras a fundar una empresa capaz de atender

las necesidades de envases de vidrio, primeramente en Guatemala y Centroamérica, para luego buscar nuevos mercados en la región del Caribe. Para tal efecto se funda la empresa Centroamericana de Vidrio, S. A., teniendo como soporte tecnológico el proveniente del grupo mexicano Vitro. Opera durante los años 1970, para ver en ese entonces, la fundación de la empresa Vidriera Centroamericana, S. A. con sede en Costa Rica.

Luego, en la década siguiente, 1980 se enfrentaron problemas sindicales en la empresa guatemalteca, situación que obligó a los directivos a suspender las operaciones y proceder al cierre de la compañía.

Posteriormente en 1991, luego de preparativos desarrollados a lo largo de un año, se logra el reinicio de operaciones de la industria del vidrio en Guatemala, pero esta vez bajo el nombre de Vidriera Guatemalteca, S. A.

6.1.2. Capacidad de producción

La vidriera produce una gama de productos de vidrio para la industria y el hogar, lo que le permite atender el mercado compuesto por los países de Centroamérica y el Caribe. Las familias de envases que Vidriera Guatemalteca, S. A., atiende comprenden las relacionadas con las industrias de: refrescos, cerveza, licores, alimentos y hogar (los cuales están conformados por artículos de mesa, principalmente).

Para atender este mercado, la empresa se vale de su capacidad instalada consistente en dos hornos de fundición de vidrio, los cuales logran fundir un promedio diario de 400 toneladas y fabrica los envases con un total de seis líneas de producción, que tienen la versatilidad suficiente para poder producir

diversidad de formas y diseños de envases, así como sus pesos resultantes de acuerdo a las capacidades de contenido que requiere el mercado.

6.2. La productividad en la industria del vidrio

A continuación se hará una breve descripción de los principales efectos que se pueden tener dentro de la industria del vidrio como consecuencia de la mejora de la productividad en el proceso de manufactura.

6.2.1. Definiciones de productividad

Económicamente hablando se puede comprender como productividad ese vínculo que existe entre lo que se ha logrado producir y aquellos medios que han sido requeridos para conseguirlo, pudiendo citarse dentro de esos recursos, por ejemplo: la mano de obra, los materiales, la energía y otros insumos. En la generalidad de los casos, la productividad dependerá estrechamente de la eficiencia y el tiempo; es decir, cuanto menos tiempo se invierta en obtener el resultado planeado como meta, mayor se considerará la productividad del sistema usado para el efecto.

6.2.2. Principales indicadores productivos de la industria del vidrio

A continuación se presentan los dos principales indicadores productivos de la industria del vidrio.

6.2.2.1. *Pack to melt*

Es el indicador global usado como referente en la industria del vidrio para medir qué tan productiva es una planta fabricante de envases de vidrio, debido a que evalúa la relación existente entre el peso equivalente en toneladas diarias de vidrio de las botellas de buena calidad que han sido enviadas a la bodega de producto terminado, dividido por el peso equivalente en toneladas diarias de vidrio de las botellas que han sido fundidas en el horno como materia prima. A mayor *pack to melt*, más productiva es la planta, pues el aprovechamiento de la energía y materias primas se mejora cada vez más, cuando el indicador eleva su valor.

6.2.2.2. *Pack to melt* primeras 24 horas (eficiencia de cambios de moldura)

Es el indicador que medirá qué tan bien fue la ejecución del cambio de moldura en la línea de producción, al comparar la relación existente entre el peso equivalente en toneladas diarias de vidrio de las botellas de buena calidad que han sido enviadas a la bodega de producto terminado, dividido por el peso equivalente en toneladas diarias de vidrio de las botellas que han sido fundidas en el horno como materia prima, desde el momento que inició el cambio de moldura hasta que se concluya con las primeras 24 horas de producción.

A mayor valor de este indicador, mayor fue la producción durante las primeras 24 horas, por tanto, el cambio de molduras fue mejor, esto significa que es un cambio más productivo.

6.3. Proceso de manufactura del vidrio

A continuación se describe brevemente los principales componentes en la manufactura de envases de vidrio.

6.3.1. Materias primas

Conocer las principales materias primas que son usadas para la fabricación de vidrio base soda-cal, es el vidrio más comúnmente fabricado a nivel mundial, ya que por su costo de producción permite la mayor aplicación en la industria. La sumatoria de las materias primas mediante sus características y las propiedades que aportan cada una de ellas a la formula final, permitirán la formación de los envases en sus distintas formas y diseños. También se tratarán temas relacionados a la recepción, manejo, dosificación y mezclado para garantizar la uniformidad del material que se alimenta al horno para su fundición. (Centro de Actualización Tecnológica. Materias primas, (1998 p 3-25).

6.3.2. Fundición

Luego del procesamiento de las materias primas se podrá acceder a la información básica relacionada con todos los equipos y recursos usados para lograr la fundición de estas en la obtención del vidrio listo para su formado, es decir, la completa fundición y homogenización física del vidrio dentro del horno, luego pasar a la etapa de establecer su acondicionamiento térmico propio para el proceso de formado requerido por los envases, después proceder a la aplicación de los tratamientos superficiales que, por su uso requiere el envase para garantizar su funcionamiento en las líneas de llenado del cliente, protegiéndole la superficie para preservar su nivel de resistencia mecánica.

Se realizará una descripción de las características más importantes del bien material más valioso de la empresa productora de vidrio: el horno de fundición, donde, por ejemplo, se tratarán temas como los distintos tipos de diseño existentes, el sistema de combustión que usan, los lineamientos de la alimentación de los materiales, cerrando con sus aditamentos para el mejor aprovechamiento energético tan importante actualmente, por el tema de los costos de las fuentes de energía (Catve. Hornos, 1998 p 13-26).

6.3.3. Formado

Luego del proceso de fundición en los hornos es factible conocer los diferentes procesos de manufactura usados en la fabricación de envases de vidrio y sus principales implicaciones a nivel de equipamiento básicos, siendo estos procesos: soplo-soplo, usado para la generalidad de envases pesados; prensa-soplo 62 usado para la fabricación de tarros alimenticios y prensa-soplo boca angosta para envases no retornables, que tienen como característica principal de uso menos vidrio para cumplir con su funcionalidad en las aplicaciones que el cliente demande. Se brindará también información referente a los elementos que complementan los procesos para lograr la fabricación eficiente de los envases, por ejemplo, las piezas de moldeo para la producción de los distintos diseños de envases. Se comprenderá las razones por las cuales los diferentes métodos de manufactura son seleccionados para la producción de determinado envase. (Catve. Ciclo operativo de máquinas is. 1997 p 2-18).

6.3.4. Revisión, empaque y producto terminado

Describir los procesos principales aplicados, en primer lugar: segregar los envases que no cumplen con las especificaciones de los clientes, pudiendo

tenerse para el efecto equipos de inspección automática o en su ausencia, el uso de la inspección visual mediante rutinas de control establecidas. Los envases que sean declarados como aceptables, serán colocados en el empaque acordado con el cliente, y por último, hacer una 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 como listos para enviarse a los clientes. Dentro de esta evaluación, también se calificará el material de empaque primario y secundario.

Asimismo, se describirá el proceso de almacenaje del producto y su posterior envío al cliente para cumplir con los pedidos generados en la gestión de ventas en la compañía. (Catve. Pruebas de laboratorio, revisión y empaque. 1998 p 2-12).

