



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN DE LOS TIEMPOS
IMPRODUCTIVOS DE UN PROCESO DE IMPRESIÓN FLEXOGRÁFICA POR
MEDIO DE LA METODOLOGÍA SMED**

Erick Geovani Palala Ortíz

Asesorado por la MSc. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Guatemala, septiembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN DE LOS TIEMPOS
IMPRODUCTIVOS DE UN PROCESO DE IMPRESIÓN FLEXOGRÁFICA POR
MEDIO DE LA METODOLOGÍA SMED**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ERICK GEOVANI PALALA ORTÍZ

ASESORADO POR LA MSC. INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estraba
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADORA	Inga. Priscila Yohana Sandoval Barrios
EXAMINADOR	Ing. Julio Oswaldo Rojas Argueta
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 GESTIÓN DE LOS TIEMPOS IMPRODUCTIVOS DE UN PROCESO DE IMPRESIÓN FLEXOGRÁFICA POR MEDIO DE LA METODOLOGÍA SMED

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 26 de abril de 2019.



Erick Geovani Palala Ortiz

Guatemala, 26 de abril de 2019.

Director:

Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de **Ingeniería Industrial**
Su despacho. -

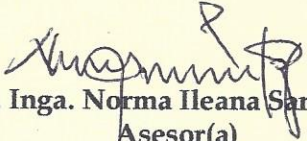
Distinguido Director:

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 **Erick Geovani Palala Ortiz** carné número **201020425**, 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 en Artes en Gestión Industrial**.

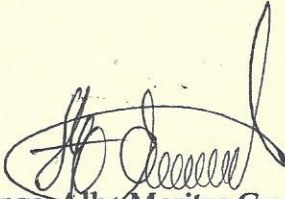
Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente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

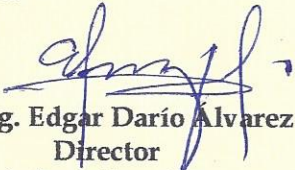
Sin otro particular, atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Maestra. Inga. Norma Ileana Sarmiento Z.
Asesor(a)

Norma Ileana Sarmiento Zecena
INGENIERA INDUSTRIAL
COLEGIADA No. 4319


Doctora Inga. Alba Maritza Guerrero S.
Coordinadora de Área
Gestión de Servicios


Maestro Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Cc archivo/LZ.L.A.

RESOLUCIÓN DE JUNTA DIRECTIVA: Proceso de Graduación 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.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.110.019

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 GESTIÓN DE LOS TIEMPOS IMPRODUCTIVOS DE UN PROCESO DE IMPRESIÓN FLEXOGRÁFICA POR MEDIO DE LA METODOLOGÍA SMED**, presentado por el estudiante universitario **Erick Geovani Palala Ortíz**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2019.

/mgp



La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN DE LOS TIEMPOS IMPRODUCTIVOS DE UN PROCESO DE IMPRESIÓN FLEXOGRÁFICA POR MEDIO DE LA METODOLOGÍA SMED**, presentado por el estudiante universitario: **Erick Geovani Palala Ortiz**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, Septiembre de 2019

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por su inmenso amor y bondad.
- Mi hijo** Erick Javier Palala Caal, por ser un ángel en mi vida y por todas sus alegrías.
- Mis padres** María Ortiz y Rafael Palala, por su amor y paciencia, por apoyarme en todo momento, nunca perder la fe en mí y ser unas personas dignas de admirar e imitar.
- Mis hermanos** Edna, Rafael y Emmanuel Palala Ortiz, por ser compañía en las buenas y en las malas.
- Mis abuelos** Victor Manuel Palala Estrada, Ángela Gudiel Roca, Joaquín Ortiz Pérez, María Julia Márquez, por ser las personas, después de mis padres, que más se preocupaban por mí. Sus canas son sinónimo de sabiduría. Me enseñaron muchas cosas vitales para la vida y me encaminaron por el buen sendero.

AGRADECIMIENTOS A:

- Mis padres** Rafael Palala y Maria Ortíz. Por ser parte fundamental en mi formación profesional y personal.
- Mis hermanos** Edna, Rafael y Emmanuel Palala, por ser apoyo en todo momento.
- Mis amigos** Susana Membreño, Lorena Ordóñez, Victoria Ralón, Rossmery Sandoval, Estefany Gularte, César García, Álvaro Nisthal, Roberto Catalán, Kevin Monzón, Vinicio Armas, Juan Pablo Mencos, Walter Juárez, Juan Luis Ardon, por ser una importante influencia en mi crecimiento personal y profesional.
- Mi novia** Karla Caal, por tu apoyo incondicional.
- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por brindarme una formación profesional integral, con las herramientas necesarias para contribuir al desarrollo del país.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Descripción del problema.....	9
3.2. Delimitación del problema.....	10
3.3. Formulación del problema.....	10
3.3.1. Pregunta central.....	10
3.3.2. Preguntas auxiliares de investigación	10
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN:	15

7.	MARCO TEÓRICO	17
7.1.	Producción de empaques flexibles	17
7.1.1.	Materia prima	19
7.1.2.	Extrusión	20
7.1.3.	Impresión	23
7.1.4.	Laminación.....	25
7.1.5.	Corte	25
7.1.6.	Producto terminado	26
7.2.	Flexografía	26
7.2.1.	Clisés o planchas de fotopolímero	29
7.2.2.	Mangas o cilindros portaclises.....	30
7.2.3.	Acolchado o cinta.....	31
7.2.4.	Anilox	31
7.2.5.	Unidades de tinta o racla	33
7.2.6.	Cuchilla o rasqueta	33
7.2.7.	Sustrato o película	33
7.2.8.	Tambor central.....	34
7.2.9.	Raclas y solventes	35
7.2.10.	Montaje	36
7.2.11.	Sentido de la impresión	37
7.3.	Manufactura esbelta y SMED	37
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO.....	45
9.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	47
9.1.	Variable e indicadores.....	47
9.2.	Fases.....	48
9.2.1.	Fase 1: revisión documental.....	48
9.2.2.	Fase 2: desarrollo de la investigación	49

9.2.3.	Fase 3: presentación de resultados.....	49
9.2.4.	Fase 4: análisis de resultados	49
9.3.	Población y muestra.....	49
9.4.	Resultados esperados.....	50
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS E INFORMACIÓN	51
11.	CRONOGRAMA.....	53
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	55
12.1.	Recursos humanos	55
12.2.	Recursos físicos y materiales	55
13.	PRESUPUESTO.....	57
14.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
15.	APÉNDICES	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Tiempos invertidos por una máquina	7
2.	Proceso de fabricación básico, ideal para productos de reempaque automático	18
3.	Proceso de fabricación de un producto impreso para envasado automático	19
4.	Proceso de fabricación de un producto impreso / laminado para envasado automático.....	19
5.	<i>Blow</i> extrusión o extrusión por soplado.....	22
6.	<i>Cast</i> extrusión.....	23
7.	Perfil de películas laminadas	25
8.	Máquina cortadora	26
9.	Esquema de impresión flexográfica	27
10.	Esquema de unidad de tinta.....	28
11.	Diseño de impresora de tambor central	29
12.	Vista de microperforaciones en anilox.....	32
13.	Tambor central de 8 colores	35
14.	Esquema de representación de la filosofía de manufactura esbelta	41
15.	Representación de las etapas de la metodología SMED.....	43
16.	Cronograma de trabajo de investigación.....	53

TABLAS

I.	Fases de metodología y herramienta	15
II.	Operativización de variables	48
III.	Recursos cubiertos por investigador	57
IV.	Recursos provistos por empresa en estudio	57

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura
\$	Dólar estadounidense
°C	Grados Celsius
°C/h	Grados Celsius por hora
°	Grados
h	Horas
=	Igual que
Kg	Kilogramo
Km	Kilómetro
KV	Kilovoltio
>	Mayor que
<	Menor que
m	Metro
m/s	Metro por segundo
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
'	Pies o minutos
mm	Milímetro
%	Porcentaje
"	Pulgadas o segundos
Q	Quetzales
RPM	Revoluciones por minuto
W	Vatio

GLOSARIO

Adhesivo	Sustancia que puede mantener unidos dos o más cuerpos por contacto superficial.
Anilox	Son rodillos que regulan la cantidad de tinta que se transfiere a los clisés.
CMYK	Es un modelo de color sustractivo que se utiliza en la impresión en colores.
Clisé o plancha	Planchas con relieve, las cuales son grabadas en el proceso de fotograbado.
Extrusión	Acción de forzar, por medio de presión, a pasar a través de un dado o boquilla un plástico o material fundido.
Flexografía	Es un método específico de la conversión de empaques, utilizado especialmente en la industria de empaques flexibles.
SMED	Single-Minute Exchange of Die.
Tinta	Hay tres principales tipos de tinta que son de base en agua, base solvente y UV curables.

RESUMEN

Los costos en la fabricación de los productos son los más impactantes en cuanto a la necesidad de reducción, lo cual conlleva buscar rutas de mejora para hacer que los productos cuenten con costos totales de fabricación competitivos, y de esta forma mejorar la rentabilidad económica de una empresa.

Los tiempos improductivos se cuentan entre los factores importantes en los cuales se da una disminución en la rentabilidad de una empresa, por lo que la optimización con base en la mejora continua es la mejor opción, para favorecer de esta manera la capacidad disponible y la eficiencia de los recursos.

Ante esta necesidad en una industria de empaques flexibles en Guatemala, se optó por la gestión de los tiempos improductivos empleando la metodología SMED en el proceso de impresión, ya que en este se concentran la mayor variedad de productos.

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo trata sobre la innovación en los tiempos improductivos en un proceso de impresión flexográfica adoptando la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die-Cambios rápidos), la cual consiste en el estudio de tiempos de un proceso de producción en donde se debe establecer el tiempo actual de cambio, la identificación de todas las actividades que se llevan a cabo, cuáles pueden ser eliminadas o dividir las en actividades internas y externas. Las internas son las actividades que solo pueden realizarse con la máquina sin movimiento y las externas son las actividades que se realizan con la máquina en movimiento, lo que sucede es que en los procesos se tiende a confundir este tipo de actividades ocasionando paros innecesarios en la máquina.

El problema surge en la pérdida de eficiencia en el proceso de impresión, el tener factores internos y externos que influyen al proceso en cuanto a la fluidez de sus actividades u operaciones y que estos no sean tratados adecuadamente. Esto impacta grandemente en los resultados de la compañía, como por ejemplo: un aumento en el costo de operación debido a un tiempo mayor de ejecución del trabajo al tiempo planeado. Esto último influye la forma en cómo es calculado este factor de tiempo de parada de máquina, la empresa en estudio cuenta con un software en cada una de las máquinas, las cuales alimentan una base de datos, para que estos posteriormente sean utilizados en los reportes de tiempos improductivos.

En un entorno de alta competencia a nivel mundial en la impresión flexográfica los impresores tienen procesos más eficientes y se vuelve la atracción número uno para las compañías impresoras. Los impactos positivos

que se pueden producir en disminuir estos porcentajes hacen que la empresa en estudio brinde todos los recursos y atención necesaria para este trabajo de investigación.

La importancia del estudio es el aumento de la eficiencia del proceso de impresión acortando los tiempos de cambios, los cuales repercuten directamente en la disminución de tiempos improductivos, lo cual aumenta la capacidad de producción de la empresa en estudio.

