



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 LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE IMPRESIÓN DEL DEPARTAMENTO DE
ETIQUETAS EN UNA INDUSTRIA DE PRODUCTOS PLÁSTICOS AGROINDUSTRIALES**

Anny Antonia Morales Mendoza

Asesorado por el MSc. Ing. Vilmo Santino Ramazzini López

Guatemala, junio de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE IMPRESIÓN DEL DEPARTAMENTO DE
ETIQUETAS EN UNA INDUSTRIA DE PRODUCTOS PLÁSTICOS AGROINDUSTRIALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANNY ANTONIA MORALES MENDOZA

ASESORADO POR EL MSC. ING. VILMO SANTINO RAMAZZINI LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, JUNIO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
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
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
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 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE IMPRESIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ETIQUETAS EN UNA INDUSTRIA DE PRODUCTOS PLÁSTICOS AGROINDUSTRIALES

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



Anny Antonia Morales Mendoza

Ref. AGS-MGIPP-007-2019

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 **Anny Antonia Morales Mendoza** carné número **200924447**, 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"

Vilmo S. Ramazzini L.
Ing. Químico
Col. 1834

Maestro. Ing. **Vilmo Santino Ramazzini L.**
Asesor(a)

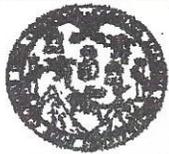
Alba Maritza Guerrero S.
Doctora Inga. **Alba Maritza Guerrero S.**
Coordinadora de Área
Gestión de Servicios

Edgar Darío Álvarez Cotí
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.



REF.DIR.EMI.093.019

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 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE IMPRESIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ETIQUETAS EN UNA INDUSTRIA DE PRODUCTOS PLÁSTICOS AGROINDUSTRIALES**, presentado por la estudiante universitaria **Anny Antonia Morales Mendoza**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”


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



Guatemala, junio de 2019.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala

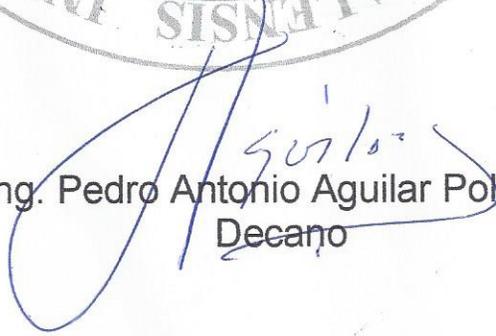


Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.294-2019

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 del trabajo de graduación titulado: **"DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE IMPRESIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ETIQUETAS EN UNA INDUSTRIA DE PRODUCTOS PLÁSTICOS AGROINDUSTRIALES"** presentado por la estudiante: **Anny Antonia Morales Mendoza**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, Junio de 2019

/echm



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haberme iluminado en mi camino desde mis humildes orígenes hacia una vida de múltiples oportunidades.
- Mi padre** Pedro Morales Sis, en su memoria. Por su amor, incansable esfuerzo y ejemplo de trabajo arduo.
- Mi madre** Pedrina Mendoza Morente, por su constante lucha, paciencia y comprensión en los momentos difíciles y por ser el pilar fundamental en mi vida.
- Mis hermanos** Herlinda, Zoila, Amalia, Abrahan, Héctor, Carlos y especialmente a Roberto y Jorge Morales Sic, por su apoyo incondicional y por su ejemplo de superación.
- Mis sobrinos** Nikte', Yaxte' y Etamanel Morales Acevedo, especialmente a Migdalia Azucena Alvarado, por ser mi compañía y soporte en esta travesía.
- Mi cónyuge** Otto Danilo Hernández Xitumul, por su constante muestra de amor, dedicación, atención y apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por concederme el privilegio de formarme académicamente.
Facultad de Ingeniería	Por su invaluable aporte en mi crecimiento académico.
Lic. José Roberto Morales S.	Padre, hermano y amigo que me acogió en el seno de su hogar en beneficio de mi superación.
Lic. Sariah Acevedo	Por su apoyo incondicional y su ejemplo de lucha y superación.
Ing. Fernando Saravia	Por su apoyo incondicional, constante motivación e invaluable aporte para mi crecimiento académico y profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Descripción del problema	9
3.2. Delimitación	10
3.3. Pregunta central	10
3.4. Preguntas de investigación.....	10
3.5. Viabilidad.....	10
3.6. Consecuencias de la investigación.....	11
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	15
5.1. Objetivo general	15
5.2. Objetivos específicos.....	15
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	17
7. MARCO TEÓRICO.....	19

7.1.	Plasticultura.....	19
7.1.1.	Algunos tipos de plástico.....	20
7.2.	Productividad	24
7.2.1.	Tipos de productividad	25
7.2.2.	Indicadores asociados a la productividad.....	28
7.2.3.	Limitantes de la productividad.....	29
7.2.4.	Factores que influyen en la productividad	29
7.3.	Lean Manufacturing.....	31
7.3.1.	Origen.....	32
7.3.2.	Definición.....	32
7.3.3.	Valor y desperdicio	33
7.3.4.	Los 7 desperdicios de Lean Manufacturing	34
7.4.	Método SMED	37
7.4.1.	Origen.....	37
7.4.2.	Definición.....	37
7.4.3.	Características	38
7.4.4.	Etapas	38
7.4.5.	Beneficios.....	45
7.4.6.	Consejos para la implementación de un nuevo proceso.....	45
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	49
9.	METODOLOGÍA	51
9.1.	Fases	52
9.1.1.	Fase 1: revisión documental.....	52
9.1.2.	Fase 2: desarrollo de la investigación	53
9.1.3.	Fase 3: presentación de resultados	53
9.1.4.	Fase 4: análisis de resultados	53

9.2.	Población y muestra	53
9.3.	Resultados esperados	54
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	55
11.	CRONOGRAMA.....	57
12.	FACTIBILIDAD DE ESTUDIO	59
13.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
14.	APÉNDICES.....	69
15.	ANEXO.....	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Representación gráfica del tiempo de cambio	38
2.	Representación gráfica del tiempo total de cambio.....	40
3.	Representación gráfica de la separación de actividades internas de externas.....	41
4.	Representación gráfica de convertir actividades internas a externas.....	42
5.	Representación gráfica de eliminar desperdicios en las actividades internas.....	42
6.	Representación gráfica de eliminar desperdicios de las actividades externas.....	43
7.	Representación gráfica de estandarizar y mantener el nuevo procedimiento.....	44
8.	Representación gráfica de las etapas del SMED	44

TABLAS

I.	Operativización de variables	52
II.	Estudio de factibilidad	59

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
(Q)	Quetzales (moneda de Guatemala)

GLOSARIO

Atáctico	Polímero que no presenta ningún tipo de regularidad estérica en su cadena principal.
Abióticos	Elementos sin vida que están presentes en la naturaleza; se refiere a factores como el sol, la temperatura, la lluvia, la humedad y los minerales.
Bióticos	Elementos con vida, relativo a los organismos.
Copolímero	Es una macromolécula compuesta por dos o más monómeros o unidades repetitivas distintas, que se pueden unir de diferentes formas por medio de enlaces químicos.
Copolimerizar	Polimerización en la que se forma un copolímero.
Isotáctico	Polímero táctico que contiene, en la unidad de repetición, un átomo de carbono con dos constituyentes diferentes, presentando todos estos carbonos de la cadena de la misma configuración.
Jidoka	Significa automatización con un toque humano, es asegurar el control de la calidad en la fuente y no permitir que pase un defecto al proceso siguiente.