6.4. Cambio de moldura

Se presenta a continuación una descripción de los principales puntos que componen el desarrollo de los cambios de moldura.

6.4.1. Descripción del procedimiento actual

Como se explica en el Catve, cambios de moldura BB5 (1995), “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 tanto dentro del horno como en los alimentadores de vidrio, niveles de aires comprimidos, etc.), mediante los cuales es factible el cambio de producto en la línea de producción” (p.14), 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.

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. (Integrado Corporativo Calidad Vical, 2006).

Cada cambio de moldura, y en general, cada paro de producción representa una disminución a la capacidad instalada de la planta, la cual no solo se compone del tiempo que la máquina permanece fuera de operación, sino que existe el factor de que al momento del arranque de la máquina se tienen afectaciones de corrección de defectos, que también impactan fuertemente en los resultados.

El cambio de moldura integra las áreas de: fundición (quienes son los responsables de proveer el acondicionamiento térmico del vidrio para el formado de los envases), cambios de moldura (personal responsable de realizar los ajustes en la máquina formadora), taller de moldes (responsables de preparar los moldes para formar los envases), mantenimiento is (responsables de garantizar el buen estado de funcionamiento de la máquina formadora desde el punto de vista mecánico y realizar durante el cambio, la sustitución de aquellos mecanismos propios de los procesos de manufactura seleccionados), mantenimiento electrónico (responsables de garantizar el buen estado y funcionamiento de la máquina formadora desde la parte electrónica), mantenimiento mecánico (responsables de los ajustes de las líneas de manejo del producto en las líneas de revisión y sistemas de empaqueo del producto) y 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). Procedimiento para control del proceso de producción, (2008).

Los cambios de moldura son realizados de forma predeterminada y de acuerdo con un programa de producción que establece la entidad para el efecto dentro de la compañía, teniendo como meta un indicador de eficiencia en la ejecución del cambio. El monitoreo del cambio de moldura se realiza dentro del período de las siguientes 24 horas desde que inició.

Por el grado de complejidad de los cambios de moldura, habrá algunos que podrán realizarse de forma más rápida que otros, que requerirán más tiempo de ejecución.

La mejora de los cambios de moldura es y será en mayor proporción uno de los puntos clave para los resultados económicos de la empresa, ya que ante la competencia cada vez más agresiva, solo aquellas empresas que tengan una mejora notable de sus niveles de desempeño en la operación y reducción de sus pérdidas de capacidad tendrán una ventaja competitiva que les asegurará la permanencia en el negocio.

6.4.2. Junta de Planeación

El grado de dificultad de los cambios de moldura y sus costos están en gran medida determinados 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. Integrado Corporativo VICAL, (2006).

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

indispensable mantener un nivel balanceado de cambios para permitir estabilidad a la operación, cosa que persigue en sí misma la técnica 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 aquellas consideradas como las más adecuadas para lograr un buen 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. (Vidriera Guatemalteca, S. A. Procedimiento para control de proceso, 2008).

Los cambios a las condiciones de operación que sean determinados a modificar 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 ello que las reuniones de planeación deban 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: garantizar la revisión de los componentes mecánicos que se usarán para fabricar el envase.
- Revisar el programa de producción: conocer el grado de dificultad de los cambios de moldura con la máxima anticipación posible.
- Evaluar y autorizar la historia de carrera: revisar que lo que se está planeando corresponde con lo necesario que se está programando fabricar.
- Distribuir la historia de carrera: verificar que todas las áreas involucradas conozcan los requerimientos programados.
- Fijar secuencia en el programa de fabricación: garantizar que todo se pueda organizar y preparar con antelación y evitar contratiempos.
- Determinar necesidades de mantenimiento: planear y organizar el mantenimiento que pueda ser ejecutado de forma simultánea a los cambios de moldura.
- Evaluar que los recursos estén disponibles: asegurar que se tenga lo necesario a mano siempre.

- Celebrar junta de inicio de carrera: coordinar las tareas a efectuar durante el cambio de moldura.
- Inspección previa de moldura y equipo variable: asegurar la calidad de la preparación.
- Inspección final: asegurar que en la línea de producción esté todo lo necesario y listo para usarse.
- Ejecutar el cambio físico de moldura: instalar fielmente las condiciones definidas en la historia de carrera.
- Ejecutar el acorreamiento del cambio de moldura: arrancar y elevar la calidad de la producción a los niveles planeados.
- Evaluar el cambio de moldura: medir el desempeño de todas las áreas involucradas y sus resultados.
- Revisar bitácora de operación: detectar cualquier posible cambio de condiciones de operación.
- Actualizar la historia de carrera: registrar en la historia los posibles cambios de condiciones de operación. (Manual de Cambios de Moldura, Dirección de Tecnología Vitroenvases, 1998 p.60)

6.4.3. Índices de medición

Para medir la calidad de la ejecución del cambio de moldura, es común en la industria de vidrio utilizar como indicador la relación existente entre la cantidad de toneladas de producto que se han ingresado a la bodega de producto terminado *versus* la cantidad de toneladas de vidrio fundido que se han procesado desde el inicio del cambio de moldura, manejando así cada uno de los cambios del mes de la planta. (Vidriera Guatemalteca, S. A., Ingeniería Industrial. Reporte de eficiencias de cambios de moldura 2015). Este valor se conoce como *pack to melt* en las primeras 24 horas (PTM 24 horas), o eficiencia de cambios. Este indicador forma parte de los indicadores de

producción y es revisado a diario en las reuniones de evaluaciones del desempeño de la planta, con lo cual se mantiene un seguimiento estricto para reencausar los resultados. Es muy importante que este indicador pueda ser conocido y manejado por los involucrados en todo el proceso de la realización de los cambios de moldura para lograr su mayor involucramiento posible. (Ingeniería Industrial, Reporte de eficiencias de cambios de moldura, Vidriera Guatemalteca, S. A.).

6.5. Técnica SMED

Se presenta a continuación una serie de explicaciones sobre la técnica SMED para el desarrollo de cambio de matrices en un minuto sencillo.

6.5.1. Orígenes

La importancia de los tiempos resultantes de cambios de moldura muy cortos siempre han sido la panacea de la industria en general, más en esta etapa de fuerte globalización donde los clientes a través del desarrollo acelerado de mejores medios de transporte y comunicaciones exigen un amplio rango de productos entregados con alta calidad, rápidos tiempos de respuesta y precios razonables por supuesto. Para sobrevivir en la corriente de este mundo cada vez más competitivo hay una enorme necesidad de buscar la mejora en cada tipo de industria.

El concepto de manufactura esbelta lo usaron Womack, Jones & Ross (1990 p 127) “La máquina que cambió el mundo”. En esta publicación ellos explicaban la filosofía de manufactura que Toyota siguió para desarrollar con el tiempo un completo sistema integral de producción el cual llamó: “Sistema de producción Toyota”. (Allen, Robinson & Stewart, 2001 p 96). Este sistema,

luego adoptado en toda la industria japonesa fue la razón del porqué de la evolución de dicha industria en un país prácticamente sin recursos naturales, pero con factores de producción determinantes para los costos, competitividad, tiempo y calidad (Walker, 1994 p 87). Tomando lo dicho anteriormente, se puede deducir que la manufactura esbelta es esencialmente un sistema integrado de producción, el cual es sumamente efectivo para la búsqueda y detección, pero sobre todo de la eliminación de toda clase de desperdicio, siendo lo suficientemente flexible para que pueda ser una herramienta poderosa para enfrentar los cambios del mercado con el apoyo de diversas metodologías de mejora, que se mencionan a continuación. (Bednarek & Niño, 2009 p 5).