Entre los beneficios esperados de esta investigación se puede mencionar que el presente trabajo proporcionará una mejor visión sobre los tiempos manejados en el proceso de impresión, así como una guía a seguir para la mejora continua de sus tiempos improductivos, ya que estos impactan en la productividad y costos de la compañía. Esto a la vez brindará mayor capacidad de producción sin tener que realizar la inversión de nueva máquina. La optimización de estos tiempos prolongará el tiempo de necesidad de compra de una nueva impresora y este tiempo a prolongar depende del porcentaje de tiempo que se logre disminuir.

El esquema de solución para dicho trabajo de investigación estará conformado inicialmente por una revisión documental para identificar factores influyentes de otros procesos de la organización hacia el proceso de impresión, seguido de una observación directa en el proceso y análisis de las causas de los tiempos improductivos con una cuantificación de cada una de estas causas. Una vez analizada toda esta información se procederá a desarrollar una propuesta de mejora utilizando la metodología SMED.

El presente trabajo estará conformado por 4 capítulos, los cuales se detallan brevemente. El primer capítulo estará conformado por el marco teórico,

en el cual se abordarán los temas: producción de empaques flexibles, flexografía y metodología SMED. El segundo capítulo comprende el desarrollo de la investigación, el capítulo tercero una presentación de los resultados obtenidos y el cuarto capítulo comprende la discusión de resultados.

2. ANTECEDENTES

En los antecedentes relacionados con el tema de investigación referente a utilizar la metodología SMED para determinar los factores de los tiempos improductivos en un proceso de impresión flexografica, Collazos (2015) menciona:

Existen diferentes rutas para mejorar la competitividad de una empresa, pero si consideramos el principio de economía básico donde la rentabilidad de un producto está dada por la diferencia entre el precio de venta y los costos totales de fabricación, una de las rutas para lograr dichas mejoras es a través de la reducción de los costos implicados en la manufactura del producto.

Los tiempos improductivos constituyen uno de los factores donde se presenta una fuga de rentabilidad y siempre es recomendable realizar una propuesta de optimización de tiempos para iniciar una transformación y encontrar fuentes de inspiración para la mejora continua y la innovación. Por esta vía, los resultados pueden evidenciarse rápidamente favoreciendo el uso de la capacidad disponible y la utilización eficiente de los recursos instalados. (p.9)

Así mismo, en la metodología para reducir paros, Rodríguez (2011) en su investigación indica:

Los tiempos muertos en los procesos productivos son uno de los desperdicios más frecuentes dentro de las organizaciones, y aunque

existen herramientas para su reducción, las organizaciones generalmente no las usan por desconocimiento o por resistencia al cambio. Los tiempos muertos generan altos costos dentro de la operación y provocan que la productividad no sea la esperada, sin embargo, algunas veces estos costos son absorbidos por otras situaciones diferentes al proceso productivo. (p.14)

Castañeda y Vásquez (2006) lo mencionan en su artículo publicado:

Cuando se libera una orden de trabajo, el objetivo principal es elaborar el producto en el tiempo correcto, en las cantidades solicitadas y con las especificaciones establecidas por el cliente. Sin embargo, durante el proceso de fabricación pueden ocurrir muchos eventos que afectan la programación y la calidad del producto, tales como falla de la máquina o herramienta, desgaste y rotura de la herramienta, ausencia de trabajadores, producto fuera de especificaciones, etc. (p.54)

En estos trabajos, Collazos, Rodríguez, Castañeda y Vásquez mencionan que los tiempos improductivos influyen en la productividad de una empresa, lo cual está relacionado a este trabajo de investigación y proporciona información importante sobre las metodologías empleadas para la reducción de estos tiempos en un proceso de impresión flexográfica.

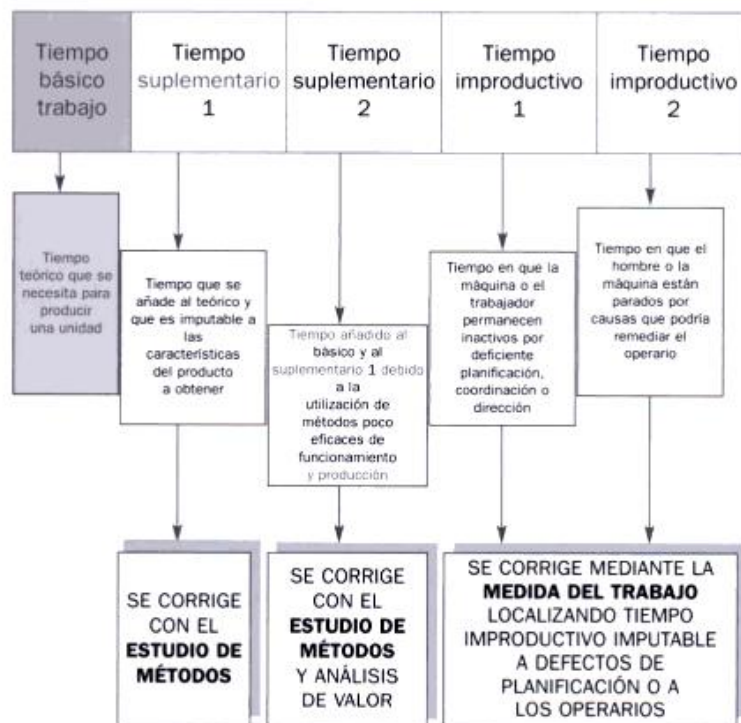
Caso (2010) menciona en su libro:

Es cometido de la dirección de la empresa conseguir que los recursos empleados se aprovechen y combinen de manera que la productividad obtenida sea la mayor posible; la importancia de cada uno de los recursos utilizados varía según la naturaleza de la empresa.

Introducimos la noción del tiempo en el concepto de productividad, y para calcular esta tomamos como base el número de unidades producidas en la unidad de tiempo por máquina o por trabajador.

Al descomponer el tiempo invertido por una máquina o una operación en llevar a cabo una operación se obtiene un número determinado de unidades tal como el resultado de la figura 1. (p.12)

Figura 1. **Tiempos invertidos por una máquina**



Fuente: Caso, A. (2010). *Técnicas de medición del trabajo*.

Alfredo Caso Neira relaciona cómo están divididos los tiempos de trabajo en una máquina, lo cual se relaciona con este trabajo de investigación y proporciona información importante en cuanto a la división de tiempos de

trabajo y cómo corregirlos. Zambrano (2009) habla sobre el uso eficiente del tiempo en su publicación: se habla de la utilización de los tiempos muertos, que son aquellos que se destinan en labores de transporte, espera para ser atendido, para ser empleados con fines de aprendizaje.

García (2012) habla sobre la metodología SMED y su aplicación:

La enseñanza del método SMED en las empresas generalmente se ve comprometida por una planificación previa que condiciona la asignación de los recursos necesarios. Además, debemos ser conscientes de que ante una nueva metodología o herramienta lo fácil suele ser comprender qué es lo que hace, dónde se aplica y para qué se utiliza, pero saber cómo se aplica es lo realmente complicado. Por ello, cuando una compañía decide implantar el SMED a través de un autoaprendizaje interno, el proceso suele ser bastante lento y nunca se está plenamente seguro de que se haya aplicado de forma correcta. (s/pág.).

García, en su artículo *Definición de una metodología para una aplicación práctica de SMED*, define la importancia de la metodología SMED para el análisis de qué hacer con los tiempos improductivos que una compañía puede tener, lo cual se encuentra relacionado directamente con esta investigación.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los altos tiempos improductivos en el proceso de impresión son los que ocasionan una baja en la productividad del proceso, dejando a la organización vulnerable para la competitividad del mercado, en los aspectos financieros por el alto costo de producción y por la falta de capacidad de producción.

3.1. Descripción del problema

Empresa de orígenes colombianos con 15 años en el mercado guatemalteco, dedicada a la elaboración de empaques flexibles para industria de alimentos principalmente, todos sus empaques son fabricados por un proceso de coextrusión para posteriormente pasar al proceso de impresión flexográfica. En este proceso se cuenta con un 50 % de tiempos improductivos, los cuales afectan grandemente la capacidad de producción de la empresa. Para que los pedidos sean impresos pasan por etapas previas en el proceso de pre prensa, el cual es el encargado del quemado, montaje y alistamiento del pedido. Estas etapas previas juegan un papel importante en el proceso de impresión, debido a que son los insumos necesarios para la impresión. En el proceso se sufren complicaciones para llegar a la calidad de impresión necesaria, esto ocurre principalmente cuando las condiciones ambientales se ven afectadas y aún no se cuenta con un plan de control de condiciones ambientales para las distintas áreas de impresión.

La empresa cuenta con 4 impresoras de diferentes modelos y capacidades, el factor de productividad importante a tomar en cuenta para la medición de tiempos productivos es la fabricación de material medido en metros

y no en kg, como normalmente se calcula para este tipo de industria, debido que al imprimir películas con distintos calibres la variación que existe entre los kg impresos versus los metros impresos impacta grandemente en la productividad del proceso. A menor calibre más metros impresos por kg.

3.2. Delimitación del problema

El trabajo de investigación se realizará en el proceso de impresión de una planta dedicada a la producción de empaques flexibles. El período de ejecución de la investigación será de los últimos dos años y el actual. La duración comprende desde el mes de julio de 2018 a noviembre de 2019.

3.3. Formulación del problema

3.3.1. Pregunta central

¿Cómo reducir los tiempos improductivos mediante la utilización de la metodología SMED en un proceso de impresión flexográfica?

3.3.2. Preguntas auxiliares de investigación

- ¿Cuáles son las causas principales de tiempos improductivos en el proceso de impresión flexográfica?
- ¿Cuáles son los tiempos improductivos normales del proceso de impresión flexográfica?
- ¿Qué aportes trae a la producción la utilización de la metodología SMED?

4. JUSTIFICACIÓN

La línea de investigación con la que se relaciona el presente estudio es optimización de operaciones y procesos, debido a que se busca determinar las causas más frecuentes de los tiempos improductivos en un proceso de impresión flexográfica, esto se encuentra relacionado con las clases de productividad y logística.

El beneficio que se obtendrá en el proceso de impresión es la identificación de las causas que influyen en los altos porcentajes de tiempos improductivos, así mismo la propuesta para la reducción de estos tiempos, dando como resultado mayor capacidad de producción, rentabilidad y menores costos de operación.

Este trabajo de investigación es de suma importancia para el proceso de impresión, teniendo como beneficiario principal la productividad de la empresa, y como secundarios a los operarios del área, para hacer más productivo su trabajo día a día. Con esto se ayudará a la organización a crecer en el mercado y tener la oportunidad de una mayor capacidad de producción que favorece las ventas de la empresa. El seguimiento se realizará en los procesos de impresión, pre prensa y logística.

La necesidad de reducir los tiempos improductivos radica en el aumento de la capacidad de producción en el proceso de impresión, lo cual aumenta la oportunidad de crecimiento en el mercado, optimizando la capacidad en planta.

La motivación del investigador de realizar este estudio de investigación es aportar a la industria flexográfica mejoras en los altos porcentajes de tiempos improductivos que se manejan para este tipo de industria, así como ofrecer una mejora en la productividad para la empresa en estudio.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Gestionar los tiempos improductivos de un proceso de impresión flexográfica por medio de la metodología SMED.

5.2. Específicos

- Analizar las causas principales de tiempos improductivos a disminuir de la empresa en estudio.
- Determinar los tiempos improductivos normales del proceso de impresión flexográfica.
- Evaluar los resultados de la utilización de la metodología SMED en el proceso de impresión flexográfica.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Las necesidades a cubrir radican en el aumento de capacidad de producción en el proceso, al disminuir los altos porcentajes de tiempos improductivos.