Just In Time	Producir los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento en que se necesitan.
OEE	Overall Equipment Effectiveness (Eficiencia General de los Equipos) es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial.
Plasticultura	Uso de plástico en la agricultura.
PYME	Acrónimo de pequeña y mediana empresa.
Sindiotáctico	Polímero regular en el que las unidades configuracionales de base son enantiómeros y se alternan a lo largo de la cadena.
SMED	Single Minute Exchange of Dies (cambio de dados en un minuto). Cambio de herramental en un solo dígito de minuto.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación es una innovación para el procedimiento de cambio de orden de producción del departamento de etiqueta.

Los mercados evolucionan constantemente, lo que repercute en la demanda de mayor variedad de productos, plazos de entrega razonables, pedidos de tamaño óptimo para el cliente y precios altamente competitivos. Asimismo, se presenta la necesidad del productor de satisfacer las necesidades del cliente en el menor tiempo posible; por lo tanto, resulta importante mejorar el proceso de producción para que este sea más flexible, es decir, capaz de realizar los cambios entre un lote y otro sin afectar su productividad, y así cumplir eficientemente con los requerimientos de los clientes.

La inexistencia de un procedimiento adecuado para el montaje y desmontaje de colores entre órdenes de producción genera tiempos de cambios, prolongando el tiempo de paro en el área de impresión del departamento de etiquetas. Lo anterior puede impactar en un incremento en el tiempo muerto, que conlleva una baja productividad, baja flexibilidad para realizar los cambios requeridos, incremento en los costos operativos y mayor número de ventas no ejecutadas que se traducen en una reducción de ingresos.

La importancia de la aplicación de la metodología SMED radica en la reducción del tiempo de cambio entre órdenes de producción. Esto surge debido a que el proceso cada día aumenta la necesidad de flexibilidad para obtener una considerable capacidad de respuesta al cliente, por la solicitud de pequeños lotes de producción.

El aporte del presente trabajo de investigación consiste en definir el procedimiento adecuado para realizar los cambios de orden de producción, con el fin de minimizar el trabajo desordenado que genera suciedad, actividades duplicadas y baja capacidad del área; asimismo, reducir los tiempos muertos, lo cual genera un incremento en la productividad. Y con la implementación de un nuevo procedimiento se propone alcanzar una innovación significativa.

El esquema de solución se desarrollará con base en la identificación de las actividades involucradas en el cambio de orden de producción, análisis de las actividades, aplicación de las etapas de la metodología SMED, evaluación del impacto de la metodología y preparación del informe final.

En el primer capítulo se expondrá el marco teórico, el cual constituye la base para la realización del trabajo de investigación. Entre los temas a investigar se encuentran: los plásticos agroindustriales, productividad, Lean Manufacturing y metodología SMED.

En el segundo capítulo se presentarán los resultados a obtener por medio del trabajo de investigación. Se presentará la información recolectada, los tiempos y las actividades analizadas, las cuales deben tomarse en cuenta para tener un procedimiento adecuado, para mejorar la capacidad y disminuir los tiempos muertos.

En el tercer capítulo se discutirán los resultados que se obtendrán en el trabajo de investigación, se mencionará si los resultados se pueden ampliar a otros temas de investigación o si los resultados obtenidos pueden generalizarse a otros contextos.

2. ANTECEDENTES

En el continente americano son numerosos los estudios realizados sobre la aplicación de la metodología SMED, estos han proporcionado resultados de mejora e incremento en la productividad. En Guatemala se han desarrollado estudios en diferentes industrias, con el objetivo de implementar la metodología SMED que permita la reducción de tiempos para tener mayor flexibilidad en la línea de producción al realizar más cambios, incrementar la disponibilidad de la línea y también minimizar el costo operativo relacionado.

García y Gisbert (2015) refieren que un proceso de implementación de la mejora continua en empresas pequeñas implica un proceso complejo que requiere el conocimiento y la participación de todos. Resaltan que las ventajas de la implementación de un proceso de mejora continua son: mayor productividad para el logro de una mayor competitividad, obtención de mejoras en un corto plazo, reducción de los defectos que redundará en un ahorro o reducción de costos por la menor utilización de recursos. Asimismo, los autores proponen una lista de acciones a realizar, entre las cuales se indica: capacitación en el tema, organización, análisis de la información, acciones de mejora y el correspondiente seguimiento, revisión y evaluación de la mejora efectuada.

García y Gisbert (2015) exponen los métodos productivos más usados y que son de tipo común, tomando con especial consideración el siguiente: SMED, por sus siglas en inglés Single Minute Exchange of Dies, es un método para la reducción de tiempos de cambios. Al respecto, se concluye que la mejora continua busca mejorar los diferentes pasos o procesos que están involucrados

en la producción de un producto o servicio, desde el inicio hasta su destino (cliente). El éxito o fracaso en la implementación dependerá de la voluntad de los directivos, y en este caso de las pequeñas y medianas empresas. Si en la implementación del plan propuesto es necesario hacer una inversión, es preferible que abarque inicialmente los recursos humanos para mejorar la motivación y capacitación. Por último, para que la empresa tenga una misma dirección y con un plan bien establecido, será posible ver los beneficios, tanto financieros como en la parte humana.

El estudio de la implementación de la mejora continua que realizan los autores será una guía para la investigación, esto hace énfasis en la participación y colaboración de todos los miembros de la empresa. Este estudio servirá también para conocer quiénes deberían integrar el equipo de trabajo para que sea un equipo de alto desempeño y alcanzar con éxito la investigación.

Arboleda y Rubiano (2017) exponen que una empresa de alimentos en el año 2016 obtuvo altos índices de desperdicio de tiempo en el área de producción, el cual ocasionó una reducción considerable en las ventas. Analizado los resultados del año, el equipo directivo de la empresa identificó que una de las principales causas que afectaba el proceso fue el desperdicio de tiempo en la preparación y mantenimiento de las máquinas, es decir, el tiempo empleado en el montaje y desmontaje del molde. Con la implementación de la metodología SMED indican que la empresa podría minimizar los tiempos de las actividades de preparación del proceso de cambio de moldes de la máquina en un 66.77% (439,623 unidades/año, aproximadamente), lo que generaría mayor capacidad de respuesta y un aumento de sus utilidades.

El estudio de Arboleda y Rubiano (2017) será de utilidad para hacer el análisis de los datos históricos e identificar la forma en que realizó la implementación en la empresa de alimentos. Por su parte, Alarcón (2014) se propuso determinar, por medio de las herramientas de Lean Manufacturing, los indicadores en los procesos de producción que permitiesen incrementar la productividad en planta. Por lo tanto, aplicó la metodología SMED para disminuir los tiempos perdidos. El OEE, por sus siglas en inglés Overall Equipment Effectiveness, antes de implementar el SMED como herramienta para cambio rápido, proporcionaba un valor de 28%. Después de aplicar el análisis de las actividades y mejora continua dentro del trabajo de calibración de molde se consiguió un incremento hasta llegar al 61.08 %, para lograr un incremento en la productividad del 33.08%.

Hernández (2014) se propuso reducir el tiempo de cambio del molde de la máquina inyectora de plástico No. 11 y el molde del sustrato (pieza plástica) para el panel de instrumentos (tablero), aplicando SMED como herramienta de reducción de tiempos y reducción de variabilidad en los tiempos de montajes, impactando en la disponibilidad de la máquina. De acuerdo con los resultados alcanzados por Hernández, concluyó que el tiempo promedio de montaje inicial fue de 159 minutos, y el tiempo promedio de montaje después de aplicar SMED se redujo a 100 minutos.

Los estudios realizados por los autores anteriormente expuestos se adoptan como una guía para la ejecución e implementación correcta de la metodología SMED, asimismo, serán de utilidad para realizar el análisis del impacto después de su implementación y posteriormente la presentación de resultados.