Las diferentes técnicas que componen el concepto de manufactura sin desperdicios consisten en la aplicación de métodos y técnicas, especialmente dirigidas al mejoramiento de los procesos de producción, en donde parte de su aplicación permitirá la reducción de desperdicios (que son definidos como todas aquellas tareas o resultados que no contribuyen a incrementar el valor al producto final).

La manufactura esbelta se puede comentar que está sustentada por las siguientes técnicas:

- Las 5 S: técnica utilizada para cambiar las condiciones laborales y ambiente de trabajo en la organización, enfocándose en pasos claros para lograr: seguridad, orden y limpieza en el puesto de trabajo de la gente.
- Sistema SMED: gestión usada para la reducción del tiempo de ejecución de los cambios de artículos.
- Los sistemas Poka Yoke: usados para lograr una disminución de los trabajos erróneos en el área.

- La administración visual: usada para presentar de forma visual y divulgar convenientemente para el personal de la empresa los índices productivos, definidos como los clave para conocer el desempeño de la empresa.
- Los grupos Kaisen: técnica que busca mejorar el aprovechamiento en todo momento mediante el involucramiento del personal a cargo de las operaciones.
- Procesos de control de seis SIGMA: que tiene como objetivo reducir el porcentaje de defectos menores a uno por cada millón de piezas que se producen.
- El desarrollo de células de manufactura: que implementa nuevos flujos para generar productos en la empresa mediante la manufactura de bienes de forma más expedita.
- Sistemas TPM: implementar un sistema de servicios preventivos para garantizar un nivel total de producción para disminuir el paro de máquinas.
- El análisis de valor del proceso (conocido como Value Stream Mapping): herramienta aplicable para encontrar de forma eficiente en qué punto del proceso se tienen los principales desechos a lo largo de las actividades.

Fuente: Journal of Economics, Finance and Administrative Service. (Yash, 2012 p 135).

Se puede concluir, luego de revisar los puntos que conforman la producción esbelta, que esta se convierte en la base sólida para la implementación y éxito de los sistemas de producción de las empresas, siendo una poderosa herramienta de gestión que permite la generación de mejores artículos mientras se logra una reducción importante de los desechos.

Fue así como después de trabajar por muchos años como consultor en la Toyota (Industria Automotriz), el Dr. Shigeo Shingo desarrolló una metodología para analizar y lograr reducir el tiempo de ejecución de un cambio de matrices en prensas hidráulicas. Para dar un ejemplo de su logro, se habla de que logró realizar esta actividad en una prensa de 1 000 toneladas-fuerza de un tiempo de 4 horas a solamente tres minutos. Sin embargo, la flexibilidad y profundidad de su método ha permitido que pueda ser usado en cualquier proceso de la industria, aportando mejoras en reducciones de tiempos de ejecución. (Kirov (2015 p 5-10; Shingo (1985 p 12-18). El autor Van Goubergen (2013) indicó también, que las tres principales razones por las cuales las iniciativas de reducción de seteos de máquinas pueden ser apropiadas para cualquier compañía son: incrementar flexibilidad al lograr realizar más cambios de moldura y reducir los lotes de producción, disminuir los cuellos de botella de los procesos para maximizar la disponibilidad y producir más artículos por unidad de tiempo disponible, así como minimizar los costos al mejorar estos procesos de ejecución.

La metodología SMED descansa sobre cuatro grandes pilares según el Dr. Shingo (1989):

- Primera etapa: conocer las operaciones que están involucradas en el proceso de manufactura, de tal forma que se establezcan sus secuencias actuales de realización con el mayor detalle posible en cuanto a su contenido y desarrollo, para que esa información pueda contribuir a comprender la razón de ser de las operaciones.
- Segunda etapa: de todas las actividades que conlleva el cambio de moldura, se deberán separar aquellas que sean internas y externas al cambio, esto con la finalidad de concentrar el esfuerzo para realizar el cambio, manteniendo el equipo fuera de operación el menor tiempo

posible, lo que se podrá lograr solamente haciendo lo estrictamente necesario con el equipo fuera de operación, tratando de que el grueso de actividades puedan ser realizadas en la marcha, con el equipo trabajando. Pero, para realizar esto, primero hay que lograr entender bien el proceso de forma tal que se pueda separar y realizar lo externo de lo interno.

- Tercera etapa: analizar las actividades internas para que, las que sean posibles puedan convertirse en actividades externas, realmente este es el mayor aporte que se puede tener para el incremento de la productividad; las actividades que puedan realizarse sin menoscabo de la productividad del equipo serán claves para lograr un impacto fuerte en el tiempo de ejecución del cambio de moldura. Incluso las actividades internas deberán ser sujeto de análisis profundo para que no se tengan incongruencias al proponer que determinadas actividades internas pasen a considerarse externas y al momento de realizarlas en campo se comprueba que esto no es posible. Es por ello que un buen estudio de diagrama de operaciones, su concepto y complejidad son vitales para poder desarrollar a cabalidad con esta etapa clave de la técnica SMED.
- Cuarta etapa: analizar cada operación precedente para mejorar su ajuste individual. Esto se desarrolla mediante el análisis de posibles cuellos de botella o interrupciones dentro del flujo normal del proceso de producción, aplicando la filosofía de la mejora continua, toda operación puede ser sujeta a mejora si se desarrolla un buen análisis. Aquí se pone a prueba el buen desempeño del proceso en función del tiempo de ejecución de las labores para el buen resultado final.

6.5.2. Tipos de cambios

Entendiendo que los cambios de moldura se conocen como el conjunto de operaciones de ajuste que se deben realizar en determinados equipos antes de lograr la fabricación de algún artículo, siguiendo los lineamientos de la metodología SMED, se pueden ubicar cuatro tipos de cambio (Herr, 2014 p 39).

- Tipo I: aquellos cambios que comprenden etapas de recopilación, preparación y revisión de materiales, herramientas y lo que aporte valor previo a la realización del cambio, limpieza de máquina y la estación de trabajo, revisión y retorno de todo lo que se ha usado cuando el ajuste y operación está completo.
- Tipo II: son los cambios donde se dan operaciones de remoción de herramientas, partes y todo aquello de valor para el cambio, luego de la completación del último lote, montaje de herramientas partes y también todo lo previo para el siguiente lote de producción.
- Tipo III: cambios en donde se ven realizadas operaciones de medición, ajustes y calibraciones de máquina, herramientas, calibradores y partes para ejecutar la operación.
- Tipo IV: cambios de moldura donde se va a producir una pieza de ensayo luego del ajuste inicial, medición de esa pieza, reevaluación del ajuste de la máquina, producción de otra pieza para revisión y así sucesivamente hasta que toda la operación cumple con los requerimientos establecidos, para posteriormente realizar el arranque formal de la producción. (Kirov (2015 p. 20- 23; Shingo (1985 p. 28- 32).