El esquema que se ensayará en la solución constará de 3 fases principales, iniciando con un diagnóstico sobre las causas de tiempos improductivos y utilizando el diagrama de Pareto como herramienta de análisis. Posteriormente se presenta una cuantificación de tiempos a mejorar según las causas analizadas en el diagnóstico inicial y se finaliza con el establecimiento de un plan de mejora para la reducción de los tiempos improductivos utilizando la metodología SMED.

Tabla I. Fases de metodología y herramienta

Etapa	Fase	Metodología	Herramientas
1	Diagnóstico	Establecimiento de las causas principales de los tiempos improductivos en el proceso de impresión.	Análisis de tiempos
2	Cuantificación	Análisis de tiempos según causas principales.	Gestión de proceso
3	Propuesta	Establecimiento de reducción de tiempos en cada una de las etapas del proceso de impresión.	SMED

Fuente: elaboración propia.

7. MARCO TEÓRICO

En este apartado se realizará un estudio de la impresión flexográfica, concentrándose en la impresión de empaque flexible. Se describen las partes principales del proceso y la comparación con los distintos tipos de impresión según su proceso.

7.1. Producción de empaques flexibles

Como lo menciona Collazos (2015), existen múltiples técnicas de conversión que ofrecen una gran cantidad de combinaciones y productos con el objetivo de satisfacer las necesidades del cliente. Dependiendo de los requerimientos del empaque, se pueden ofrecer materiales laminados, o simplemente extruidos, presentados en forma de rollos para máquinas de empaque automático o en bolsas para procesos de empaque manual.

A la vez, Gonzalo (2011) trata de presentar la etapa cualitativa de un procedimiento para determinar el Valor Percibido por el Cliente (VPC) de un producto industrial. El resultado de este estudio es la determinación de los atributos que los usuarios finales tienen en cuenta para seleccionar sus proveedores.

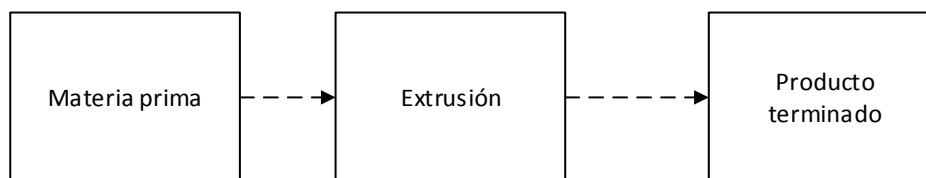
Borja (2013) menciona que se llaman empaques flexibles los empaques que son obtenidos de rollos o bobinas de diversos tipos de plásticos. Generalmente, el equipo que forma el empaque es el mismo que lo llena y lo sella. Los envases flexibles son utilizados para casi cualquier producto, siendo su principal uso en la industria alimentaria. Estos empaques deben cumplir una misión

fundamental: preservar el producto en su interior desde el momento en que es envasado, durante el transporte, almacenamiento, distribución y exhibición, hasta el momento en que es abierto por el consumidor.

La producción de empaques flexibles es un campo especializado de la conversión de polímeros, esta ofrece múltiples técnicas, es decir, desde la producción de un empaque sin impresión comúnmente utilizado como reempaque, hasta la fabricación de empaques diseñados especialmente para tipos de productos según la vida de anaquel requerida por lo cliente. Para llegar al producto final la transformación de materia prima pasa por distintos procesos en los que se pueden mencionar: extrusión, impresión, laminación y corte, esto si se trata de una línea de envasado automática o también puede agregarse el proceso de sellado y bolseo para cuando se trata de empaque manual.

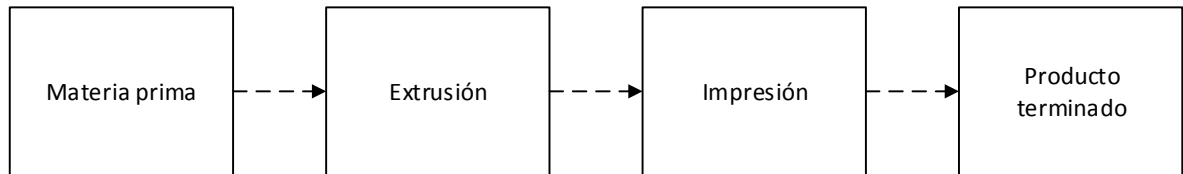
En las siguientes figuras se muestra en esquema cómo se combinan estos procesos para la fabricación de empaques flexibles.

Figura 2. **Proceso de fabricación básico, ideal para productos de reempaque automático**



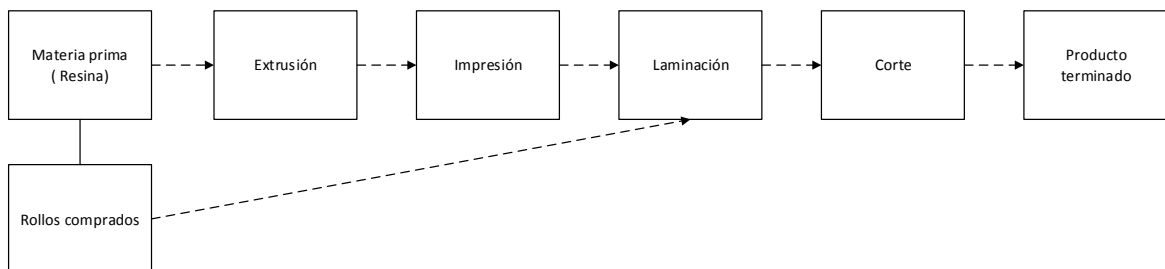
Fuente: elaboración propia.

Figura 3. **Proceso de fabricación de un producto impreso para envasado automático**



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Proceso de fabricación de un producto impreso / laminado para envasado automático**



Fuente: elaboración propia.

A continuación se describe brevemente cada una de las etapas del proceso de fabricación:

7.1.1. **Materia prima**

La Real Academia de Lengua Española (2019) define materia prima como “materia que una industria o fabricación necesita para transformarla en un producto”. (s/p).

El insumo principal en la fabricación de una película plástica para uso en alimentos es la resina polimérica, la cual es adquirida en forma de *pellets* y todos los aditivos en forma de ingredientes activos disueltos en resina polimérica Master Batch. (Collazos, 2015, p.18).

Rodríguez (2011) menciona la materia prima como: “papel, película o cartón utilizado para producir etiquetas”. (p. 99).

La materia prima para la producción de empaques flexibles implica la obtención de materiales para la fabricación de productos extruidos e impresos, entre los principales se tienen las resinas poliméricas y tintas.

7.1.2. Extrusión

Jones (2002) define la extrusión como:

La acción de forzar, por medio de presión, a pasar a través de un “dado” o “boquilla” un plástico o material fundido, este procedimiento se ha utilizado durante muchos años para metales, como el aluminio, que fluyen plásticamente cuando someten a una presión de deformación. (p. 95).

Beutelspacher (2010) indica que extruir significa dar forma a una masa plástica haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta. La masa plástica puede ser de naturaleza metálica, polimérica, cerámica, etc. (p. 3).

Jiménez (2000) señala que la extrusión es la técnica de procesamiento de polímeros más importante de la actualidad, esto significa que una parte substancial de todos los polímeros que se producen pasan a través de una extrusora al menos una vez en su camino de producción, desde el reactor de

polimeración hasta el producto terminado que llega a los consumidores; en este proceso se da forma al material al pasar por un orificio o matriz.

Este es el proceso por el cual es transformada la materia prima en película, esta es añadida en cantidades específicas según cada una de las formulaciones de los materiales a producir por el tipo de producto a empacar.

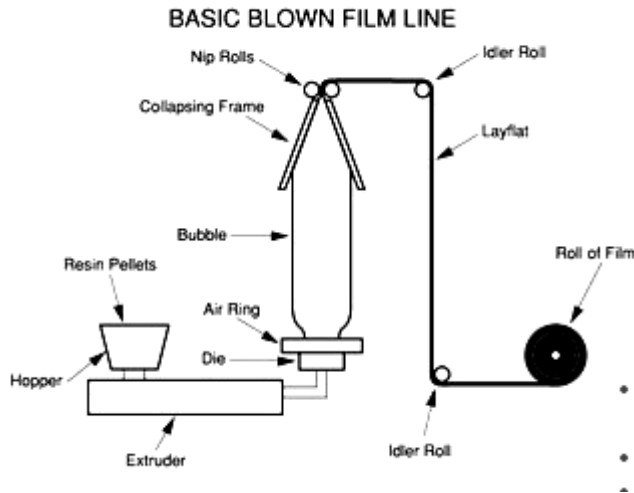
En el mundo existen distintos tipos de extrusión para la obtención de películas de empaque primario, entre los más utilizados es posible mencionar:

- *Blow* extrusión o extrusión por soplado:

Los equipos de extrusión por soplado constan de una extrusora con un sistema plastificador o tornillo que permite obtener un fundido uniforme a una velocidad adecuada. Se requiere además de un cabezal o molde para que proporcione la forma tubular, con la sección transversal deseada. (Avery, s/f, p. 4)

Jones (2010) dice que el extrusor está equipado con un dado anular que apunta por lo común hacia arriba. El tubo que se produce se infla con aire y, al mismo tiempo, se jala hacia arriba en un procedimiento continuo. El aire del interior está contenido como en una gran burbuja mediante un par de rodillas colapsantes.

Figura 5. **Blow extrusión o extrusión por soplado**



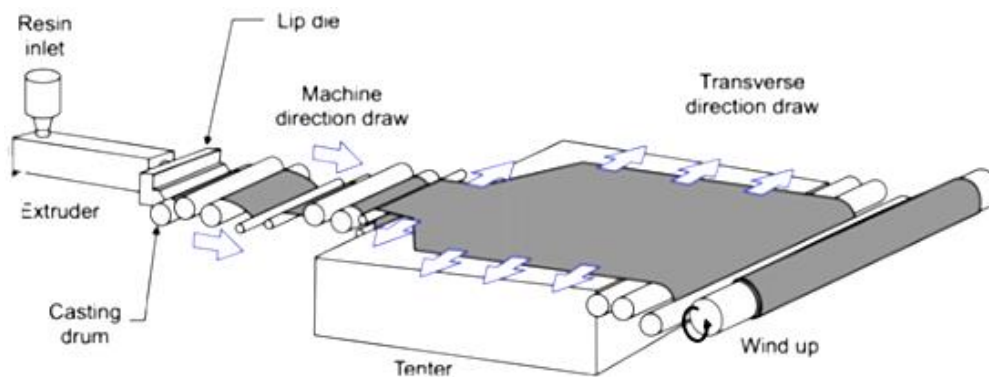
Fuente: Machinery, industrial extrusion. *Catálogo en línea*. Recuperado de http://www.industrialextrusionmachinery.com/plastic_extrusion_blown_film_extrusion.html,

- **Cast extrusión**

Jones (2002) menciona que pueden producirse películas a espesores menores de 0.5mm, el diseño de los dados o molde para este tipo de película es moldeada a través de un cilindro donde el material es fundido a medida que entra a la zona del molde el calor y la presión aumentan.

Con esto es posible definir al proceso por el cual la materia prima en *pellets* es fundida por un tornillo extrusor por temperatura y fricción, el polímero fundido es distribuido por un cabezal que a su vez pasa por unos rodillos que aplanan el polímero según el grosor deseado, posteriormente es enfriado por un sistema a base de aire o agua, lo cual ocasiona una cristalización del material para mantener la forma proporcionada.