Martí (2018) publicó el taller SMED, por sus siglas en inglés Single Minute Exchange of Dies, exponiendo que la misma es una metodología para mejorar, enfocada en la reducción de los tiempos de cambio en las líneas de producción. Para entender mejor el proceso de mejora se explica con un ejemplo real que consiste en los siguientes tres pasos:

- Realizar un análisis y un diagnóstico de la carga de trabajo del proceso, para identificar dónde se va a iniciar el taller.
- Observar en sitio algún cambio particular y anotar los tiempos y operadores involucrados en la tarea, se recomienda realizar la grabación en video para su análisis posterior.
- Analizar y definir el método con el equipo multidisciplinario.

El resultado de un taller de mejora es el proceso estandarizado de trabajo, un indicador de seguimiento a los tiempos de cambio y la planificación de las acciones que se van a ejecutar con su respectivo responsable y tiempo de entrega, para luego establecer la fecha para la prueba piloto.

Martí (2018) expone que los resultados obtenidos del taller fueron un éxito, porque se logró incrementar el número de ideas de mejora propuestas por todos los miembros del equipo; también se logró reducir los tiempos de cambio en más de un 30%, lo que resultó en atender en un menor tiempo los pedidos de los clientes. La clave del éxito está en la participación de todo el personal de la empresa, es decir, desde la alta gerencia hasta los empleados.

El taller realizado por Martí será una orientación para obtener el proceso estandarizado óptimo, después de ser analizado el método de cambio con el

equipo del taller para su posterior publicación y capacitación del equipo de trabajo.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La inexistencia de un procedimiento adecuado para el montaje y desmontaje de colores entre órdenes de producción genera tiempos de cambios, prolongando el tiempo de paro en el área de impresión del departamento de etiquetas.

3.1. Descripción del problema

En una industria de productos plásticos agroindustriales, ubicada en el municipio de Villa Nueva del Departamento de Guatemala, existe un departamento de etiquetas, donde se realiza impresión flexográfica. En esta área de impresión los clientes requieren cada vez más productos por medio de órdenes pequeñas, por lo tanto, las corridas de producción son de tiempos cortos, pero los tiempos de cambios de producción son prolongados, lo cual repercute en el cumplimiento de entregas a los clientes, ventas caídas y baja productividad.

Sin embargo, este cambio de producción prolongado no afecta únicamente al cliente o empresa, sino también al operador del área de impresión flexográfica, debido a que genera insatisfacción y en ocasiones frustración por no cumplir con las metas requeridas de producción y no completar las órdenes planificadas en el turno.

3.2. Delimitación

La aplicación de la metodología SMED se realizará en el área de impresión del departamento de etiquetas, en una empresa que se dedica a la producción de productos plásticos agroindustriales. El proyecto tendrá una duración de doce meses, comprendidos de agosto 2018 a noviembre 2019.

3.3. Pregunta central

¿Qué metodología aplicar para mejorar la productividad del área de impresión del departamento de etiquetas?

3.4. Preguntas de investigación

1. ¿Qué actividades involucra el proceso de cambio de orden de producción?
2. ¿Cómo reducir el tiempo de cambio en el proceso de producción?
3. ¿Qué beneficios proporciona la aplicación de la metodología SMED?

3.5. Viabilidad

La empresa productora de productos plásticos agroindustriales otorga la autorización para realizar el proyecto, ofrece el apoyo y los recursos para la realización de la investigación. El financiamiento será mixto, debido a que será realizado con apoyo de la empresa y del investigador.

3.6. Consecuencias de la investigación

Entre las causas que generan el problema, está la falta de un procedimiento con las actividades debidamente definidas para cada involucrado en los cambios de orden de producción y tiempos de cambios de orden demasiado largos y tediosos. El tiempo de los cambios de órdenes de producción en el departamento de etiquetas en los últimos 6 meses en promedio es de 43 minutos por cada orden. Esto ocasiona un trabajo desordenado y baja capacidad para atender más solicitudes respectivamente.

Entre las consecuencias de no realizar el presente trabajo de investigación está dejar de producir aproximadamente 362 horas, lo que equivale a 2,576,775 pies de etiqueta por mes; esto genera mayor número de ventas perdidas, también una reducción de ingresos, debido a que se tiene menos capacidad en el área para atender más clientes, baja productividad porque no se tiene la flexibilidad para realizar los cambios requeridos y un incremento en los costos operativos como el desperdicio que actualmente es de 9.5% en promedio.

Con la aplicación de la metodología SMED, se logrará una reducción de tiempo por cada cambio de orden, y se definirá con precisión el procedimiento adecuado para los cambios de orden de producción, con lo cual se evitará un trabajo desordenado que genere suciedad, esfuerzo adicional y baja capacidad para la atención de nuevas solicitudes, además se busca disminuir el porcentaje de desperdicio por lo menos en un 2%.

Asimismo, se minimizarán las ventas perdidas y se aumentarán los ingresos, propiciando mayor flexibilidad en los cambios requeridos, además, se disminuirán los tiempos muertos y, por ende, habrá un incremento en la productividad.

Si la investigación no se realiza, ocasionará que los tiempos de los cambios de órdenes aumenten, repercutiendo negativamente en la competitividad de la empresa en el mercado, lo cual se traduciría en una disminución en su nivel de productividad a futuro y una disminución del OEE.

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se perfila dentro de la línea de investigación de optimización de operaciones y procesos del área de operaciones de la Maestría en Gestión Industrial. El curso que se relaciona con la línea de investigación es ingeniería de la productividad, en este se adquieren habilidades y estrategias para la productividad, así como técnicas para lograr incrementarla, medirla e interpretarla.

La importancia para el área de impresión flexográfica del departamento de etiquetas es tener estandarizado el proceso de cambio, el cual surge debido a que el proceso cada día va requiriendo mayor flexibilidad, para obtener mayor capacidad de respuesta al cliente, por la solicitud de pequeños lotes de producción.

La necesidad que se tiene de realizar este trabajo de investigación es desarrollar un procedimiento adecuado para el montaje y desmontaje de la línea, para reducir los tiempos muertos en el área e incrementar su capacidad y productividad.

La motivación de la investigadora que suscribe el presente trabajo yace en el interés de implementar el conocimiento adquirido respecto a la metodología SMED en el área de trabajo, y contribuir a la mejora continua del departamento de etiquetas y del proceso, para facilitar el trabajo a los empleados, a fin de mejorar la productividad del área, para aportar al desarrollo y crecimiento del departamento, a través de la mejora de la productividad.

El beneficio que se obtiene con este trabajo de investigación es la aplicación de la metodología SMED, que proporcionará un procedimiento adecuado para realizar los cambios de orden de producción, reduciendo el trabajo desordenado que genera suciedad, trabajos duplicados y baja capacidad del área, así como una reducción de los tiempos muertos, generando un incremento en la productividad y del OEE.

Los principales beneficiarios de esta investigación son: la empresa en primera instancia, al incrementar la productividad reduciendo los tiempos muertos, los clientes, al obtener con prontitud sus requerimientos, y los empleados, al adquirir conocimientos sobre la metodología SMED y un proceso eficiente para la realización de sus tareas en el área de trabajo.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Aplicar la metodología SMED para mejorar la productividad del área de impresión del departamento de etiquetas.