Es muy importante hacer la aclaración que estos conceptos en ningún momento deben confundirse con la idea que pueden tener algunos operadores y consiste en que el cambio de moldura, según ellos comienza cuando el

operador inicia a ejecutar los procesos del cambio y concluye cuando este los finaliza, sin embargo, este no es el caso que se está tratando en este trabajo de graduación, en lugar de eso, se debe recordar la siguiente definición: “Cambio de moldura inicia cuando la actual tarea de procesamiento es finalizada y finaliza cuando la siguiente tarea de procesamiento genera artículos libres de defectos” (Kirov, 2015 p. 15). Mayormente esto se refuerza cuando se deduce que parte de este tiempo de ajuste es aquel cuando la máquina no agrega ningún valor a la pieza en proceso.

Lo anterior permite, luego de identificar los cambios, clasificar aquellas actividades que pueden considerarse como internas al cambio (es decir aquellas que necesariamente se deben de realizar cuando la maquinaria no está generando trabajo o producción) y aquellas llamadas externas, (las que se pueden llevar a cabo con el equipo produciendo y que no tendrán una incidencia en los niveles de producción esperados). Por tanto, los cambios tendrán actividades internas y externas.

6.5.3. Etapas para la implementación de SMED

Para lograr la implementación de la técnica SMED, es necesario establecer una serie de medidas dentro de la organización, para lo cual se tiene una guía sugerida, esta se presenta a continuación.

6.5.3.1. 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 indicar con las comunicaciones de cuáles son los objetivos fundamentales de la organización al implementar las mejoras de la realización de los cambios mediante la técnica 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 ideas y aceptar las sugerencias generales que se puedan recibir por parte de los directores del proyecto. La parte fundamental que desempeña el trabajo de grupo en un cambio de moldura es altamente significativo (Kirov 2015 p. 30-35; Shingo 1985 p. 3, Mendoza & León 2009 p. 27).

6.5.3.2. Aprenda las reglas de la mejora de los cambios

No puede haber una etapa exitosa de implementación de un proceso de mejoramiento usando la técnica SMED si no se forma un grupo de trabajo que tenga la función de integrar las diferentes etapas. Hay que tener una etapa de aprendizaje de las reglas para la mejora del cambio, esto principia con reuniones en las cuales se le participa a los integrantes del *team* los objetivos del grupo y las reglas que rigen la gestión del grupo de mejora; por ejemplo, lo que se espera de ellos, qué aprendizaje mínimo debe tener para poder aportar, los perfiles de las personas, cuáles son sus diferencias en cuanto a capacidades o habilidades, su comunicación interna dentro del grupo, entre otros. Definitivamente el apoyo del área de Recursos Humanos de las empresas jugará un importante rol de facilitador para lograr completar sin problemas todas las competencias que sean requeridas. (Kirov 2015 p. 30-35; Herr 2014 p. 50-55; Paredes 2014 p. 100- 110).

6.5.3.3. Establezca un cronograma de demostraciones

La mejor forma de lograr el involucramiento del grupo de mejora lo producirá su participación directa en la evaluación conjunta de los cambios, en la medida que la gente pueda participar como observadores y también de sus aportes, muchas ideas nuevas pueden surgir, las cuales deberán ser sometidas a consideración para no descartarlas sin un análisis previo de lluvia de ideas. Es importante que en esta etapa se instruya correctamente a los participantes para que se abstengan de hacer solamente comentarios negativos sobre ideas individuales que puedan surgir para no sesgar la participación, y con ello afectar la sinergia que se espera pueda desarrollarse entre los integrantes, como se ha visto en los puntos anteriores, la suma de los factores relevantes de afinidades, capacidades y competencias permitirán que las mejoras puedan irse estructurando de manera ordenada dentro del proceso de mejora de los cambios de moldura. (Kirov 2015 p. 30-35; Shingo 1985 p. 25-27; Montoya, 2008 p. 85 -105).

6.5.3.4. Asegúrese no solamente de analizar los casos negativos

Es muy importante que se pueda aprender a valorar los éxitos y beneficios de la ejecución de un buen cambio de moldura, pues eso constituirá el *know how* de la compañía y generará más valor a la gestión de mejora. Es clave que los puntos positivos se puedan documentar y tratar de replicar en otros casos donde los resultados no han sido del todo positivos. Por muy pequeño que sea el logro se deberá registrar y reconocer. En este punto se puede tomar en consideración que debe de tenerse mucho cuidado en la parte de coordinación para mantener un constante control de la evaluación del desempeño, que

permita ubicar aquellos logros que, aunque no sean del todo determinantes pueden conllevar a lograr que el grupo genere naturalmente impactos positivos en el desempeño del equipo de trabajo en la ejecución de los cambios de moldura. (Martí 2013 p.60; Kirov 2015 p. 30-35; Shingo 1985 p. 35-37).

6.5.3.5. 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 de ello, pero antes de proponer mejoras, se sugiere agotar primero los siguientes pasos como parte de la investigación de causa raíz:

- 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.
- 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.
- 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.
- Las herramientas y calibradores no se ordenan y guardan adecuadamente, por lo que la gente pierde mucho tiempo en ubicarlas:

es parte de las reducciones de desperdicios que plantea el mismo SMED dentro de sus diferentes pilares de aplicación.

- Se puede apreciar que hay demasiadas actividades relacionadas con la colocación y aprete de tuercas o tornillos en el cambio: 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.
- Solo algunos de los trabajadores tienen claro cómo ejecutar las labores de ajustes finos luego del cambio: esto es fundamental, si no se ha dado suficiente información a los participantes o no se tiene claro lo que se requiere de su desempeño, el proceso tenderá a ser engorroso y frustrante, con lo cual será necesario tomar medidas del caso.
- 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.

Todos estos puntos, seguramente reflejarán las carencias o capacidades no cubiertas del personal a cargo del cambio, con lo cual se puede 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. (Kirov 2015 p. 34-36; Herr 2014 p. 60-63).

6.5.3.6. Limpie las operaciones inútiles y aplique 5S para mejoramiento del ambiente de trabajo

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

Algunos ejemplos que se pueden revisar dentro de las actividades internas lo constituyen: aprete y afloje de tornillos, ajustes finos que dependen de individuales y que no son del dominio de toda la tripulación o que requieren de mucho desperdicio para su logro.

Para el caso de lo que es factible de revisarse en las actividades externas, se encuentran todas aquellas que pueden resolverse mediante la aplicación de las 5S, con énfasis en la preparación y la limpieza. Todo esto repercutirá en tiempo de los operadores en ubicar herramientas, calibradores, accesorios, entre otros.

También pueden aplicar aquí todos aquellos factores en donde, por ejemplo, por no hacer una correcta revisión de los preparativos, los mismos efectos inservibles son llevados de una 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 2012 p. 49-53; Kirov 2015 p. 37-38).

6.5.3.7. Transforme el cambio interno en cambio externo

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 repercutirá severamente en el tiempo total de ejecución del cambio en la máquina. Por ello 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? (Manzanedo 2012 p. 93; Shingo 1985 p. 54).

Este análisis generará para el grupo de mejora un listado que deberá ser evaluado, fundamentalmente teniendo en cuenta una relación de costo beneficio, podría ser el caso en el cual se requiera hacer modificaciones en las piezas existentes y sobre todo comprobarse también su efectividad.

6.5.3.8. Mejore el cambio interno remanente

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?, ¿cómo puede simplificarse este elemento?, ¿puede hacerse el cambio sin este elemento o procedimiento?, ¿puede reducirse el número de veces que esta operación debe ejecutarse durante el cambio? (Del Vigo 2009 p.80-95; Kirov 2015 p. 60-62, Shingo 1985 p. 40-48).