Figura 6. **Cast extrusión**



Fuente: Progress in polymer science (2008). *Processing technologies for poly*. Recuperado de https://www.researchgate.net/figure/Biaxial-oriented-extrusion-cast-film-machine-Reprinted-from-Progress-in-Polymer_fig3_299767774.

7.1.3. **Impresión**

Los rollos provenientes del proceso de extrusión son enviados al proceso de impresión.

De acuerdo con Pro-Pack de Venezuela C. A. (1992), “la impresión es la imagen transferida de una plancha de impresión al papel” (s/p.), mientras que la Real Academia Española (2019) la define como “marca o señal que algo deja en otra cosa al presionar sobre ella”. (s/p.).

Para que pueda realizarse la impresión es necesario que esta cuente con los diseños o artes a imprimir, es en este punto donde se realiza el grabado de la imagen o diseño asociado al producto. El material extruido es colocado por una serie de rodillos en la máquina impresora, se realiza el estampado del diseño a través del flujo del material extruido y tintas. Estas son sometidas a un

proceso de secado en máquina impresora en donde son evaporados los solventes quedando únicamente tinta en el estampado. El material es embobinado en tubos de cartón, el tamaño de estos rollos varía según las necesidades a cubrir de la producción. Entre las técnicas de impresión que existen se puede mencionar el rotograbado, flexografía y *offset*.

La diferencia entre cada una de estas técnicas consiste en la forma que se transfiere la tinta al sustrato a imprimir. El rotograbado es una técnica rotatoria que consiste en el grabado a relieve bajo de un rodillo metálico por color que a su vez es humectado con tinta para que se transfiera al sustrato a imprimir, cabe resaltar que el proceso de grabado del rodillo metálico es costoso. La flexografía también es un método rotatorio de alto relieve, el grabado es realizado en fotopolímero y se manejan también grabados independientes por color, este proceso es menos costoso que el rotograbado, lo cual da mayor flexibilidad para el grabado de diseño y el cambio de estos. (Collazos, 2015, p. 5)

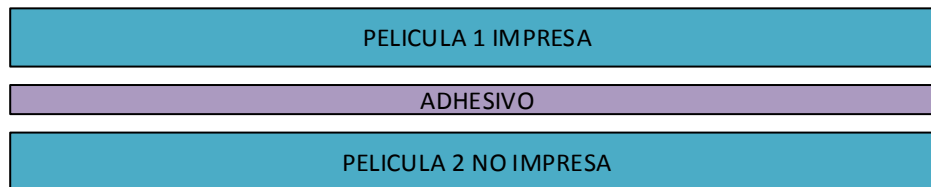
De acuerdo con la Asociación Técnica Flexográfica (1980), “el *offset* es un método de impresión a partir de una superficie plana sobre la cual la imagen a imprimir es receptiva a la tinta y el área de no impresión repele la tinta”. (s/p.). Collazos (2015) lo define como un sistema rotatorio en el que la tinta se transfiere de forma indirecta al sustrato. Este sistema consiste en una lámina metálica grabada con la ilustración a través de un proceso de recubrimiento fotosensible o la transferencia directa a través de un láser. En esta técnica se obtienen altos estándares de calidad, pues se logra una alta definición en la imagen impresa, independiente de la rugosidad del su tratado.

7.1.4. Laminación

La Real Academia Española (2019) define la laminación como “que tiene sobrepuestas y paralelamente colocadas sus láminas u hojas”. (s/p.)

Collazos (2015) la menciona como el proceso por el cual se realiza la unión de dos o más películas en búsqueda de complementar una película con las propiedades de la otra, esta unión es realizada por un adhesivo, en su mayoría únicamente una capa de película es impresa, el adhesivo utilizado está compuesto por una resina y un catalizador, estos son mezclados según su referencia y/o la cantidad a utilizar según el tipo de película a laminar.

Figura 7. Perfil de películas laminadas



Fuente: elaboración propia

7.1.5. Corte

Collazos (2015) indica que posteriormente a la obtención de rollos de gran tamaño en el proceso de impresión o laminación, estos son cortados en rollos de menor tamaño según los requerimientos de los clientes. El proceso consiste en pasar la película a través de rodillos y por unas cuchillas fijas que realizan un corte limpio y a gran velocidad, dando como resultado varios rollos cortados a medida y longitud deseada.

Figura 8. **Máquina cortadora**



Fuente: Kampf (2015). *Conslit*. Recuperado de https://www.kampf.de/fileadmin/user_upload/documents/Conslit_2015_e_gs.pdf .

7.1.6. Producto terminado

Este producto consiste en material impreso, extruido o cortado, según las características de cada uno de los clientes. Estos son materiales a ser utilizados en máquinas empacadoras automáticas y su presentación es en rollos de distintos pesos. Este tipo de empaque es utilizado para productos de consumo masivo como arroz, frijol, azúcar, leche y sus derivados, comida para mascotas, entre otros.

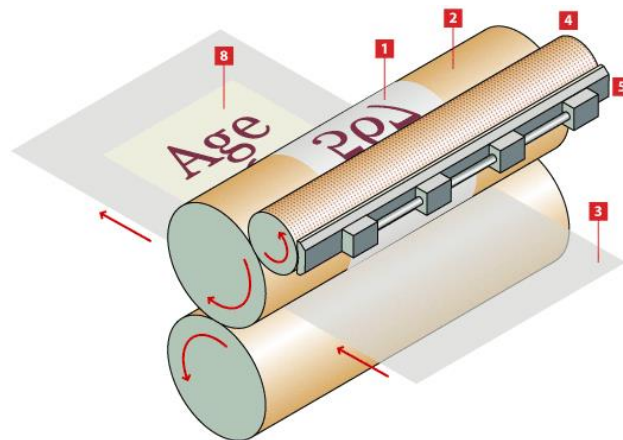
7.2. Flexografía

Como fue mencionado anteriormente, en el inciso 1.1.3, la impresión flexográfica o flexografía es un método específico de la conversión de empaques, es utilizada especialmente en la industria de empaques flexibles. La Asociación Técnica Flexográfica (1980) lo define como “un método de impresión

tipográfico rotatorio que emplea planchas de caucho y tintas fluidas de rápido secado”. (s/p.).

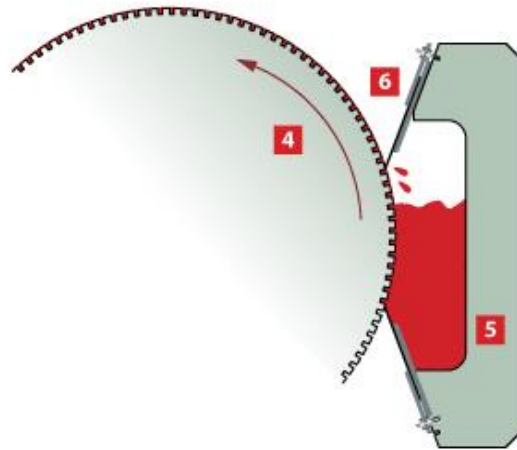
Este método es rotativo, directo y se utilizan planchas de fotopolímero grabadas, estas planchas son adheridas a cilindros de distintos desarrollos o perímetros, también conocidos como mangas, la plancha entra en contacto con un cilindro metálico grabado llamado anilox, el cual se impregna de tinta y al estar en contacto con la plancha la transfiere a esta, que a su vez transfiere la tinta al sustrato con la imagen que esta posee. Cada color posee un sistema independiente que al unirse todos los colores forman la imagen final, la impresión de colores posee una secuencia de impresión que es establecida desde el diseño del producto. (Collazos, 2015, p. 8)

Figura 9. **Esquema de impresión flexográfica**



Fuente: Gusgsm (2006). *La flexografía*. Recuperado de http://www.gusgsm.com/la_flexografia.

Figura 10. Esquema de unidad de tinta



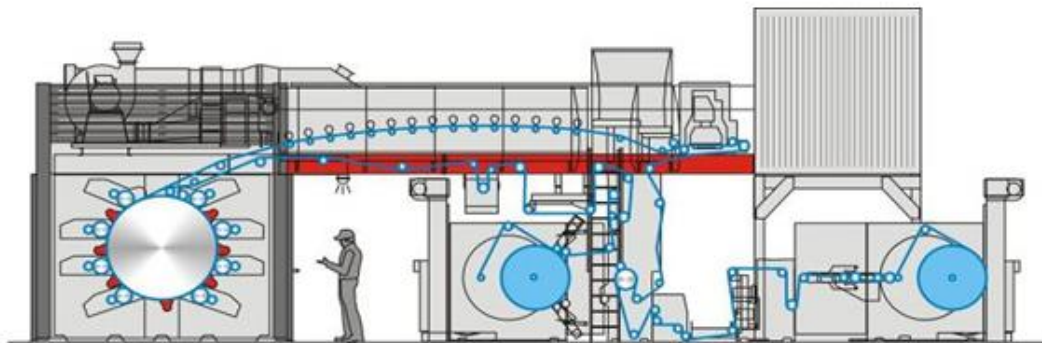
Fuente: Gusgsm (2006). *La flexografía*. Recuperado de http://www.gusgsm.com/la_flexografia.

En la figura 9 se observa el clisé o plancha:

- Con la imagen a imprimir adherida a la manga.
- Esta unión es realizada por cintas especiales para esta aplicación. Al rotar este cilindro hace que la imagen se transfiera continuamente al sustrato.
- La transferencia de tinta se realiza hacia el clisé (1) al estar en contacto con el rodillo anilox.
- El cual se impregna de tinta en la cámara de tinta o racla.
- Los excesos de tinta son eliminados por las rasquetas o cuchillas.
- (ver figura 10).

Existen diferentes tipos de máquinas impresoras flexográficas, las cuales son: tambor central, en línea y convencional o *stack*. El sistema de tambor central consiste en un cilindro de impresión principal, alrededor del cual están distribuidas dos o más estaciones de impresión. Las impresoras objeto de este estudio funcionan por un sistema de tambor central, el cual soporta la tira de sustrato a imprimir, presionándola a medida que pasa por las diferentes estaciones de color. (Asociación Técnica Flexográfica, 1980, p. 9 y 26)

Figura 11. **Diseño de impresora de tambor central**



Fuente: Blogspot (2011). *Taller de tecnología gráfica*. Recuperado de <http://ttghamilton.blogspot.com/2011/03/flexografia-imegenes.html>.

7.2.1. **Clisés o planchas de fotopolímero**

Planchas con relieve, las cuales son grabadas en el proceso de fotograbado, en este proceso es transferido el arte o imagen a imprimir, este al ser procesado toma la forma de sello con relieve si se transfiere al sustrato. Como se ha mencionado anteriormente, se realiza un clisé por cada color que contenga la imagen, esto al unirse da como resultado el arte o diseño final. El

proceso de elaboración de planchas o clisés forma parte fundamental de la impresión debido a que sin estas no es posible realizarla.

De acuerdo con Alcántara (2013), el proceso inicia desde el diseño gráfico digital de la imagen a imprimir en donde se realizan las parametrizaciones necesarias por color, conocidas como separación de colores, una vez separados los colores se procede a realizar el quemado de planchas, lo cual consiste en el trabado por medio de un láser digital a un negativo, este es adherido al fotopolímero y son expuestos a luz UV, el efecto de exposición endurece el fotopolímero, es decir que las partes expuestas son las que posteriormente quedarán en relieve para la realización de la impresión.