5.2. Objetivos específicos

1. Determinar las actividades involucradas en el proceso de cambio de orden de producción.
2. Aplicar las etapas de la metodología SMED para reducir el tiempo de cambio en el proceso de producción.
3. Evaluar los beneficios que provee la aplicación de la metodología SMED.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Dentro de las necesidades que se busca cubrir con la investigación, se encuentra la reducción de tiempos de desmontaje y montaje de colores entre cambios de formato, el diseño de un procedimiento de cambio de orden de producción y la mejora de la productividad del área con la reducción del tiempo muerto.

Para cubrir las necesidades que tiene el área de impresión del departamento de etiquetas de la industria de productos plásticos agroindustriales, se busca cumplir con los objetivos definidos en el presente proyecto de investigación, el cual pretende lograr lo que se indica en siguiente esquema:

- Determinar las actividades involucradas en el proceso de cambio de orden de producción.

Análisis general del área de impresión para entender el proceso, enumerar todas las actividades e identificar a los involucrados.

- Aplicar las etapas de la metodología SMED para reducir el tiempo de cambio en el proceso de producción.
 - Observar y medir el tiempo total de cambio.
 - Separar actividades internas de las externas.
 - Convertir actividades internas a externas y mover actividades externas fuera del paro.

- Eliminar desperdicios en las actividades internas.
 - Eliminar desperdicios en las actividades externas.
 - Estandarizar y mantener el nuevo procedimiento.
- Evaluar los beneficios que provee la aplicación de la metodología SMED.

Analizar los resultados del proceso estandarizado por medio del tiempo promedio de cambio por orden, número de órdenes producidas por mes y porcentaje de desperdicio.

7. MARCO TEÓRICO

A continuación, se expondrán los siguientes temas: plasticultura, productividad, Lean Manufacturing y SMED.

7.1. Plasticultura

La plasticultura es la técnica de la aplicación de materiales plásticos en la agricultura, con la finalidad de incrementar el rendimiento, la calidad de la producción y lo más importante es lograr cosechas fuera de temporada. (Inocenti, 2014).

Ramos (2003) afirma que: “consiste en proteger las plantaciones, mediante plásticos por arriba, abajo y lados, del frío, el calor, los fenómenos atmosféricos y las variaciones climáticas” (p.166).

Por su parte, Goyal (2014) define plasticultura como: “una tecnología que consiste en el uso combinado de camas elevadas, riego por goteo y acolchado de polietileno” (p.184)

Por lo anteriormente expuesto se puede concluir que la plasticultura es la ciencia que se basa en el uso de productos plásticos, para resguardar los cultivos de fenómenos naturales y atmosféricos, con el fin de mejorar la obtención de verduras, hortalizas, frutas, entre otros. Además, mejorar el manejo de malezas. Los elementos plásticos más usados son: coberturas, bolsas, mangueras, cintas, entre otros.

Zenner y Peña (2013) afirman que el uso de la tecnología de la plasticultura ha convertido tierras que han sido improductivas en productivas, para su explotación agrícola, y también ha permitido el aumento en la calidad de sus cosechas. Su aplicación se centraliza en el uso de:

- Invernaderos, túneles y micro túneles: su fin básico es proveer condiciones climáticas más favorables a las condiciones externas, esto para acelerar el desarrollo del cultivo. Su uso común es para el cultivo de flores y hortalizas.
- Mulching: es una cobertura de plástico que se utiliza para cubrir el suelo, su objetivo es evitar el crecimiento de malezas y disminuir la evaporación del agua, para mejorar la retención de la humedad. Su uso es más frecuente para el cultivo de fresas y melón.
- Mallas para sombrío: evitan el contacto directo de los rayos solares, también ayuda a modificar el microclima. Existen de diversos tipos de calibre y mesh normalmente en color negro. Es más utilizado para flores y hortalizas.
- Bolsas: sirve para proteger los racimos de plantaciones de banano y plátano de factores bióticos y abióticos.

7.1.1. Algunos tipos de plástico

La producción del plástico se ha diversificado y especializado de acuerdo con las necesidades de su uso. La producción del plástico se ha industrializado debido a su elevada demanda en el mercado. En la actualidad existen diversos tipos de plásticos, entre los cuales se encuentran:

- Polipropileno

Nieto (2010) menciona que “un polipropileno es un polímero que se obtiene por polimerización del monómero propileno”. (p.115)

De acuerdo con el sitio en Internet, QuimiNet (2018), el polipropileno también es conocido con las siglas PP. Este tipo de plástico es duro, resistente, opaco y con una alta resistencia al calor, debido a que se suaviza con una temperatura mayor a los 150 grados centígrados. El PP se dobla con facilidad, es bastante resistente a los golpes y tiene baja densidad.

Por lo tanto, se concluye que el polipropileno es un polímero que se logra mediante un proceso químico que puede ser transformado por: moldeo, soplado, inyección, extrusión, termoformado, etc. Este material tiene una amplia variedad de usos como el embalaje, soga, ropa térmica, plásticos reutilizables, entre otros.

Las características principales de un polipropileno son:

- Únicamente se puede moldear con calefacción
- Bajo costo
- Resistencia alta a la fractura por fatiga
- Buena estabilidad térmica
- Alta resistencia al impacto
- Fácil degradación
- Sensible a los rayos ultravioletas

- Polietileno

También conocido como PE, es un termoplástico que puede fundirse repetidas veces, es semicristalino y sus características principales son su alta resistencia química y su aislamiento eléctrico (Mercader, 2002).

Beltran y Mancilla (2012) indican que el polietileno “es un material blando y tiene una temperatura de fusión relativamente baja”. (p. 21). Mientras que Aldabe, Aramendía, Bonazzola y Lacreu (2004) mencionan que el polietileno “es un polímero formado por cadenas lineales que, en estado sólido, quedan entrelazadas como un plato de tallarines” (pág. 248).

Por lo expuesto en los párrafos anteriores, se puede deducir que el polietileno es un compuesto a base de etileno que se usa para la producción de una gran variedad de productos plásticos.

El PE agrupa familias de polímeros con distintas estructuras moleculares que confieren características distintas, entre estas:

- Polietileno de Alta Densidad – PEAD

También conocido por sus siglas en inglés como HDPE (High Density Polyethylene); es un polímero termoplástico que está conformado de unidades de etileno repetitivas (QuimiNet, 2018).

El polietileno de alta densidad puede ser transformado por los métodos de moldeo, inyección y extrusión. (Polo, Gómez, Prashar y Fajardo, 2010).

El HDPE es más utilizado en recipientes que son rígidos como botellas: cuando el polietileno se procesa con propileno los usos pueden ser para bolsas plásticas, recipientes de alimentos u otros productos químicos o para el hogar.

Se puede concluir que el polietileno de baja densidad es un material que se puede transformar de varias formas, dependiendo de lo que se quiere obtener, y el producto es utilizado principalmente para envasado y empaque.

- Propiedades del polietileno de alta densidad – HDPE
 - Más rigidez que el LDPE
 - Flexible incluso a bajas temperaturas
 - Más dureza
 - Ligero
 - Mayor resistencia a agentes químicos
 - Provoca barreras a los vapores de agua
 - Alta resistencia química y térmica
 - Alta resistencia al impacto

- Polietileno de baja densidad – LDPE

Beltran y Mancilla (2012) afirman que “el polietileno de baja densidad es un polímero casi lineal con ramificaciones de cadena larga” (p. 26).

Es un polímero termoplástico que está conformado por unidades repetitivas de etileno. Conocido por sus siglas en inglés como LDPE (Low Density PolyEthylene). El LDPE tiene baja permeabilidad y su uso más frecuente se debe a su versatilidad (Polo; et. al., 2010).