6.5.3.9. Mejore el cambio externo

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. (Kirov 2015 p. 65-67; Vallez 2008 p 75-86.)

7. ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN
DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. LA INDUSTRIA DEL VIDRIO EN GUATEMALA
 - 1.1 Antecedentes de la Vidriera Guatemalteca, S.A.
 - 1.2 Misión
 - 1.3 Visión
 - 1.4 Productos que fabrica
 - 1.5 Resumen del proceso de manufactura de los envases de vidrio

2. PROCESO DE CAMBIOS DE MOLDURA
 - 2.1 Definición
 - 2.2 Tipos de cambios de moldura
 - 2.2.1 Cambio tipo I
 - 2.2.2 Cambio tipo II
 - 2.2.3 Cambio tipo III
 - 2.2.4 Cambio tipo IV
 - 2.2.5 Cambio tipo V

- 2.3 Estructura organizacional del proceso de cambios de moldura
 - 2.3.1 Departamentos involucrados
 - 2.3.2 Estándares de personal
 - 2.3.3 Perfiles de puestos
- 2.4 Planeación y realización del cambio de moldura
 - 2.4.1 Junta de inicio de carrera
 - 2.4.2 Preparación del equipo para el cambio
 - 2.4.3 Revisión de compromisos
 - 2.4.4 Desarrollo del cambio de moldura
 - 2.4.5 Medición de la eficiencia de ejecución del cambio de moldura.

3. LA TÉCNICA SMED

- 3.1 Definición
- 3.2 Costos de los cambios de moldura
 - 3.2.1 Costos intangibles
 - 3.2.2 Costos tangibles
- 3.3 Pasos para la implementación de la herramienta SMED
 - 3.3.1 Paso 1. Forme un equipo de mejora
 - 3.3.2 Paso 2. Analice las operaciones del cambio
 - 3.3.3 Paso 3. Elimine las tareas innecesarias y aplique 5S
 - 3.3.4 Paso 4. Convierta tareas internas en externas
 - 3.3.5 Paso 5. Mejora las tareas internas resultantes
 - 3.3.6 Paso 6. Mejora las tareas externas resultantes

4. EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS DE MOLDURA

- 4.1 Diagrama de operaciones existentes
 - 4.1.1 Diagrama de flujo
 - 4.1.2 Toma de tiempos de las operaciones

- 4.1.3 Revisión y tabulación de datos
 - 4.2 Evaluación de herramientas
 - 4.2.1 Operaciones de desmontaje
 - 4.2.2 Operaciones de montaje
 - 4.3 Evaluación de maquinaria
 - 4.3.1 Condiciones de trabajo
 - 4.3.2 Condiciones de mecanismos
 - 4.4 Determinación de necesidades de capacitación
 - 4.4.1 Habilidad
 - 4.4.2 Destreza
5. ENTREGA DE RESULTADOS
- 5.1 Presentación de propuestas de mejora
 - 5.1.1 Listado de actividades externas al cambio
 - 5.1.2 Listado de actividades internas al cambio
 - 5.1.3 Nuevo procedimiento de realización de cambios de moldura
 - 5.1.3.1 Ruta crítica
 - 5.1.4 Nuevas herramientas sugeridas
6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

8. METODOLOGÍA

Para esta investigación se describirán a continuación las técnicas, métodos y procedimientos que se utilizarán para cumplir los objetivos formulados para el estudio.

8.1. Tipo de estudio

El proyecto de trabajo de graduación se realizará por medio de un enfoque que cubrirá tanto la parte cuantitativa como cualitativa del proceso. Se desarrollará un alcance descriptivo para tener un diseño no experimental al buscar aplicar la técnica SMED en la mejora de la realización de los cambios de moldura de la Vidriera Guatemalteca, S. A., y lograr el buen desempeño respecto de los indicadores productivos definidos para el efecto.

8.2. Diseño de la investigación

La investigación descriptiva en el trabajo de graduación, se llevará a término por medio de un enfoque cuantitativo y cualitativo, para determinar el nivel de eficiencia existente de los cambios de moldura y luego comparar contra los nuevos resultados esperados de la planta. Se usará el análisis retrospectivo de los resultados de la eficiencia de cambios de moldura correspondientes a los resultados mensuales del año anterior, al cual se estará llevando a cabo la aplicación de la técnica SMED. Se establecerá a partir del período de evaluación, definido por una investigación longitudinal, de aquellos cambios de moldura que sean seleccionados del total de realizados en la vidriera para hacer las correspondientes mediciones de campo que permitan recolectar datos

suficientes y determinar si las aplicaciones de las técnicas SMED en la realización de los cambios de moldura, están obteniendo mejoras a los indicadores de desempeño de dichas tareas.

El uso de análisis de caso se podrá aplicar en aquellas etapas en donde se pueda obtener directamente del personal que integra el equipo de cambios de moldura, la retroalimentación que permita complementar la evaluación de los resultados, como consecuencia de mejoras realizadas a raíz de la aplicación de las técnicas SMED para ajustes de cambio rápido en las herramientas de uso diario en la ejecución de los cambios de moldura.

Esto se realizará bajo la obtención de datos estadísticos de los tiempos de ejecución de las principales operaciones claves que componen las rutinas de los cambios de moldura.

La investigación permitirá identificar las operaciones más influyentes en la ejecución de los cambios de artículo, logrando luego a través del uso de la técnica SMED, agrupar estas operaciones como aquellas que pertenecen al período previo del cambio de moldura (consideradas como actividades externas), o también como las ejecutadas necesariamente con el equipo fuera de operación (es decir, las actividades internas), por lo que no pueden en ningún momento excluirse de la realización del cambio de moldura.

Es importante considerar que el estudio permitirá también, investigar si los actuales procedimientos son los más adecuados para cumplir con la meta de realización de los cambios de moldura en la Vidriera Guatemalteca, S. A. ya que mediante las mediciones de tiempos se podrán registrar aquellos eventos como los que representan las mayores afectaciones en su realización.

Cuando se puedan desarrollar los cambios de moldura en cumplimiento con la meta establecida de desempeño para el personal del equipo de cambios en la Vidriera Guatemalteca, S. A. se verán los beneficios al mejorar la planta sus indicadores productivos organizacionales.

8.3. Variables e indicadores

Las variables a utilizar en esta investigación son de tipo cuantitativo y los indicadores que se aplicarán en el trabajo de investigación son también de tipo cuantitativo, para realizar la medición correspondiente de los resultados que se obtengan, y así determinar la relación entre las variables estudiadas.

Tabla I. **Variables**

Pregunta	Objetivo general	Variable	Subvariable	Definición conceptual
¿Se podrá mejorar el indicador de la realización de los cambios de moldura en la Vidriera Guatemalteca, S. A. mediante la aplicación de la técnica SMED?	Determinar el valor de la mejora en el indicador de la realización de los cambios de moldura en la Vidriera Guatemalteca, S. A. a través de la aplicación de la técnica SMED.	Tiempo de cambio de moldura	<i>Pack to Melt</i> 24 horas	Proceso mediante el cual se cambia un artículo en la línea de producción.

Definición operacional	Indicadores	Instrumentos
Toneladas de vidrio empacadas/toneladas de vidrio fundidas en un período de 24 horas luego del paro de máquina.	Eficiencia de cambios de moldura	Hojas de empaque diario

Continuación de la tabla I.