Las partes blandas son removidas del fotopolímero mediante un proceso de lavado con solvente luego de ser expuestas a UV, continuando con un proceso de secado para la remoción de solventes residuales. Posteriormente se realiza la etapa del corte y verificaciones de clisés.

7.2.2. Mangas o cilindros portaclises

La Asociación Técnica Flexográfica (1980) define un cilindro porta clisé como “cilindro sobre el cual se coloca la plancha”. (s/p.). Existen dos tipos de cilindros de porta clisés: el integral, que tiene un eje como parte permanente del cuerpo (conocido como rodillo), y el desmontable, en el cual el eje se remueve para recibir diversos cilindros de diámetros variables (conocidos como mangas) y con frecuencia de ancho variable.

Por ser un sistema rotativo, el perímetro o desarrollo de estos rodillos determinan directamente el largo de la impresión o de repetición. (Collazos 2015, p. 11). Con esto es necesario manejar un amplio inventario de mangas

para poder cubrir las necesidades de cada largo de repetición que se solicita por los distintos artes a imprimir.

7.2.3. Acolchado o cinta

Según lo descrito en el párrafo anterior sobre las mangas porta clisés y su gran importancia en tener un amplio inventario, es necesario contar con un método rápido de desmontaje de clisés y es por esto que son utilizadas cintas compresibles de dos caras para adherir temporalmente el clisé a la manga. El proceso de desmontaje debe ejecutarse adecuadamente, debido a que de no realizarlo puede dañarse el clisé. (Collazos, 2015, p. 12)

7.2.4. Anilox

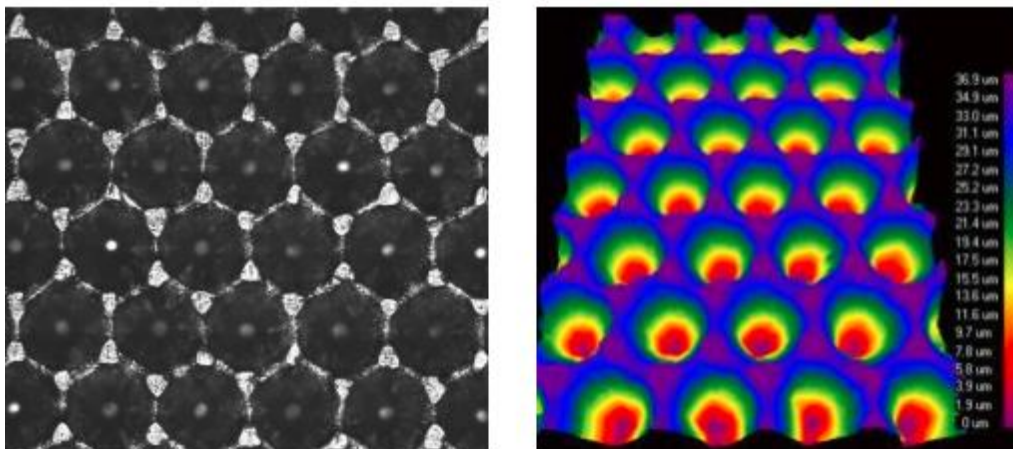
Son rodillos que regulan la cantidad de tinta que se transfiere a los clisés. Se encuentran grabados con microperforaciones de distintas dimensiones según los volúmenes de tinta requeridos para cada impresión. El grabado de un rodillo anilox consiste en tres variables principales: lineatura: representa el número de celdas o líneas por pulgada linear o centímetro (usualmente se conoce como cpi, lpi o l/cm); volumen de celda: es determinado por la profundidad de cada celda. Se mide en billones de micrones cúbicos por pulgada cuadrada (BCM/in²) o centímetros cúbicos por metro cuadrado (cm³/cm²); ángulo de grabado: describe cómo están organizadas las celdas en el rodillo en relación con el eje del mismo, se mide en grados y tiene influencia sobre el número de celdas por pulgada cuadrada. (Asociación Técnica Flexográfica, 2015, p. 286).

Los anilox son clave para obtener las tonalidades requeridas y la definición de la impresión final, ayudan a dar definición en el punto mínimo o

altas luces, a la vez son piezas sumamente delicadas que pueden ser deteriorados con pequeños golpes en la manipulación y estos daños comprometen grandemente la calidad de impresión. La limpieza es otro factor que impacta en la calidad de impresión, ya que cuando un anilox se encuentra sucio sus cavidades no suministran la tinta esperada. Para evitar esto las empresas de flexografía cuentan con sistemas de lavado de anilox, ya sea por solvente o láser, lo cual les ayuda a evitar este tipo de defectos o problemas durante la impresión. (Collazos, 2015, p. 12)

Para el momento de este trabajo la empresa en estudio cuenta con anilox que van desde 230 a 1000 líneas por pulgada cuadrada, esta especificación se utiliza dependiente del tipo de diseño a imprimir.

Figura 12. **Vista de microperforaciones en anilox**



Fuente: Zecher (2011). *Rodillos anilox cromados*. Recuperado de <https://www.zecher.com/es/rodillos-anilox/los-rodillos-anilox-cromados/>.

7.2.5. Unidades de tinta o racla

Son dispositivos donde giran los rodillos anilox, tienen forma de cámaras herméticas llenas de tinta en donde el rodillo se llena para la transferencia.

Está compuesta por varias piezas, estas se arman y limpian por cada producción y son llenadas automáticamente por medio de bombeo de tinta proveniente de un recipiente externo ubicado a un costado de la máquina, cada color posee una unidad de tinta independiente. (Ver figura 10. Parte 5). (Collazos, 2015)

7.2.6. Cuchilla o rasqueta

Es un elemento cuya función principal es raspar de forma uniforme el exceso de tinta desde la superficie del anilox para facilitar la transferencia hacia el clisé. La cuchilla se debe instalar correctamente en la cámara y la cámara a su vez debe estar correctamente alineada con el rodillo anilox para evitar defectos de impresión y daños en el rodillo. (Asociación Técnica Flexográfica 2015, p. 284)

La cuchilla es remplazada constantemente debido que la fricción ocasiona desgaste, lo cual puede ocasionar defectos en la impresión como manchas, variación de tonalidad, franjas o alta ganancia de punto. (Ver figura 10. Parte 6).

7.2.7. Sustrato o película

La Asociación Técnica Flexográfica (1980) lo define como “material base sobre cuya superficie puede depositarse una sustancia para impresión, recubrimiento, entre otros.” (s/p.)

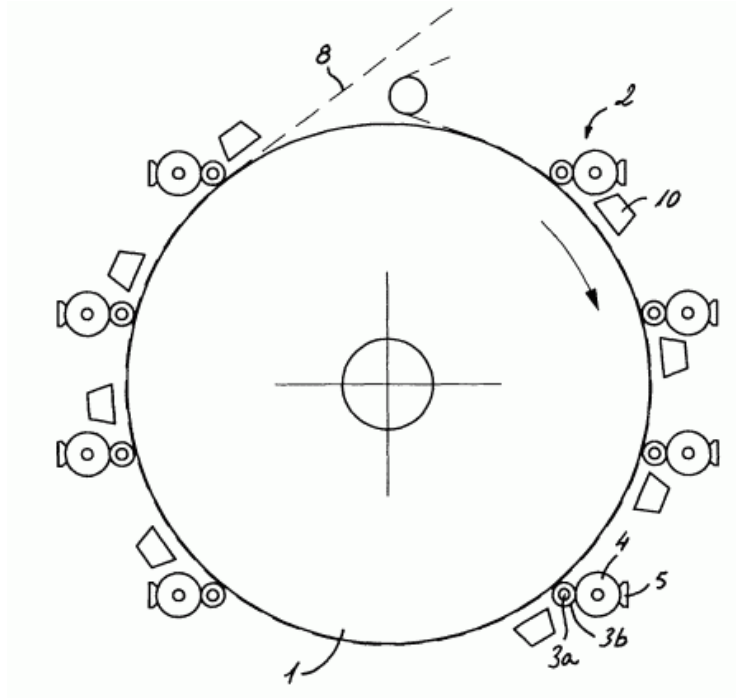
En este caso de estudio es una película plástica que se obtiene por el proceso de extrusión, la cual es ingresada a máquina en rollos de 350 kg aproximadamente.

De acuerdo con Collazos (2015), el tamaño máximo de la película está dado por el tipo y modelo de impresora que se utiliza, tanto por el ancho como para el peso máximo de cada uno de los rollos. La empresa en estudio cuenta con ancho máximo de impresión de 1300 mm. En general es utilizado el sustrato para imprimir varias repeticiones y pistas a la vez, es decir que el material es dividido en rollos más pequeños de ancho y peso, esto como estrategia para la mejora de la productividad del proceso de impresión.

7.2.8. Tambor central

Es un cilindro de gran tamaño que corresponde al núcleo y corazón de la máquina impresora, a través de la presión que se ejerce sobre él es que se realiza la transferencia de tinta al sustrato, este en toda su circunferencia posee unidades de tinta, cada una utilizada para cada color. Es importante recalcar que cualquier tipo de imperfección superficial que se tenga en el tambor central es transferido a la impresión final. (Collazos, 2015, p. 14)

Figura 13. **Tambor central de 8 colores**



Fuente: Patentados.com (2005). *Procedimiento y equipo para la limpieza de un tambor central en una máquina impresora flexográfica*. Recuperado de <https://patentados.com/2005/procedimiento-y-equipo-para-la-limpieza>.

En la imagen se observa el funcionamiento de un tambor central de impresión flexográfica de 8 colores, cada una de las estaciones de tinta son como las descritas por la figura 10.

7.2.9. Raclas y solventes

Se le llama de esta forma al área donde se realiza la limpieza de todas las unidades de tinta, así como el prelistamiento. La limpieza de las unidades de impresión se realiza cuando existen derrames de tintas, un cambio de línea de tinta o un cambio de orden cromático en la impresión. Esta limpieza es

realizada por solvente y cepillo, es una actividad manual, una vez limpios son preparados nuevamente para su uso.

El lavado manual con solvente es ejecutado por un solvente, se sumergen las piezas de acero inoxidable en este y se realiza una limpieza profunda, el solvente sucio que queda al terminar la limpieza es enviado a una torre de destilación simple en la que se recupera un alto porcentaje de solvente para nuevas limpiezas y los sólidos son gestionados como productos peligrosos. (Collazos, 2015, p. 16)

7.2.10. Montaje

La Asociación Técnica Flexográfica (2015) define el montaje como “la combinación de clisés, mangas y cinta de montaje”. (s/p.)

El área de montaje es el proveedor interno del proceso de impresión, su función es prelistar los clisés en sus respectivas mangas para poder ser utilizados en impresión. Este proceso afecta directamente al de impresión, ya que debe ir un paso adelante de la programación de impresión.