Características:

- Bajo costo
 - Facilidad para producir
 - Buena resistencia a bajas temperaturas
 - Alta resistencia térmica y química
 - Baja absorción de agua
 - Color lechoso
 - Mayor flexibilidad que el HDPE
-
- Usos frecuentes

Tapas flexibles, bolsas plásticas (para basura, de supermercado), envases de plástico, *films*, botellas, capa para cartones de leche, envases de alimentos y otros productos, artículos para el hogar, juguetes. (JUBEDI, S.L).

7.2. Productividad

Para Rodríguez (1999), productividad es el resultado de la relación entre los insumos invertidos y los productos obtenidos. Por su parte, Olavarrieta (1999) afirma que “la productividad es la relación entre producción e insumo; también es la relación entre lo que sale y lo que entra, o la relación entre lo que se obtiene y los recursos usados para obtenerlo” (p.49).

La productividad no limita su uso únicamente en la ingeniería, desde el punto de vista económico, Kendrick (1977) afirma que “es la relación entre el *output* y sus *inputs* asociados, cuando *outputs* e *inputs* están expresados en términos reales” (Fernández y Sánchez, 1997, p.66).

Con lo expuesto anteriormente, se puede concluir que la productividad es la medida para determinar qué tan bien se están utilizando los factores de producción. Es la relación entre las salidas que son los productos o servicios y los recursos utilizados como: mano de obra, materiales, métodos, máquinas, mediciones, etc., necesarios para obtener las salidas de una forma óptima.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{salidas}}{\text{entradas}}$$

7.2.1. Tipos de productividad

Los distintos tipos de productividad se pueden diferenciar esencialmente en los medios recurridos para la elaboración de un producto, sin perder de vista el objetivo principal, que es maximizar la producción de cualquier industria. La productividad se puede clasificar, según los factores considerados, en:

- Productividad laboral

La productividad laboral es la medición de la eficiencia de una máquina, persona, sistema, entre otros, para obtener los productos requeridos. Es aquella productividad unida al desempeño del personal y a la relación del costo laboral versus el beneficio (Tapia, Barrientos y Solar, 2014, p. 185).

El método habitual es la razón entre cantidad de producto obtenido y la cantidad de horas hombre trabajadas (Inegi.org.mx, p.1).

$$\text{Producción media por hora hombre} = \frac{\text{producción}}{\text{hora hombre trabajadas}}$$

También puede medirse con la relación entre la cantidad producida y el número de trabajadores ocupados. (Tapia; et. al., 2014)

$$\text{Producción media por trabajador} = \frac{\text{producción}}{\text{número de trabajadores}}$$

- Productividad parcial

La productividad parcial se calcula relacionando el nivel de producción, el cual es obtenido en un lapso versus los recursos consumidos para lograr dicha producción. Olavarrieta (1999) define la productividad parcial como la relación entre la cantidad producida y los insumos de una forma individual (p.49).

$$\text{Productividad parcial} = \frac{\text{producto total}}{\text{insumo parcial}}$$

Mientras que Jiménez y Espinoza (2007) definen el cálculo de valores en la productividad parcial como:

$$\text{Productividad humana} = \frac{\text{producción}}{\text{insumo humano}}$$

$$\text{Productividad de materiales} = \frac{\text{producción}}{\text{insumo de materiales}}$$

$$\text{Productividad capital} = \frac{\text{producción}}{\text{insumo de capital}}$$

$$\text{Productividad de energía} = \frac{\text{producción}}{\text{insumo de energía}}$$

$$\text{Productividad de otros gastos} = \frac{\text{producción}}{\text{insumo de otros gastos}}$$

- Productividad marginal

Krugman (2008) afirma que la variación se obtiene en la producción al emplear una unidad adicional de un factor que mantiene los demás constantes.

Existen tres factores de producción:

- El trabajo: se refiere al tiempo y a las capacidades intelectuales que son dedicadas a las actividades productivas.
- El capital: son los bienes duraderos que no son dedicados al consumo sino a la producción de bienes.
- La tierra: son los recursos aportados por la naturaleza que son utilizados en el proceso de producción. (Rouco, 1997, p.51).

Para calcular la productividad marginal se utiliza la derivada de la producción con respecto al factor trabajo; es decir, establece el aumento del volumen de producción al incrementar en una unidad el factor trabajo (SISBIB, 1998).

$$\text{Productividad marginal} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

Donde:

ΔX = variación en la utilización del factor productivo

ΔY = variación en la cantidad producida del bien

- Productividad total

La productividad total es la relación entre la producción total y la sumatoria de los factores de entrada. Esta medida total muestra el impacto acumulado de todos los insumos al fabricar productos (tesis.uson.mx, s.f., p.15).

Productividad total = cociente entre la producción y los recursos empleados.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{producto}}{\text{insumo}} = \frac{\text{bienes/servicios}}{\text{todos los recursos}}$$

7.2.2. Indicadores asociados a la productividad

En la evaluación del desempeño de un sistema, se pueden utilizar tres criterios muy comunes que están relacionados a la productividad; aunque estos criterios son muy frecuentes, se tiende a malinterpretar y en ocasiones se consideran como sinónimos. Estos criterios son:

- Eficiencia: es la utilización óptima de los recursos (humano, financiero o tiempo) para lograr un objetivo establecido.
- Eficacia: consiste en lograr los objetivos en el menor tiempo posible, es decir, se consideran los resultados y no el proceso para lograrlo.
- Efectividad: este criterio se refiere a la razón entre la salida real y lo planificado. (Miranda y Toirac, 2010, p. 248)

7.2.3. Limitantes de la productividad

Según Mukherjee (2006), las tres limitantes principales de la productividad son:

- Sobrecarga: sucede cuando a la maquinaria o a las personas se les exige que produzcan más del límite natural o de sus capacidades.
- Variabilidad: es la variabilidad que produce el material, la maquinaria, la mano de obra y los métodos.
- Desperdicio: es la utilización extra de los recursos a los mínimos demandados.

7.2.4. Factores que influyen en la productividad

De acuerdo a la Oficina Internacional del Trabajo, los factores que influyen en la productividad son:

- Calidad

El producto siempre debe realizarse con las mejores condiciones para cumplir con los requerimientos del cliente. Además de fabricarse sin reproceso, es decir, bien a la primera.

- Entradas

Todo sistema requiere de insumos, estos insumos son proporcionados a través de las entradas.

- Salidas

La productividad implica la mejora del proceso productivo y es un índice que relaciona lo producido, que significa la salida, y las entradas, que son los recursos requeridos para su producción.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{salidas}}{\text{entradas}}$$

- Tecnología

Dentro de las variables que facilitan el uso de la tecnología se encuentran la creatividad y la innovación, ellas están en función directa de la variedad y riqueza de conocimientos y del trabajo que se hace, máxime cuando la innovación sin distinción de postura se constituye en la gran variable, esta se puede considerar como el eje de la productividad y soporte fundamental de la competitividad. (Eng, 2013, p.19).

- Organización

La influencia indirecta a través del pensamiento estratégico y la reorganización y optimización empresarial. El análisis de la situación en que se encuentra la entidad y el replanteamiento de su estrategia cuando se observe conveniente, todo ello permite una reestructuración de la actividad empresarial. Si esta reorganización se aplica correctamente, la revisión de la estrategia empresarial deriva en una mejora de la productividad de la plantilla y de la empresa en su conjunto. Esta forma de influencia afectaría y por ello se puede denominar productividad organizacional (Emakunde, 2012, p.7).

- Recurso humano

Es importante mencionar que existe una diferencia entre gestión de los recursos humanos y administración del personal. La administración del personal se refiere al conocimiento de los trámites administrativos; mientras que la gestión de los recursos humanos se centra en la creación de una fuerza de trabajo comprometida y altamente productiva para la empresa. (OIT, 2016, p. 21).