Pregunta	Objetivo	Variable	Subvariable	Definición conceptual
¿Cuáles son las operaciones clave del cambio de moldura?	Establecer las etapas clave en el tiempo de ejecución del cambio de moldura mediante mediciones en campo en una muestra de 36 cambios durante un período de tres meses.	Tiempo de cambio físico	Tiempo de las operaciones del cambio físico de moldura.	Proceso mediante el cual se cambian las piezas requeridas por el nuevo artículo en la máquina formadora.

Definición operacional	Indicadores	Instrumentos
Tiempo usado por los operadores para el cambio de las piezas en la máquina desde que se para hasta que se carga vidrio.	Rutinas asignadas de trabajo.	Reporte de cambio físico

Pregunta	Objetivo	Variable	Subvariable	Definición Conceptual
¿Existen parámetros relacionados al tiempo para la realización de los cambios de moldura?	Determinar si existen parámetros relacionados al tiempo de realización de los cambios de moldura sobre una muestra de 36 cambios en un período de tres meses.	Tiempo de cambio de moldura	<i>Pack to Melt</i> 24 horas	Proceso mediante el cual se cambia un artículo en la línea de producción.

Continuación de la tabla I.

Definición Operacional	Indicadores	Instrumentos
Toneladas de vidrio empaçadas/toneladas de vidrio fundidas en un período de 24 horas luego del paro de máquina.	Eficiencia de cambios de moldura	Hojas de empaque diario

Pregunta	Objetivo	Variable	Subvariable	Definición Conceptual
¿Son las herramientas usadas actualmente las más adecuadas para la correcta ejecución de los cambios de moldura?	Comprobar si las herramientas usadas actualmente son las adecuadas para la correcta ejecución de los cambios de moldura.	Tiempo de cambio de moldura	<i>Pack to Melt</i> 24 horas	Proceso mediante el cual se cambia un artículo en la línea de producción.

Definición operacional	Indicadores	Instrumentos
Toneladas de vidrio empaçadas/toneladas de vidrio fundidas en un período de 24 horas luego del paro de máquina.	Demoras del cambio de moldura como consecuencia de las herramientas disponibles	Hojas de empaque diario

Pregunta	Objetivo	Variable	Subvariable	Definición Conceptual
¿Qué tipo de capacitación es necesaria impartir al personal de cambios de moldura?	Establecer el plan de capacitación para 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	Proceso mediante el cual se cambia un artículo en la línea de producción.

Continuación de la tabla I.

Definición Operacional	Indicadores	Instrumentos
Toneladas de vidrio empacadas/toneladas de vidrio fundidas en un período de 24 horas luego del paro de máquina.	Demoras del tiempo de cambio como consecuencia de preparaciones incorrectas.	Hojas de empaque diario

Fuente: elaboración propia.

8.4. Población y muestra

La población se tomará seleccionando un punto de partida en octubre de 2015, se realizará un muestro del total de cambios de moldura que se hayan ejecutado en la Vidriera Guatemalteca, S. A. en los últimos seis meses, equivalentes a 40 cambios mensuales, para determinar mediante análisis estadístico la situación actual del Departamento de Cambios de Moldura en cuanto a la realización de los cambios de moldura.

La muestra a trabajar en la prueba piloto sobre los cambios ejecutados mensualmente, se obtendrá con la siguiente ecuación:

Donde

- n: tamaño de muestra.
- N: órdenes totales en el mes.
- 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 debe tomar por aproximación, un total de 36 cambios para realizar el estudio de rutinas y tiempos de ejecución en la Vidriera Guatemalteca, S. A.

8.5. Obtención de la información

Para la obtención de la información respecto a lo que ha sido la actuación del *team* de cambios de moldura en la Vidriera Guatemalteca, S. A., se revisó documentalmente los registros de la actuación mensual elaborados por el Departamento de Ingeniería Industrial de la planta, en donde se refleja cada mes y cambio a cambio el resultado logrado. Con esta información se podrá iniciar con el estudio de campo y tener claro el origen referente a la recolección de información para el estudio de este trabajo de graduación.

Primeramente, a través de la observación en campo, se podrán hacer los levantamientos de los diagramas de operaciones que actualmente se estén usando por el personal para realizar los cambios de moldura, con ello se podrá tener el primer paso completo de la recolección de la información. Estos diagramas de operaciones se podrán presentar con los respectivos tiempos

individuales registrados, y de forma objetiva ubicar las secuencias que pueden estar afectando de manera severa los valores de los cambios de moldura.

Toda la información que pueda recolectarse será tabulada y verificada mediante revisión conjunta con los responsables de velar por la administración y ejecución de los cambios de moldura, para estar seguros que no se tendrán errores en el levantamiento de los datos y dar fe que corresponden a la realidad, también para enterarlos de los avances logrados en el desarrollo de este estudio.

Luego de las verificaciones con los responsables se podrán hacer sugerencias, mejoras o ensayos de modificaciones en las rutinas de ejecución del trabajo cotidiano y de las tareas que así sean identificadas de forma que se tenga mejor aprovechamiento de los recursos y una reducción en el tiempo de ejecución del cambio con motivo de la aplicación de la técnica SMED a la ejecución de los mismos, lo que conducirá a mejorar la eficiencia de los cambios de moldura.

8.6. Fase de metodología a aplicar

El procedimiento de la investigación se divide en cuatro fases:

8.6.1. Fase 1

- Identificación de las dificultades y problemas operativos del proceso de realización de los cambios de moldura:
- Determinar el planteamiento del tema de investigación, un marco teórico estructurado y haber definido el alcance de la investigación y formulación de la propuesta.

- Realizar visitas programadas a la planta de producción para poder realizar observaciones, levantar los datos del estudio y con esta información, identificar los eventos claves asociados a la ejecución de los cambios de moldura.
- Recopilar toda la información teórica sobre la técnica SMED, realizando consultas bibliográficas disponibles en internet y documentación propia de la vidriera para el efecto, así como referencias bibliográficas propiedad del autor de este estudio.

Con esta fase se cumplirá el objetivo número uno, el cual es realizar las mediciones en campo de la ejecución del cambio en una muestra en un período de tres meses, para establecer cuáles son las etapas más influyentes en cuanto al tiempo de ejecución y su ordenamiento lógico.

8.6.2. Fase 2

Análisis de datos

- Después de haber realizado el análisis del estudio de campo y la recopilación de la teoría, se concluirá y se realizará un análisis para la elaboración de propuestas de mejora, entre ellas, las herramientas o equipos utilizados para la ejecución de los cambios de moldura.
- A través del cálculo de la población y muestra a evaluar se analizarán los cambios de moldura. Conociendo el número de cambios a evaluar, se identificará las acciones para mejorar el proceso de ejecución de los cambios de moldura.
- Con el estudio de las rutinas de realización de los cambios de moldura, y sus respectivos tiempos, se podrán identificar cuáles de estas

actividades pueden considerarse como previas al cambio y las que necesariamente deben realizarse durante el cambio de moldura.

- Clasificar las actividades previas al cambio y también aquellas que necesariamente deben realizarse durante el cambio de moldura.

Esta fase permitirá cumplir con los objetivos número dos y tres, debido a que se generará un informe que permita a los ejecutivos de la Vidriera Guatemalteca, S. A. implementar mejoras enfocadas en actividades específicas de los cambios de moldura, en donde si se logra aplicar procesos de mejoramiento, el impacto en el desempeño de los indicadores productivos será significativo.