El montaje se realiza por una máquina especializada en donde un operario alinea con la ayuda de una cámara cada uno de los clisés, para que estos no den defectos de des-registro en la impresión, en su mayoría los materiales son trabajados con 4 colores CMYK (Cian, Magenta Amarillo, Negro), sin embargo, en algunas impresiones son utilizados colores especiales para las que un montaje puede llevar 2 horas aproximadamente. (Collazos, 2015, p. 16)

7.2.11. Sentido de la impresión

Se cuenta con dos sentidos de impresión, cara y dorso, lo cual es referente al lado de la película que tendrá la tinta. Esta variable es importante para la productividad del proceso debido a que el cambio entre cada uno de ellos conlleva un recorrido distinto de la película por los rodillos de la máquina, lo que ocasiona que esta pase de manera diferente al embobinar. Cada sustrato que es ingresado al área de impresión contiene un lado de este apto para la impresión de tintas, esta característica se realiza en el proceso de extrusión y es conocida como tratamiento corona, lo cual consiste en el aumento de la tensión superficial para que la tinta pueda ser adherida a la superficie del sustrato. En su mayoría los productos son impresos por el lado de la cara, sin embargo existen otro tipo de productos especializados en que la impresión se realiza por la cara opuesta y esto se le denomina impresión por dorso. Los sustratos únicamente contienen un lado tratado y es por esto que el trayecto de impresión por cara y la impresión por dorso es distinta. (Collazos, 2015, p. 17)

7.3. Manufactura esbelta y SMED

Cruz (2006) menciona el proceso de implantación de la metodología del SMED del Dr. Shingo (Shingo, 1985), que consiste en cuatro pasos principales: 1) identificar las actividades internas y las actividades externas, 2) convertir las actividades internas en externas, 3) mejorar todos los aspectos del set-up, y 4) eliminar el set-up.

Arrieta (2011) presenta la filosofía de manufactura esbelta o conocida en inglés como Lean Manufacturing, que es una compilación de herramientas para optimizar los procesos productivos en las industrias. Sus principios están

basados en la implementación de procedimientos y actividades para la reducción de desperdicios e inventarios.

Las herramientas principales de la manufactura esbelta y sus respectivos enfoques se presentan a continuación

- JIT (Just in Time)

Padilla (2010) indica que, con el fin de evitar problemas tales como desequilibrio de existencias y exceso de equipos y operarios, se han creado sistemas flexibles que puedan adaptarse a las modificaciones debidas a problemas y fluctuaciones de demanda. Con el Just in Time todos los procesos producen las piezas necesarias en el tiempo necesario y se deben tener disponibles únicamente las existencias mínimas necesarias para mantener unidos los procesos. Con esto se aprovecha plenamente las capacidades de los operarios.

Es una metodología cuyo enfoque es la reducción de inventarios, produciendo de acuerdo a los requerimientos del mercado.

- Jidoka

Para Padilla (2010) significa “hacer que el equipo o la operación se detenga, siempre que surja una situación anormal o defectuosa”. (Pág. 4). La característica distintiva está en el hecho de que cuando tiene lugar un problema de equipo o un defecto de máquina, se detiene el equipo o toda la línea y estos pueden parar cualquier línea que tenga operarios. Jidoka es muy importante, ya que evita fabricar demasiado y resulta fácil controlar las anomalías.

Es una herramienta basada en la excelencia en la calidad y pretende obtener la calidad en la fuente o generar mecanismos de alerta para que la producción no se realice con fallas en el proceso.

- TPM (Total Productive Maintenance)

González (2007) indica que es un sistema integral de actividades para mejorar la capacidad de las áreas a través de la eliminación de pérdidas que se presentan en el área de trabajo. Es un sistema donde cada uno de los elementos contribuye a la búsqueda de la perfección de las operaciones de la planta como a través de acciones ordenadas y con metodología específica que permite eliminar las pérdidas de los sistemas productivos.

Se enfoca en la prevención del deterioro y la reducción del mantenimiento en las máquinas, incluyendo entre sus objetivos cero errores, cero accidentes y cero pérdidas.

- 5's (Seiri – Seiton – Seiso – Seiketsu – Shitsuke)

Gonzalez (2007) señala que el concepto de 5's en esencia se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, organizadas y seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor "calidad de vida" al trabajo, puesto que es una mejora realizada por la gente para la gente.

Es una metodología para obtener y mantener los puestos de trabajo limpios y ordenados con las herramientas estrictamente necesarias para desempeñar las labores.

En la metodología SMED (Single Minute Exchange to Die), según González (2007), actualmente se exige una producción que pueda adaptarse rápidamente a la demanda, por lo que las empresas deben ser capaces de iniciar la fabricación de un producto en el mismo momento en que reciben el pedido del cliente. Para conseguir esto es preciso tener un plazo de fabricación muy corto. El tiempo de fabricación se puede descomponer en varios tiempo sucesivos:

- Tiempo de elaboración
- Tiempo de espera entre procesos sucesivos
- Tiempo de transporte

Reducir cualquiera de estos tiempos supondrá reducir el tiempo de fabricación, y aquí es donde la metodología de cambios rápidos puede ayudar.

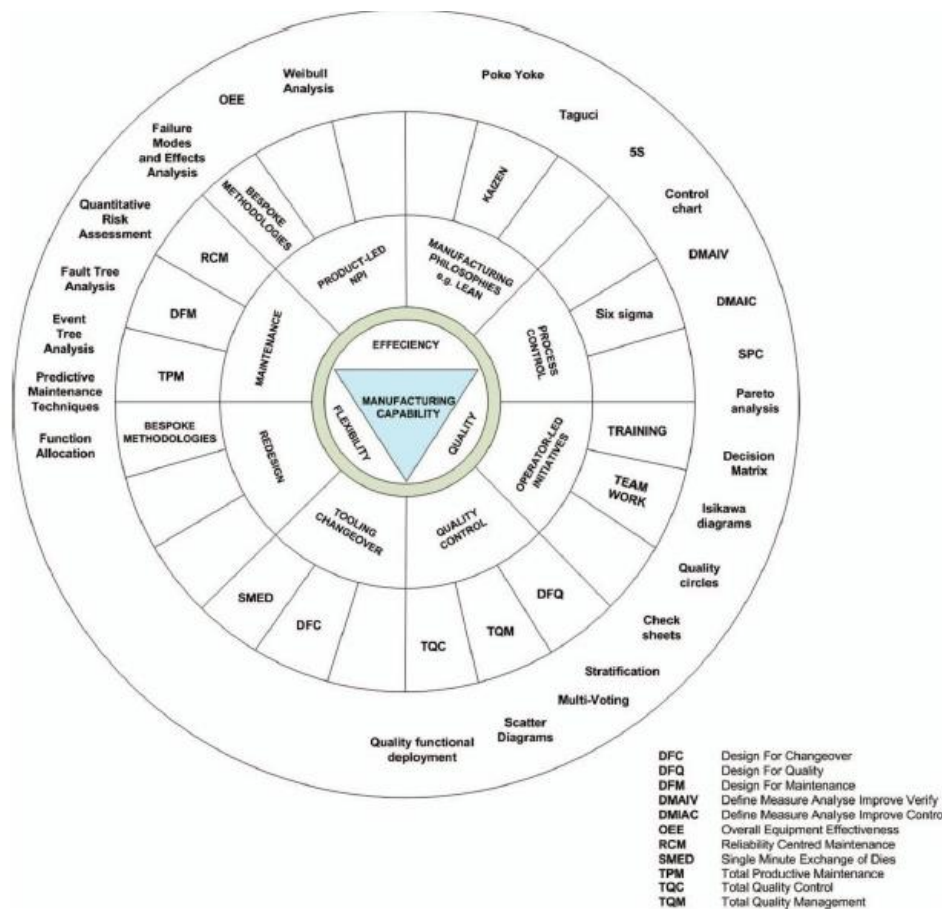
El proceso SMED es muy sencillo:

- Establecer el tiempo actual del cambio
- Identificar todas las actividades que se llevan a cabo
- Identificar actividades que pueden ser eliminadas
- Distinguir entre actividades internas y externas
- Eliminar las actividades innecesarias
- Hacer externas todas las actividades posibles
- Optimizar las actividades internas y externas
- Establecer el nuevo tiempo de cambio

En cuanto al tiempo del cambio, muchas empresas miden este tiempo de forma errónea, se debe recordar que todo aquel proceso que es medible es

mejorable, en términos objetivos, pero para todo aquello que se mide erróneamente, las mejoras también serán equivocadas.

Figura 14. **Esquema de representación de la filosofía de manufactura esbelta**



Fuente: Hicks, B. J.; Matthews, J. (2010). *The barriers to realising sustainable process improvement*.

En el diagrama correspondiente a la figura 14 se observa la interrelación de las diferentes herramientas en la filosofía de manufactura esbelta. Se presentan organizadas de acuerdo a su aporte en las organizaciones. En la

parte central se presentan los tres grandes pilares considerados en la optimización de procesos (eficiencia, flexibilidad y calidad) y a medida que se va ampliando el círculo se van incluyendo más detalles, como las metodologías y herramientas asociadas a dichos factores.

Los tiempos de cambio prolongados representan un problema para las industrias con múltiples productos y capacidad limitada en maquinaria, por lo que el uso de dicha metodología representa un gran beneficio en la reducción de costos en la producción, aumento en la velocidad de fabricación, aumento de la competitividad y rentabilidad, entre otros (Allahverdi, 2008).

Según Ulutas (2011), SMED introduce los siguientes conceptos:

- Cambios internos: son aquellas actividades que solo se pueden llevar a cabo con la máquina detenida.
- Cambios externos: son aquellas actividades que se pueden efectuar con la máquina en funcionamiento.

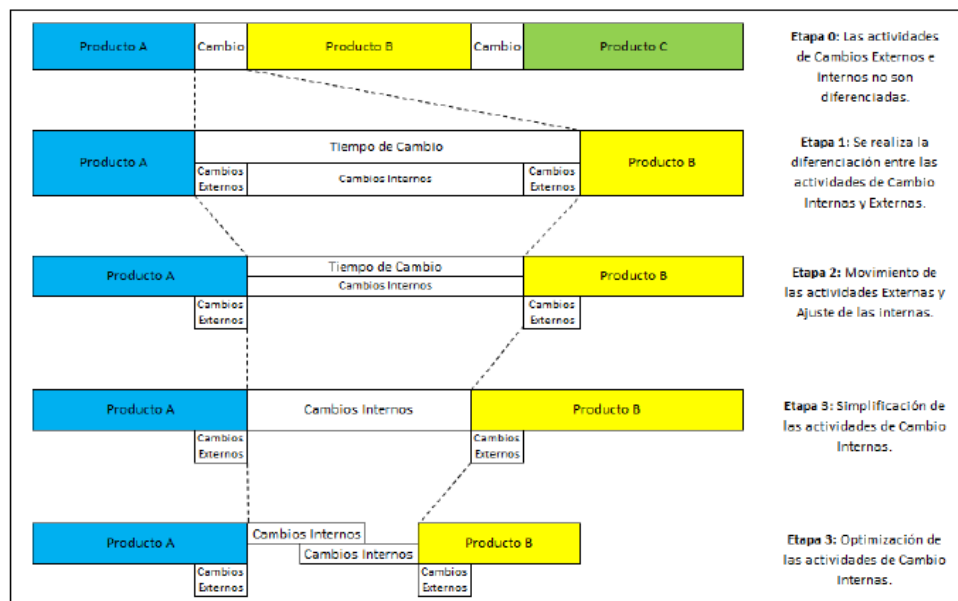
Según Ulutas (2011), estos conceptos son aplicados de acuerdo a las siguientes etapas:

- Etapa cero: las actividades de cambios externos e internos no son diferenciadas. Es el estado actual del proceso y la línea base para el análisis.
- Etapa 1: diferenciación entre las actividades de cambio internas y externas. Allí se realiza la clasificación de las actividades de acuerdo a la operación actual.