- Relaciones laborales

Conocer el clima organizacional y la satisfacción laboral es esencial para identificar posibles problemas o deficiencias y proponer soluciones.

Apuy (2018) afirma que las variables que se utilizan para el estudio del clima organizacional son: infraestructura, motivación y el recurso humano, asimismo, las condiciones de trabajo, las personas, relación laboral y sus expectativas, y la evaluación de la satisfacción de los colaboradores de una forma grupal e individual.

7.3. Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es una metodología que busca incrementar el valor y minimizar o eliminar el desperdicio. La misma fue desarrollada dentro de la empresa Toyota, a partir de la cual se ha difundido a nivel internacional. Innumerables son las empresas de producción que realizan procesos de implementación de la metodología Lean Manufacturing.

7.3.1. Origen

El Lean Manufacturing nace a partir de la cultura que adoptó la industria japonesa, que tenía como objetivo reducir el tiempo total, eliminando el desperdicio, es decir, todo lo que no agrega valor al proceso. (Progreesa, 2018).

El primer pensamiento Lean Manufacturing surge a finales del siglo XIX, por parte del fundador de Toyota, el japonés Sakichi Toyoda. El señor Toyoda introdujo en los telares un dispositivo que detectaba los problemas y alertaba a los empleados con una señal en el momento en que se rompía un hilo; esta máquina logró automatizar el trabajo; también agregó un elemento de capacidad de detección de error en máquina, Jidoka, una máquina con un toque humano. La producción se frenaba cuando un elemento era defectuoso, evitando así la producción de errores. El incremento de la productividad se dio debido a que con este cambio se logró que un solo operario controlara varias máquinas. (Liker, 2010, págs. 48-50).

Kiichiro Toyoda amplió la filosofía y apostó por crear un medio ideal de creación de valor, donde las personas, máquinas e instalaciones trabajan juntas para no generar desperdicios y añadir valor. Creó técnicas y metodologías para eliminar los desperdicios en las operaciones, tanto en procesos como en líneas, obteniendo como resultado el método Just-in-Time (JIT). (Progreesa. 2018. p. 1).

7.3.2. Definición

Para Bernardez (2018), la manufactura esbelta “es una metodología de mejora de performance en manufactura desarrollada por la empresa Toyota y sistematizada por Taiichi Ohno” (p.348).

Alarcón (2014) indica que Lean Manufacturing es un término amplio que se refiere al uso de las tecnologías de manufactura, basadas en la maximización del valor y en la minimización del desperdicio en los procesos de producción industrial.

Es una filosofía de administración de la operación de una compañía, es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de desperdicio. El Lean Manufacturing deduce que todo puede hacerse mejor; de tal manera que en una organización debe existir una búsqueda continua de oportunidades de mejora. (Ingenieriaindustrialonline. 2016). Con lo anteriormente expuesto se deduce que la manufactura esbelta es un sistema que tiene como objetivo reducir o eliminar los desperdicios de un proceso, para elevar el valor del producto e incrementar la productividad, mediante la mejora continua.

7.3.3. Valor y desperdicio

Dos aspectos muy importantes para la metodología Lean Manufacturing son el valor y el desperdicio. El valor es la actividad que transforma un producto y el desperdicio es cualquier elemento que consume tiempo y recursos y no agrega valor.

- Valor

Uno de los principios del Lean Manufacturing es la identificación del valor percibido por el cliente. El valor se refiere a las actividades de un proceso, donde el cliente está dispuesto a pagar por ello. Valor es la actividad que transforma un producto. Agregar valor puede aumentar el valor del producto o su precio. (Leanproduction. 2017. p. 1).

Por su parte, Galgano (2004) menciona que el valor está representado por las capacidades de satisfacer las exigencias del cliente con un determinado precio y en un cierto momento (p.19). Por lo tanto, valor es todo aquello que va a satisfacer las necesidades del consumidor final y por lo que está realmente dispuesto a pagar, y es proporcionado en el momento requerido.

- Desperdicio

FujioCho (Toyota) define el despilfarro como: “todo lo que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, pieza, espacio y tiempo del trabajador, que resulten absolutamente esenciales para añadir valor al producto”. (Ruiz, 2007, p.17). Por su parte, Guajardo (2003) afirma que “el desperdicio es cualquier elemento que consume tiempo y recursos, pero que no agrega valor al servicio” (p.84). Mientras que Carrera y Sánchez (2010) definen como desperdicio o despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto, y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar (p.2)

De lo antes mencionado, se deduce que el desperdicio es todo aquello que absorbe recurso adicional a la cantidad mínima necesaria para agregar valor al producto o servicio, por lo que el cliente realmente está dispuesto a pagar.

7.3.4. Los 7 desperdicios de Lean Manufacturing

Cuatrecuwasas (2010) establece que los 7 desperdicios de Lean Manufacturing son: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, sobre proceso, inventarios innecesarios, defectos y movimientos innecesarios.

- Sobreproducción

A la sobreproducción también se le denomina la madre de los desperdicios, debido que esta es la causa de la mayoría de los otros desperdicios. La sobreproducción consiste en producir más de lo demandado o requerido por el cliente, también es producir antes que sea necesario.

- Tiempo de espera

Se refiere al tiempo del proceso productivo en el que no se añade valor, es decir, cuando los operarios se detienen para esperar por material, información o que las máquinas terminen su ciclo. En términos productivos son los cuellos de botella, donde se genera la espera en el proceso productivo.

- Transporte

Este desperdicio contiene todo tipo de movimiento innecesario, tanto de materia prima como de productos. Si se hace referencia al transporte es importante tener en cuenta que cuesta dinero, mano de obra, equipos, además de incrementar el *lead time*.

- Sobre proceso

Es realizar actividades innecesarias para producir un artículo o proveer niveles de calidad más altos de lo que el cliente requiere; significa dedicar más tiempo o esfuerzo innecesario a una tarea.

- Inventarios innecesarios

Un inventario cuesta dinero, porque conduce a una serie de gastos que impactan negativamente a la compañía. Los gastos pueden ser financieros, de almacenaje, de mantenimiento, etc. Además de correr el riesgo que el producto se vuelva obsoleto.

- Defectos

Cualquier tipo de defecto o error no aporta valor al proceso, al contrario, esto incrementa el costo, debido a que se incurre en gastos adicionales para reprocesar el producto.

- Movimientos innecesarios

Son todos los movimientos que se pueden evitar, por ejemplo: búsqueda de materiales, búsqueda de herramientas, desplazamientos para traer o buscar cosas.

- Talento humano

Este último desperdicio se agregó después de los 7, y se refiere a no aprovechar ni utilizar la capacidad, creatividad, experiencia o inteligencia de la fuerza de trabajo.

7.4. Método SMED

La Metodología SMED, Single Minute Exchange of Dies según sus siglas en inglés, busca reducir los tiempos entre cambios para optimizar los recursos y reducir costos de operación.

7.4.1. Origen

Según Carrera y Sánchez (2010), la preparación rápida es una innovación aportada por los japoneses, en la organización científica del trabajo. Según su creador Shingo (1993), tiene sus orígenes en ciertos trabajos que le fueron encargados en la fábrica Toyo de Mazda en el año de 1950. La historia comienza cuando realizó un análisis de los cambios de molde en la empresa antes mencionada y su objetivo principal era eliminar cuellos de botella del proceso.

7.4.2. Definición

Galgano (2003) afirma que SMED “significa cambio de herramental en un solo dígito de minuto. Su fin es reducir el tiempo de preparación por debajo de 10 minutos” (p. 386). Del Vigo y Villanueva (2009) indican que “SMED es el acrónimo de Single Minute Exchange of Dies, que literalmente quiere decir cambio de una matriz en minutos de un solo dígito” (p.35). Mientras que para Salado (s.f.), SMED “es un conjunto de técnicas que hacen posible llevar a cabo cambios de modelo, de formato, de producción en tiempos reducidos” (p. 301).