8.6.3. Fase 3

Elaboración de propuestas de mejora

- Describir los procedimientos operativos y de aseguramiento de la calidad asociados al proceso de cambios de moldura que sean necesarios readecuar para la mejor ejecución de los cambios. Esto con la idea de que se puedan tener procesos robustos que permitan un nivel de especialización profundo en su ejecución, ya que en este tipo de trabajo, la especialización efectivamente es muy importante por la alta repetitividad de operaciones.
- Primero proceder a la reformulación de las instrucciones de trabajo o procedimientos.
- Como segundo punto, realizar la comprobación en campo de que las nuevas rutinas a aplicar acordes a los nuevos procedimientos,

efectivamente contribuyen a la mejora del indicador de desempeño del cambio de moldura.

- Para estas acciones se realizarán en un promedio de 30 a 40 días según lo indicado en el cronograma de actividades, dado que la información generada deberá ser tabulada y estudiada cuidadosamente.

Con base en las herramientas se harán propuestas para cumplir con el objetivo número cuatro, que consiste en la actualización de los procedimientos para la realización de los cambios de moldura.

8.6.4. Fase 4

- Elaboración de medidas para mejorar las capacidades del personal de cambios de moldura.
- Describir los perfiles de puestos de los integrantes del equipo de cambios de moldura.
- Con el perfil de cada puesto de trabajo se determinará su matriz de detección de necesidades de capacitación.
- Teniendo definidas las necesidades de capacitación, se sugerirá el programa para su desarrollo, de tal manera que el personal pueda utilizar de la mejor forma el equipo que pudiese rediseñarse para el efecto.
- El periodo para efectuar estas etapas es de 30 días.

Con estas matrices de necesidades de capacitación y sus respectivos planes de capacitación, se logrará cumplir con el objetivo número 5 de este trabajo de investigación.

9. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

A continuación se explicarán las técnicas de análisis de información que se aplicarán a los datos a obtenerse como resultado de la investigación.

9.1. Análisis de la información

A continuación se describe cada fase metodológica de su desarrollo de aquellas herramientas que serán aplicadas para el procesamiento y análisis de los datos que serán recopilados a lo largo del estudio, y que contribuirán de manera directa a la generación del plan de acción de mejora.

En la primera fase se procederá a realizar el levantamiento de diagramas de operaciones de aquellas actividades que se evidencien como las principales y claves para el desarrollo de los cambios de moldura. Para el efecto se usarán formatos diseñados para que la información sea procesada sin mayores dificultades. Para desarrollar esta actividad serán realizadas visitas al área de trabajo para las observaciones frecuentes que faciliten la generación del material aquí descrito. Con los respectivos diagramas de operaciones, se procederá a levantar datos de tiempos de ejecución y con ello desarrollar diagramas de flujo.

Para la segunda fase se procederá al análisis de los tiempos de cada operación para establecer tiempos estándar que permitan reconstruir un patrón genérico de desarrollo de los cambios, para ello se podrán usar herramientas estadísticas como los promedios aritméticos y sus respectivas desviaciones

estándar y así establecer los parámetros idóneos a usar para el desarrollo del trabajo de investigación. Este proceso será aplicado a la muestra que haya sido definida para el universo de cambios de moldura dentro de la organización. En la tercera fase, el estudio resultante de la fase dos permitirá realizar una serie de posibles propuestas de mejora, las cuales pueden ser evaluadas de una vez en el campo del estudio para evaluar su adecuación y contribución al proceso de ejecución de los cambios de moldura.

Todas las comprobaciones van evaluando el nuevo diagrama de flujo resultante y midiendo si efectivamente las actividades pueden ser desarrolladas de mejor forma o en menor tiempo que sus predecesoras. En este punto será posible evaluar el herramental que usa el personal y calificarlo como idóneo o como punto de mejora.

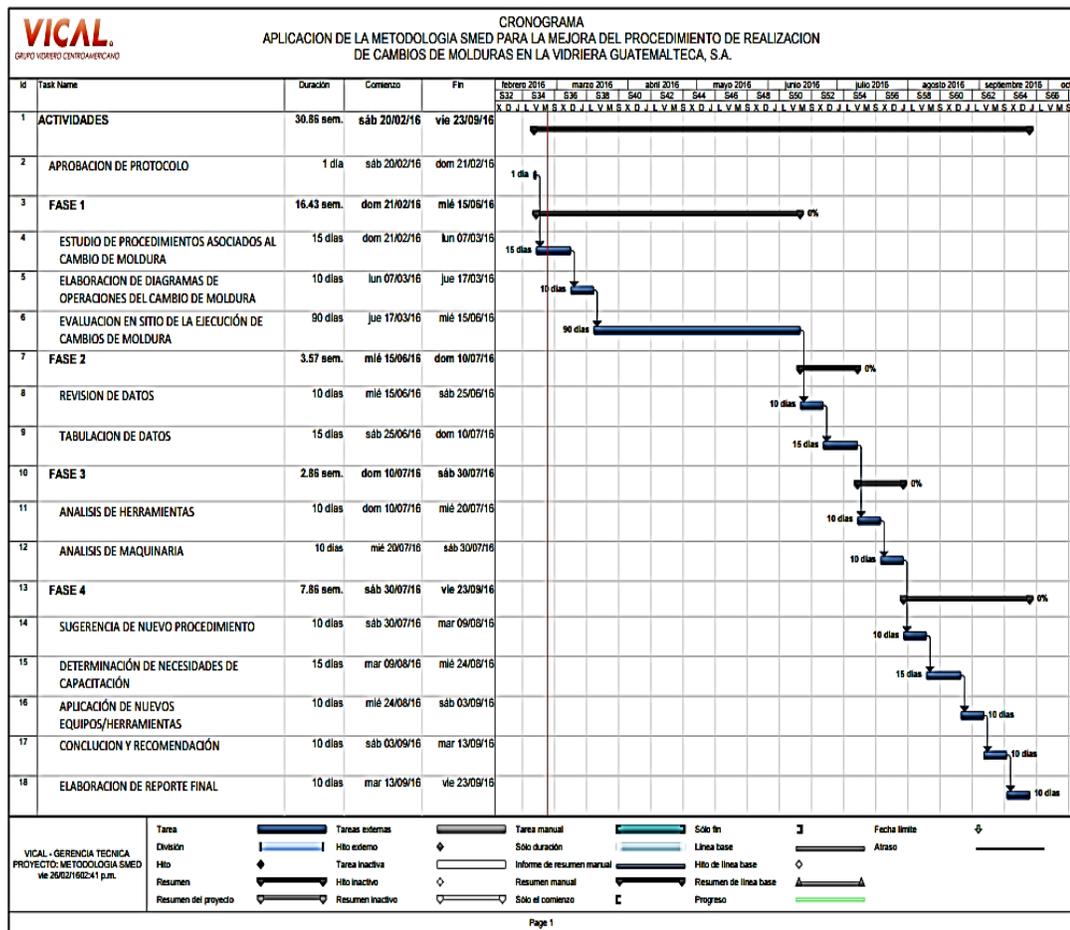
En la cuarta fase se hará una descripción de perfiles de puestos de los integrantes del equipo de cambios de moldura, con esta información será posible determinar si se cuenta con las capacidades técnicas necesarias para desempeñar su trabajo a satisfacción o se detectan áreas de oportunidad que ameriten atención particular o general. Con ello, también será posible establecer matrices de necesidades de capacitación para los nuevos integrantes del equipo de cambios, para el futuro cada vez más demandante de este tipo de procesos productivos.