- Etapa 2: conversión de las actividades de cambio internas a actividades de cambio externas. Se realiza un análisis sobre aquellas actividades internas que pueden ser ejecutadas durante el funcionamiento de la máquina para convertirlas en actividades de cambio externas.
- Etapa 3: racionalización de los aspectos involucrados en la operación de cambio. Esta etapa puede incluir la simplificación de las actividades de cambio internas o la ejecución paralela de las mismas.

En la siguiente figura se representan las etapas asociadas con la metodología:

Figura 15. **Representación de las etapas de la metodología SMED**



Fuente: EBSCO (2019). *SMED in the process industries*. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=43817518&lang=es&site=ehost-live>.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1 MARCO TEÓRICO

1.1. Producción de empaques flexibles

1.1.1. Materia prima

1.1.2. Extrusión

1.1.3. Impresión

1.1.4. Laminación

1.1.5. Corte

1.1.6. Producto terminado

1.2. Flexografía

1.2.1. Clisés o planchas de fotopolímero

1.2.2. Mangas o cilindros porta clisés

1.2.3. Acolchado o cinta

1.2.4. Anilox

1.2.5. Unidades de tinta o racla

1.2.6. Cuchilla o rasqueta

1.2.7. Sustrato o película

- 1.2.8. Tambor central
 - 1.2.9. Raclas y solventes
 - 1.2.10. Montaje
 - 1.2.11. Sentido de la impresión
 - 1.3. Manufactura esbelta y SMED
- 2. DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN
 - 3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
 - 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

9. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Diseño no experimental, esto debido a que no se realizará modificación alguna de variables actuales para analizar las consecuencias de la mejora del proceso.

Tipo transaccional o transversal, debido a que la recolección de datos para su análisis se realizará en una sola ocasión.

Alcance descriptivo, pues se recolectará y analizará la información para así poder describir el fenómeno a investigar.

Enfoque mixto (cualitativo, cuantitativo). Cualitativo porque se planteará la utilización de elementos que involucran una evaluación de cualidades por parte del investigador. Cuantitativo pues se verán datos numéricos que permitan mejorar la eficiencia del proceso de impresión. Con este enfoque se profundizará de mejor manera en la investigación.

9.1. Variable e indicadores

Las variables e indicadores que estarán analizándose en el presente trabajo se muestran en la tabla siguiente:

Tabla II. **Operativización de variables**

Objetivos	VARIABLES	Tipo de Variable	Indicador	Técnicas de Investigación
Analizar las causas principales de tiempos improductivos a disminuir de la empresa en estudio.	Motivos de paro	Cualitativa / Independiente/ Ordinal	Causas	Pareto, causa-efecto
Determinar los tiempos improductivos normales del proceso de impresión flexográfica.	Tiempos de paro	Cuantitativa/ Independiente/ Continua	Tiempo improductivo	Gráficas de tendencia, reportes por máquina, diagramas de proceso
Realizar una propuesta de mejora mediante los aportes de la metodología SMED al proceso de impresión flexográfica.	Estrategia	Cualitativa / Independiente/ Ordinal	Tiempo improductivo	SMED

Fuente: elaboración propia.

9.2. Fases

De acuerdo con los objetivos propuestos, el procedimiento de investigación se divide en cuatro fases para satisfacer los objetivos planteados.

9.2.1. Fase 1: revisión documental

Esta fase corresponde a la revisión documental de la investigación, incluye antecedentes, marco teórico y revisión de historial de la empresa en estudio con respecto a los tiempos improductivos. En esta etapa se verificarán las acciones implementadas para la disminución que se han tomado hasta el momento y una revisión de su forma de cálculo para estos tiempos. Debe elaborarse una hoja de verificación conforme la metodología que se está utilizando.

9.2.2. Fase 2: desarrollo de la investigación

En esta fase corresponde realizar un análisis de cada una de las causas de tiempos improductivos en todos los aspectos que estén impactando al proceso, esto servirá para poder identificar los tiempos directos e indirectos del proceso.

9.2.3. Fase 3: presentación de resultados

Está comprendida por la identificación de las actividades externas que se están desarrollando como actividades internas, aumentando el tiempo de máquina parada con actividades que pueden realizarse con la máquina en marcha.

9.2.4. Fase 4: análisis de resultados

Esta comprende, una vez identificadas las causas de los paros, en dividirlos en sus dos grandes grupos (internas o externas). Según su origen se plantea lo siguiente:

- Definición de la operación actual
- Conversión de actividades internas en externas
- Optimización de las actividades de cambio

9.3. Población y muestra

Actualmente la empresa en estudio cuenta con cuatro máquinas impresoras, tres de última generación y una con unas capacidades inferiores a las tres anteriores, para efectos de este trabajo de investigación se trabajará

con la población de impresoras, debido a que cada una contiene en su programación pedidos variables.

9.4. Resultados esperados

Se espera identificar todas las causas de interés externas de los altos tiempos improductivos, así como establecer una directriz clara a seguir a fin de optimizar la productividad del proceso de impresión de la empresa en estudio.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS E INFORMACIÓN

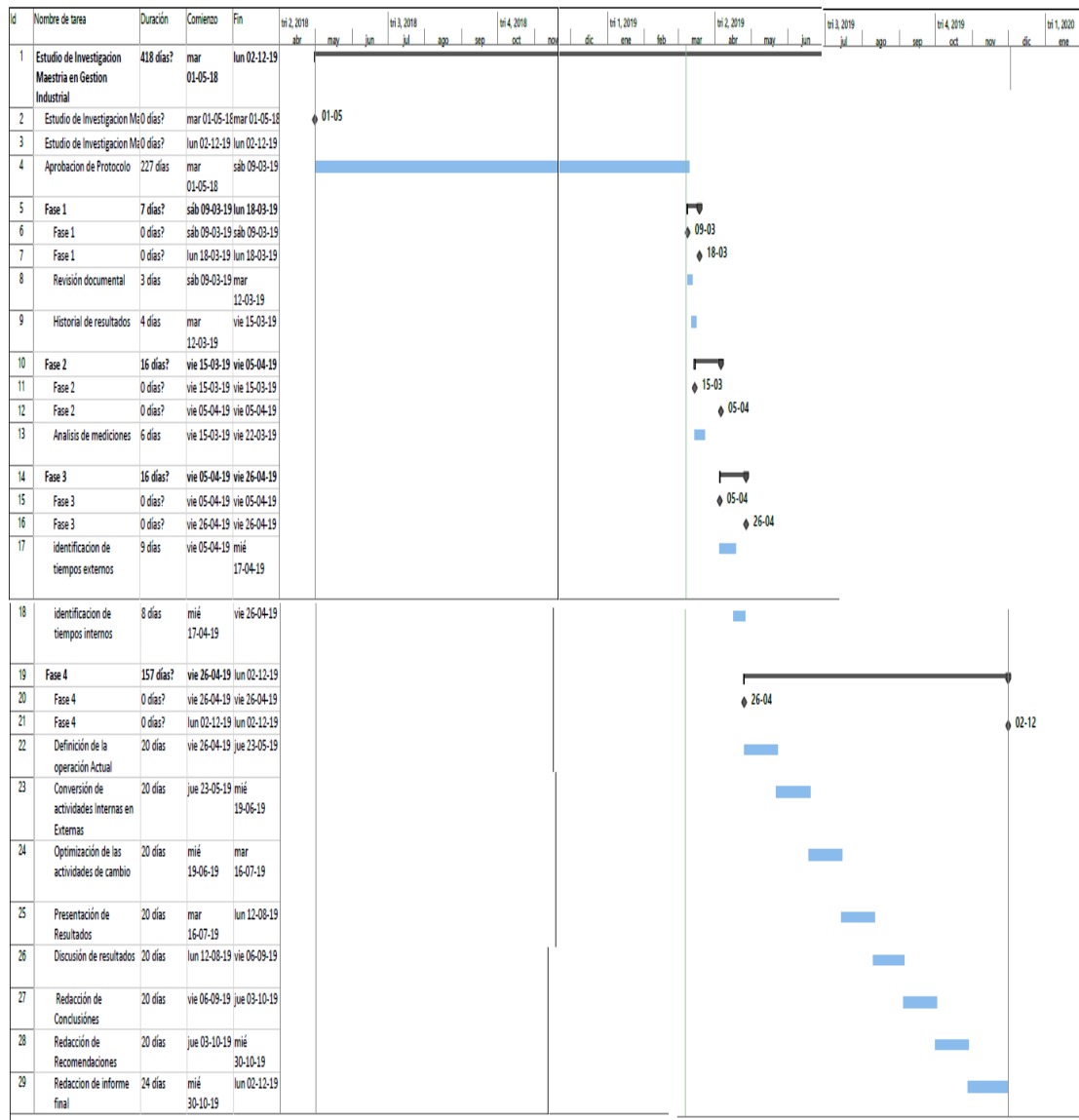
Durante el desarrollo de la investigación se utilizará la observación directa (ver apéndice 3).

El análisis de información se realizará por medio de herramientas como:

- Histogramas
- Tablas de distribución de frecuencias
- Diagramas de causa-efecto
- Diagramas de flujo

11. CRONOGRAMA

Figura 16. Cronograma de trabajo de investigación



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El trabajo de investigación será factible puesto que se poseen los recursos necesarios para poder realizarlo, en cada una de las fases propuestas, cumpliendo asimismo con los objetivos fijados. La empresa en estudio es la más interesada en aumentar sus tiempos productivos, por lo que deja a disposición del investigador los siguientes recursos:

12.1. Recursos humanos

Los recursos humanos que se emplearán para esta investigación son:

- Un investigador
- Un asesor de la investigación
- Personal de impresión, logística, diseño y pre prensa.

12.2. Recursos físicos y materiales

Los recursos físicos y materiales para emplearse en esta investigación son:

- Computadora
- Hojas
- Impresoras de flexografía
- Montacargas
- Consumibles
- Impresora casera

- Tabla de apuntes
- Lapiceros
- Combustible

13. PRESUPUESTO

El recurso financiero que es necesario para llevar a cabo esta investigación será aportado por el investigador. Se presenta a continuación en un presupuesto estimado:

Tabla III. **Recursos cubiertos por investigador**

Recurso	Descripción	Monto
Humano	Investigador	Q 2,000.00
	Asesor de investigación	Q 2,500.00
Físicos y materiales	Computadora	Q 4,000.00
	Hojas bond 80grs blancas	Q 80.00
	Impresora casera y consumibles	Q 400.00
	Lapiceros	Q 20.00
	Tabla de apuntes	Q 60.00
	Combustible	Q 3,000.00
Total		Q 12,060.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Recursos provistos por empresa en estudio**

Recurso	Descripción	Monto
Humano	Personal de Impresión, Logística, Diseño y Pre prensa	Q 104,000.00
Físicos y materiales	Impresoras Flexo graficas	Q 43,000,000.00
	Montacargas	Q 45,000.00
	Consumibles	Q 20,000.00
Total		Q 43,169,000.00

Fuente: elaboración propia.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alcántara, J. (2013). *Ayuda visual de proceso de placas*. Kodak Flexcel NX Wide System.
2. Allahverdi, A.; Soroush, H. M. (2008). *The significance of reducing setup times/setup costs*. Recuperado de http://www.researchgate.net/publication/4940060_The_significance_of_reducing_setup_timess_etup_costs.
3. Arbós, L. (2006). *Claves de Lean Management: un enfoque para la alta competitividad en un mundo globalizado*. Recuperado de <http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-4277-definicion-metodologia-aplicacion-practica-smed.aspx>.
4. Arrieta, J. Muñoz, J. D. (2011). *Aplicación Lean Manufacturing en la industria colombiana*. Recuperado de http://www.laccei.org/LACCEI2011-Medellin/published/PE298_Arrieta.pdf.
5. Beutelspacher, A. (2010). *Extrusión de películas termoplásticas*.
6. Borja, V. (2013). *Desarrollo de un dispositivo resellable para empaques flexibles*. México: Universidad Autónoma de México.
7. Bruszies, C. J. (2012). *Notas de clase de Gerencia Estratégica Contemporánea*. Recuperado de <http://repositorios.rumbo.edu.co/handle/123456789/55470?show=full&locale-attribute=en>.