Por lo anterior se puede concluir que SMED es una metodología que busca realizar cambios en un mínimo de tiempo, a través de reducir o eliminar los desperdicios, hasta lograr un tiempo de cambio de un dígito de minuto.

Es importante mencionar que el tiempo de cambio se refiere al tiempo transcurrido desde que sale la última pieza buena del lote A, hasta la primera pieza buena del lote B.

Figura 1. Representación gráfica del tiempo de cambio



Fuente: Cabrera, R. (2012). *Manual de Lean Manufacturing simplificado para PYMES*.

7.4.3. Características

Para implementar la metodología SMED es esencial formar un equipo de trabajo multidisciplinario, es decir, operadores que realizan los cambios, personal de mantenimiento, personal de mejora continua, gerencias, calidad, seguridad, entre otros.

Para captar las operaciones que se llevan a cabo en el cambio, se recomienda una filmación, tomando en cuenta las características del cambio como el número de trabajadores, duración del cambio, desplazamientos (LSSI, 2017).

7.4.4. Etapas

Shingo (1993) indica que las etapas del SMED son las siguientes:

- Etapa 0: preparación previa

La etapa de preparación está compuesta de dos partes:

- Investigar:

- Consiste en conocer la máquina, la operación, el producto, el layout (distribución de planta) y el proceso de preparación existente.
- Tener los datos históricos.
- Observar la preparación en sitio.

Los medios recomendados son:

- Cámara de video y tarjetas de memoria con amplia capacidad.
- *Layout* de planta.
- Calculadora.
- Lápiz.
- Papel.
- Sala de reunión con acceso para visualizar las grabaciones. (LSSI, 2017).

- Crear un equipo

Se fundamenta en la selección de los integrantes para integrar el equipo de trabajo, para brindarles la capacitación y formación que necesitan como base para la implementación de la metodología, y a su vez proporcionar los medios necesarios para su realización.

Según Progreesa (2018), para crear un equipo de alto desempeño se debe incluir:

- Personal con experiencia en la preparación
 - Personal con capacidad para hacer movimientos organizativos
 - Personal con capacidad para realizar modificaciones técnicas
- Etapa 1: analizar las actividades del proceso al que se le va a aplicar SMED

En esta etapa se realizan una serie de filmaciones de una forma detallada, donde se capturan a todas las personas que intervengan en el proceso de cambio. Para la grabación se considera que el inicio sucede cuando sale la última pieza del lote A, y el final se da cuando se fabrica la primera pieza con calidad del lote B.

El resultado de la revisión de las grabaciones junto con el equipo de trabajo será una lista con las actividades enumeradas con su respectivo tiempo, para obtener la duración total del cambio (LSSI, 2017).

Figura 2. **Representación gráfica del tiempo total de cambio**



Fuente: Lean Six Sigma Institute. (2017). *Certificación black belt*.

- Etapa 2: separar actividades internas de externas

Esta fase es vital para lograr un buen resultado en los cambios rápidos, debido a que es el principal factor susceptible de mejora; esto se debe a que

hay un alto porcentaje de actividades que usualmente se pueden realizar antes o después del proceso de cambio. Para realizar la clasificación es importante conocer los siguientes conceptos:

- Actividades internas: son actividades que pueden ser realizadas únicamente con la máquina detenida o cuando la producción se ha detenido.
- Actividades externas: corresponden a las actividades que se pueden realizar mientras la máquina está en proceso de producción.

Figura 3. **Representación gráfica de la separación de actividades internas de externas**

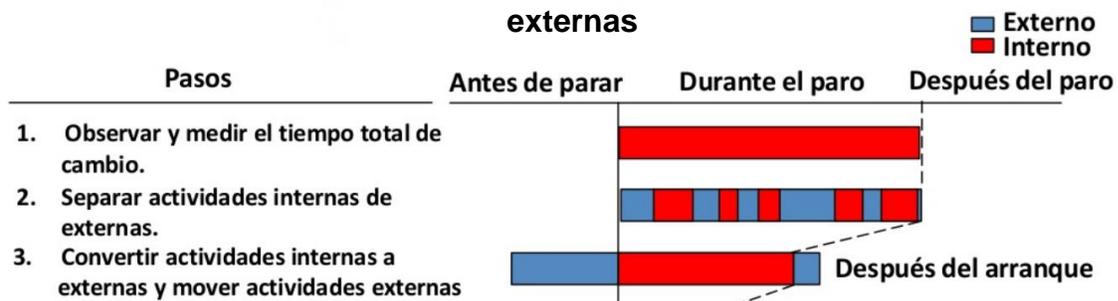


Fuente: Lean Six Sigma Institute. (2017). *Certificación black belt*.

- Etapa 3: convertir actividades internas a externas y mover actividades externas fuera del paro

Este paso corresponde al análisis de las actividades internas para identificar las acciones que necesariamente deben realizarse durante el paro, y el resto convertirlas en externas.

Figura 4. Representación gráfica de convertir actividades internas a



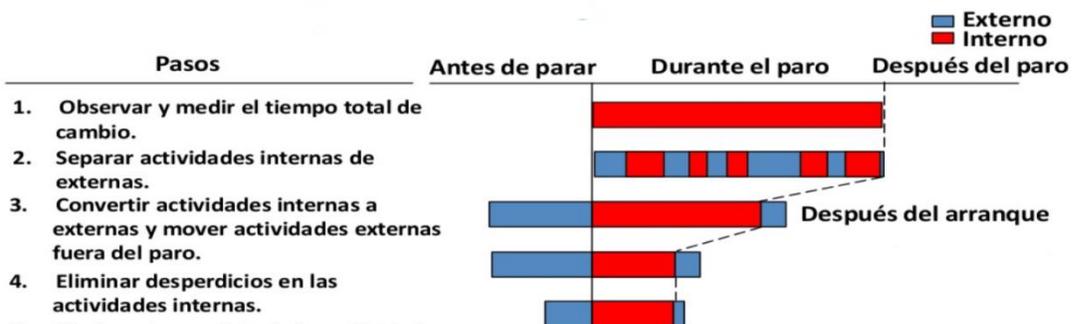
Fuente: Lean Six Sigma Institute. (2017). *Certificación black belt.*

- Etapa 4: eliminar desperdicio de las actividades internas

En esta etapa se generan propuestas para mejorar los tiempos de las actividades que se hacen durante el cambio, es decir durante el paro, debido a que se definen cuáles necesitan ser mejoradas, para ello hay que concretar un plan de acción, para así implementar con éxito la idea de mejora.

Consiste en eliminar o reducir cualquiera de los siete desperdicios como simplificar tareas, simplificar conexiones, utilizar controles visuales donde se necesite, entre otros.