9.2. Variables e indicadores

Las variables a utilizar en esta investigación son de tipo cuantitativo y los indicadores que se aplicarán en el trabajo de investigación de igual forma son de tipo cuantitativo para realizar la medición correspondiente de los resultados que se obtengan, y así determinar la relación entre las variables estudiadas.

10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Figura 1. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

11. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El estudio cuenta con la factibilidad de realizarse, ya que la institución busca mejorar el proceso de realización de los cambios de moldura en el menor tiempo posible, manteniendo el nivel de calidad mediante el uso de herramientas como la técnica SMED, con el objetivo de controlar las existencias al no incrementar de forma desmedida el inventario de producto, mejorar el proceso de ejecución y mantenimiento de los resultados a largo plazo, con miras a implementar un ciclo de mejoramiento continuo.

Para realizar este trabajo de investigación, el acceso a los recursos económicos son necesarios, y para alcanzar sus objetivos y metas señaladas, se contará con los recursos financieros del estudiante y se recibirá aportes económicos de la organización referente a herramientas y mejoras en elementos de uso para la realización de los cambios de moldura.

Entre los gastos se estipula el tiempo de estudio, costo de tiempo de desarrollo, y costo de recurso humano que participe durante la ejecución de la investigación.

La institución dará la autorización para la realización del estudio, así como el personal que brindará su colaboración para el estudio de campo. En las tablas II, III y IV seguidamente se muestra el presupuesto para la investigación.

Tabla II. **Recurso humano**

Recurso humano
Investigador (estudiante)
Asesor y revisor de la investigación
Colaboradores

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Recursos materiales**

Recursos materiales
Impresora
Computadora
Materiales y útiles de oficina
Cronómetro
Grabadora de mano
Cámara fotográfica

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Presupuesto**

Actividad	Monto quetzales
Personal técnico	Q 20 000,00
Asesoría	Q 2 500,00
Materiales insumos, equipos de medición	Q 10 000,00
Transporte	Q 500,00
Material bibliográfico	Q 900,00
Otros (papel, impresiones, material varios)	Q 700,00
Total	Q 44 500,00

Fuente: elaboración propia

12. PLAN DE ACCIÓN

12.1. Universo y muestra

- Universo: los cambios de moldura que se realizan en la Vidriera Guatemalteca, S. A.
- Muestra: 36 cambios de moldura seleccionados al azar a lo largo de 3 meses de estudio de campo.

12.1.1. Procedimientos y técnicas

Partiendo del conocimiento de los procedimientos operativos o de aseguramiento existentes en la Vidriera Guatemalteca, S. A. que estén relacionados con la ejecución de los cambios de moldura, se procederá a realizar una evaluación completa a la ejecución de 36 cambios de moldura, anotando y detallando aquellos eventos relevantes que pueden estar afectando los resultados operativos de los cambios.

Se procederá también, al análisis del equipamiento actual del personal, así como del estado de la maquinaria donde se realizan los cambios de moldura para calificar, si también allí se detectan áreas de oportunidad que permitan aportar reducciones al tiempo de realización de los cambios. Luego de dicho estudio de campo se presentarán propuestas, lo ideal es que puedan ensayarse para comprobar su contribución al proceso de mejora que se persigue.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bednarek & Niño. *Metodología para implantar el sistema de manufactura esbelta en pymes industriales mexicanas*. Concyteg, 2010. 257 p.
2. Centro de actualización tecnológica. *Alimentadores BB12*. 1997. 15p.
3. Centro de actualización tecnológica. *Cambios de moldura BB5*. 1992. 30 p.
4. Centro de actualización tecnológica. *Ciclo operativo de máquinas IS BB3*. 1997. 25 p.
5. Centro de actualización tecnológica. *Hornos AB1*. 1998. 60 p.
6. Centro de actualización tecnológica. *Materias primas AA1*. 1998. 45 p.
7. Centro de actualización tecnológica. *Pruebas de laboratorio CA2*. 1998. 50 p.
8. Centro de actualización tecnológica. *Revisión y Empaque CA5*. 1997. 35 p.
9. Colín C. *Manual de cambios de moldura. Vitroenvases, Dirección de Tecnología*. 1998. 88 p.

10. Cuc cab, R. *Aplicación de la técnica SMED en la fabricación de envases aerosoles*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. USAC, Facultad de Ingeniería. [en línea]. <http://biblioteca.usac.edu.gt>. [Consulta: 10 de noviembre de 2015].
11. Herr, K. *Quick changeover concepts applied. Dramatically reduce start-up time and increase production flexibility with SMED*. 6a ed. Estados Unidos de América. Crc press/taylor and francis group. 2014. 175 p.
12. Integrado Corporativo Vical. *Manual de calidad*, 2006. 25 p.
13. Kirov, K. *Increase production flexibility with SMED*. Kindle books, 2015. 125 p.
14. Manual Ingeniería Industrial. Vidriera Guatemalteca, S. A. *Reporte de eficiencias de cambios de moldura*, 2015. 12 p.
15. Manzanedo, A. *Optimización de operaciones mediante la técnica SMED en una empresa de envases metálicos*. Congreso de Ingeniería de la Organización. Vigo España. [en línea]. <http://adingor.es/congresos.com>. [Consulta: 12 de noviembre de 2015].
16. Martí, J.; Torrubiano, J. *Guía Lean Management. Lean Process: Mejorar procesos para ser más competitivos*. 2013. 235 p.

17. Mendoza, J.; Ruiz, G; Villarreal, C. *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, 2009. 112 p.
18. Montoya, S. *Implementación de metodología SMED en el área de prensas de C.I*. Colauto. Proyecto de Grado Ingeniería Mecánica Universidad Eafit, Colombia, 2008. 85 p.
19. Paredes, F. *El sistema SMED*. Capítulo 3. Consultor Asociado CDI. Metodología Técnica SMED, 2013. 35 p.
20. Paredes, F. Lean Manufacturing. *¿Qué es manufactura esbelta?. Gestión del flujo del valor*. Lean manufacturing center. [en línea]. <http://www.academia.edu>. [Consulta: 8 diciembre de 2015].
21. Ponencia recuperada on line: Del Vigo, F.; Villanueva, M. *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*. Técnica Industrial. [en línea]. <http://www.tecnicaindustrial.es>. [Consulta: 3 de enero de 2016].
22. *Procedimiento para control del proceso de producción (formado)*. ISO 9001:2008. Vidriera Guatemalteca, S. A. 5 p.
23. Shingo, S. *Quick change for operators: the Smed system*. 5a ed. Portland, Estados Unidos de América: Productivity press development team, 1985. 115 p.

24. Shingo, S. *A study of the Toyota production system from an Industrial Viewpoint*. Documental. Portland, 1989. 257 p.
25. Tenera, A; Alves, A. *Improving Smed in the automotive industry: a case study*. Department of Mechanical and Industrial Engineering (Unidemi). Lisboa, 2009.
26. Vallez, A. *Implementación de Smed en proceso de fabricación de guantes*. Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. 2008. 67 p.
27. Yash, D; Nagendra, S. *Single Minute Exchange of Dies: Literature review*. International journal of lean thinking, volume 3, Issued December, New Delhi, 2012. 57 p.