8. Cakmacki, M. (2009). *Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry*. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-008-1434-4>.
9. Caso, A. (2010). *Técnicas de medición del trabajo en una industria manufacturera de plásticos*. Madrid, España: Ciencia y Sociedad.
10. Castañeda, J.; Vásquez, A. (2006). *Ingeniería de innovación aplicada a empresa productora de empaques flexibles en polietileno de alta y baja densidad y de polipropileno con impresión y sin impresión*. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/rt/printerFriendly/15850/18751>.
11. Collazos, C. (2015). *Diseño de un protocolo para la reducción de los tiempos improductivos en el área de impresión de una empresa productora de empaques flexibles*. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/51184/1/1026261558-2015.pdf>.
12. Cottyn, J.; Van Landeghem, H.; Stockman, K.; Derammelaere, S. (2011). *A method to align a manufacturing execution system with Lean objectives*. *International Journal of Production Research*, 49(14), 4397-4413.
13. Cruz, J. (2006). *El camino a la flexibilidad total*. (Artículo científico). Universidad San Nicolás de México.
14. Flexographic Technical Association. (1980). *Flexografía. Principios y prácticas*.

15. Flexographic Technical Association. (2015). *Flexographic. Image, reproduction, specifications and tolerances.*
16. García, M. (2012). *Definición de una metodología para una aplicación práctica del SMED. Técnica industrial.* Recuperado de <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/83/1228/a1228.pdf>.
17. González, F. (2007). *Manufactura esbelta, principales herramientas.* Revista Panorama Administrativo.
18. Gonzalo, J. (2011). *Generadores de valor para clientes de productos industriales.*
19. Hernández Matías, J.; Vizán, A.; Hidalgo, A.; Ríos, J. (2006). *Evaluation of techniques for manufacturing process analysis.* Journal of Intelligent Manufacturing, 17(5), 571-583. Springer Netherlands.
20. Hicks, B. J. (2007). *Lean information management: understanding and eliminating waste.* International Journal of Information Management, 27(4), 233-249.
21. Hicks, B. J.; Matthews, J. (2010). *The barriers to realising sustainable process improvement: a root cause analysis of paradigms for manufacturing systems improvement.* International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 23(7), 585-602.
22. Hodge, G. L.; Goforth Ross, K.; Joines, J. A.; Thoney, K. (2011). *Adapting lean manufacturing principles to the textile industry.* Production Planning & Control, 22(3), 237-247.

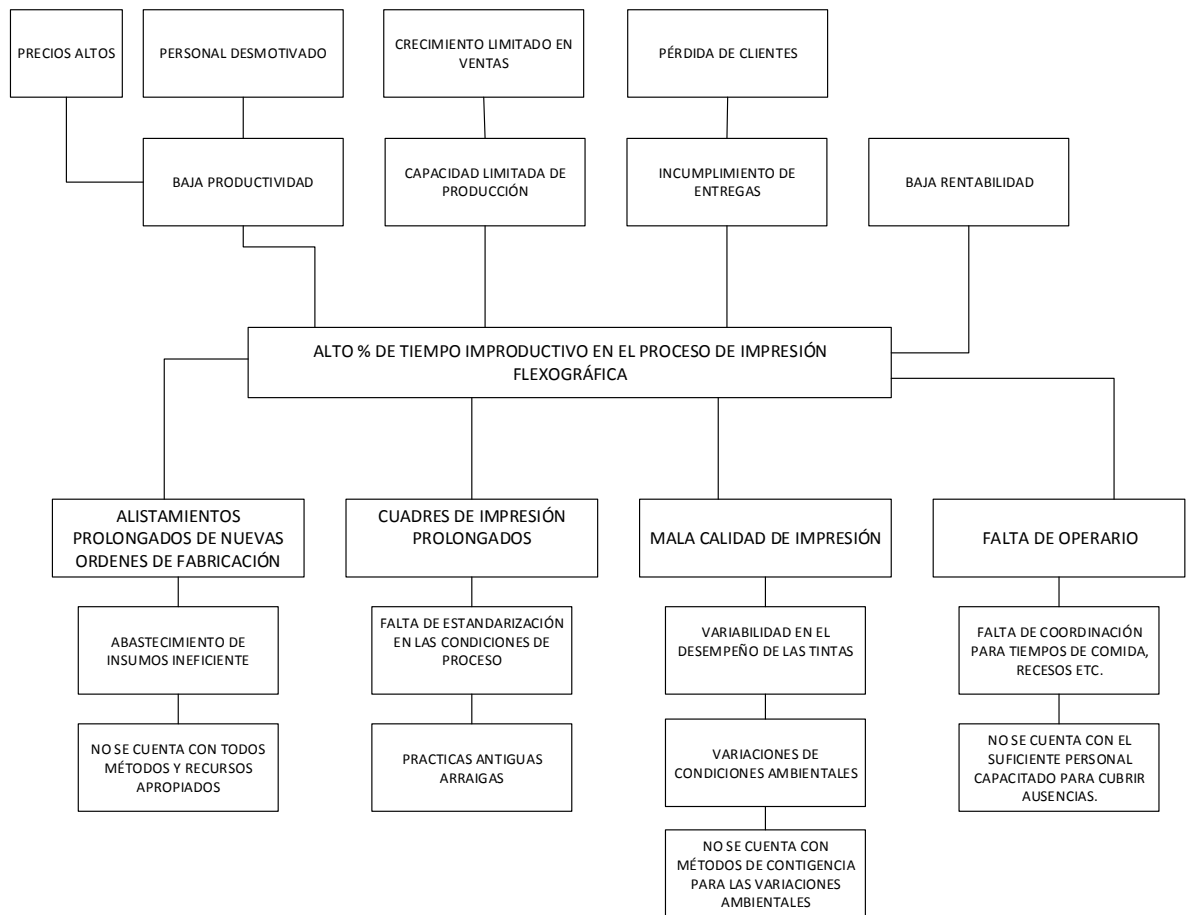
23. Jiménez, G. (2000). *Simulación de un proceso de extrusión de polietileno de alta densidad.*
24. Jones, M. (2002). *Procesamiento de plásticos.* (Artículo científico). Universidad de Lacaster de México.
25. King, P. L. (2009). *SMED in the process industries.* Industrial Engineer: IE, 41(9), 30-35. Institute of Industrial Engineers.
26. McIntosh, R. I.; Culley, S. J.; Mileham, A. R.; Owen, G. W. (2001). *Changeover improvement: a maintenance perspective.* International Journal of Production Economics, 73(2), 153-163.
27. Melton, T. (2005). *The benefits of Lean Manufacturing: what Lean thinking has to offer the process industries.* Chemical Engineering Research and Design, 83(6), 662-673.
28. Meredith, J.; Grove, A.; Walley, P.; Young, F.; Macintyre, M. (2011). *Are we operating effectively? A lean analysis of operating theatre changeovers.* Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1007/s12063-011-0054-6>.
29. Murillo A.; Meza Gallardo, N. F. (2003). *Diseño y evaluación de un procedimiento de cambio rápido de herramientas (molde-troquel) en una termoformadora de vasos plásticos desechables.* (Artículo científico). Universidad Nacional de Colombia.
30. Padilla, L. (2010). *Manufactura esbelta.* Revista Ingeniería Primero.

31. Paredes Rodríguez, F. (2007). *Preparación rápida de máquinas: el sistema SMED*. Lean Manufacturing Center.
32. Perinic, M.; Ikonic, M. (2009). *Die casting process assessment using single minute exchange of dies (SMED) method*. Recuperado de: http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=56090.
33. Pro-Pack. (1992). *Flexografía*. Valencia-España: Pro-Pack.
34. Rodríguez, I. (2011). *Metodología para reducir tiempos de parada en una industria de producción de etiquetas*. Recuperado de: 148.204.210.201/tesis/1322509685048tesislsai.pdf.
35. Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: the SMED system*.
36. Strickland, B. (1997). *Quick changeover for operators: the SMED system: productivity press development team*. 1996. Productivity Press, 77 pp. *Journal of Manufacturing Systems*, 16(3), 233-234.
37. Sugai, M.; Ian Mcintosh, R.; N. O. (2007). *Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análisis y crítica de estudio de caso*. *Gestão & Produção*, V. 14, p. 323 - 335.
38. Ulutas, B. (2011). *An application of SMED methodology*. Recuperado de: <http://www.sinab.unal.edu.co:2109/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=65462118&lang=es&site=ehost-live>.

39. Whitcher, B. J. (2003). *Policy management of strategy (Hoshin Kanri)*. Strategic Change. V. 12, p. 83 – 94.
40. Whitcher, B. J.; Butterworth, R. (1997). *Hoshin Kanri: a preliminary overview*. Total Quality Management, V. 8, p.319 - 323.
41. Zambrano, J. (2009). *Aprendizaje móvil. M- Learning*. (Artículo científico). Universidad de Colombia.

15. APÉNDICES

Apéndice 1. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

Titulo	Preguntas de Investigación	Objetivos	Variables	Tipo de variable	Indicador	Técnicas de Investigación
Utilización de la metodología SMED para la reducción de los tiempos improductivos en un proceso de impresión flexográfica.	<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son las causas principales de tiempos improductivos en el proceso de impresión flexográfica? 	Analizar las causas principales de tiempos improductivos a disminuir de la empresa en estudio.	Motivos de Paro	Cualitativa / Independiente/ Ordinal	Causas/los requisitos que no cumple conforme la metodología que está evaluando	Pareto, Causa Efecto
	<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son los tiempos improductivos normales del proceso de impresión flexográfica? 	Determinar los tiempos improductivos normales del proceso de impresión flexográfica.	Tiempos de paro	Cuantitativa/ Independiente/ Continua	Tiempo improductivo	Gráficas de tendencia, Reportes por máquina, diagramas de proceso
	<ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo la metodología SMED puede reducir los tiempos improductivos en un proceso de impresión flexográfica? 	Realizar una propuesta de mejora mediante los aportes de la metodología SMED al proceso de impresión flexográfica.	Estrategia	Cualitativa / Independiente/ Ordinal	Tiempo improductivo	SMED

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Formato de observación directa

Fecha : _____

Número de máquina: _____

Etapas del proceso : _____

Operario: _____

Factores directos

Continuación del apéndice 3.

Factores indirectos	
Observaciones :	_____

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Hoja de verificación

Hoja de verificación fase 1		Fecha: _____
Etapa del proceso: _____		
Revisión documental :		Observaciones :
<input type="checkbox"/>	Antecedentes	
<input type="checkbox"/>	Marco teórico	
<input type="checkbox"/>	Manuales e instructivos	
Revisión historial :		Observaciones :
<input type="checkbox"/>	Tendencias	
Acciones :		Observaciones:
<input type="checkbox"/>	Correctivas	
<input type="checkbox"/>	Preventivas	

Fuente: elaboración propia.