Figura 5. Representación gráfica de eliminar desperdicios en las actividades internas

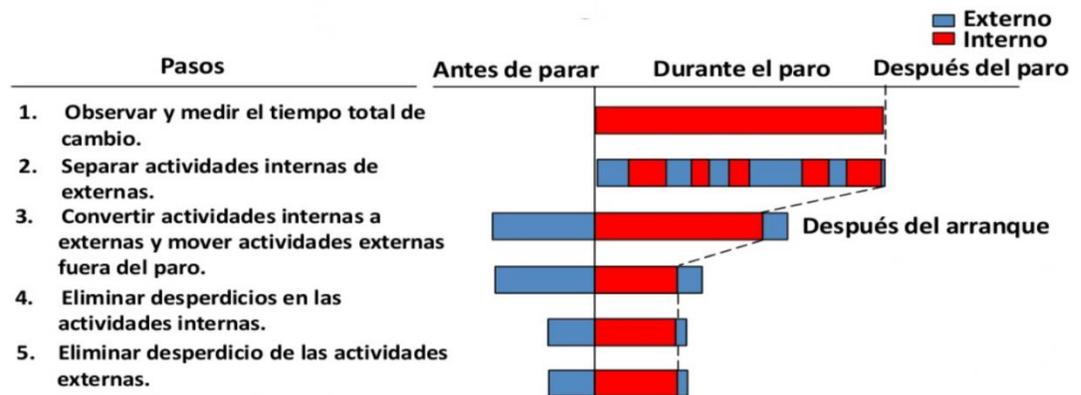


Fuente: Lean Six Sigma Institute. (2017). *Certificación black belt.*

- Etapa 5: eliminar desperdicio de las actividades externas

Estudiar cada una de las actividades que se realizan fuera del proceso de cambio, reducir o eliminar los desperdicios. El resultado de esta etapa es una lista de aprobación que garantiza los elementos requeridos para preparar el equipo disponible con el correcto funcionamiento para la operación siguiente.

Figura 6. **Representación gráfica de eliminar desperdicios de las actividades externas**

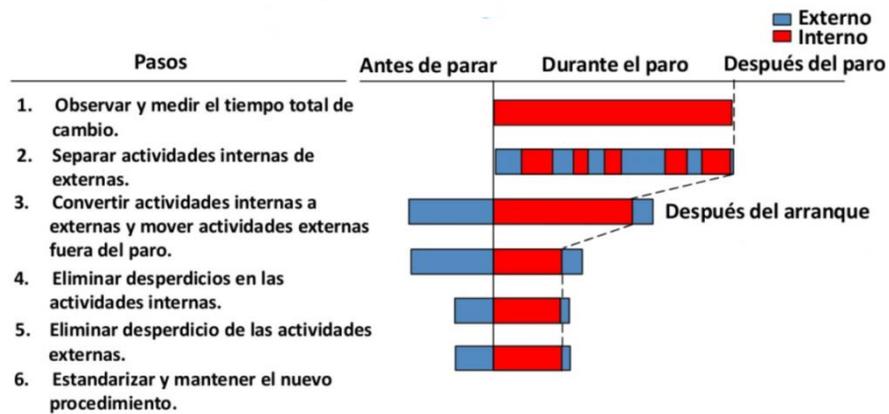


Fuente: Lean Six Sigma Institute. (2017). *Certificación black belt*.

- Etapa 6: estandarizar y sostener el nuevo procedimiento

Una vez terminado el nuevo procedimiento de cambio, se debe informar y entrenar a los involucrados, también debe colocarse una copia del procedimiento, principalmente en los lugares de trabajo. Se deben establecer metas, los tiempos tienen que medirse y publicar en un tablero de forma visual.

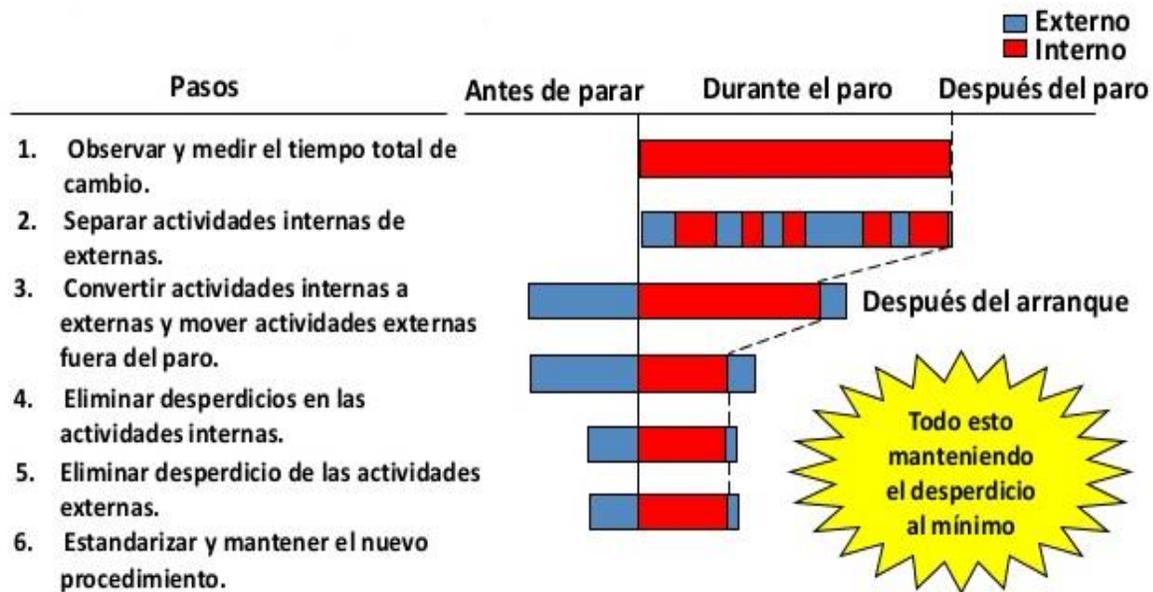
Figura 7. **Representación gráfica de estandarizar y mantener el nuevo procedimiento**



Fuente: Lean Six Sigma Institute. (2017). *Certificación black belt.*

La representación gráfica de todas las etapas asociadas con la metodología se muestra en la siguiente figura:

Figura 8. **Representación gráfica de las etapas del SMED**



Fuente: Lean Six Sigma Institute. (2017). *Certificación black belt.*

7.4.5. Beneficios

Entre los beneficios que se pueden obtener al implementar la metodología SMED es posible listar:

- Mayor flexibilidad
- Rapidez en la entrega del producto
- Reducir el desperdicio
- Aumentar la capacidad
- Incrementar el número de cambios
- Más variedad
- Reducir tiempo de entrega
- Aumentar la respuesta al cliente
- Minimizar el tiempo muerto (LSSI, 2017)

7.4.6. Consejos para la implementación de un nuevo proceso

Edgett y Jones (s.f.) enumeran 10 consejos para implementar con éxito un proceso de innovación.

- Tener un proceso bien diseñado y creíble: es importante mencionar que este es la base y el punto de partida del proyecto; para garantizar se hace un cimiento fuerte, se debe contar con un equipo multidisciplinario y un líder que tenga clara las debilidades y fortalezas del proceso que va a estudiar. (Edgett y Jones, (s.f.), p.1).
- Entregar un liderazgo visible y significativo: esto equivale a que los líderes deben predicar con el ejemplo. Además, los ejecutivos deben estar completamente comprometidos e involucrados en el proceso.

- Asegurarse de tener recursos suficientes y apropiados: este consejo se resume en no arriesgar la implementación del nuevo proceso, haciéndolo barato, la asignación de recursos debe ser acorde a las necesidades.
- Crear roles y responsabilidades definidas. Edgett y Jones (s.f.) afirman que, mientras los integrantes estén claros con sus roles y responsabilidades, esto facilita que la gente contribuya.
- Tener un enfoque estratégico de implementación: el enfoque debe ajustarse de acuerdo con la capacidad del equipo, lo recomendable es colocar pequeñas metas, pero alcanzables.
- Ser efectivo con la comunicación y mercadeo: es importante mencionar que la comunicación es un punto clave, debido a que de ella depende convencer al resto del equipo para participar en la nueva iniciativa; para que se cumpla debe ser clara, concisa y constante.
- Seguir el desempeño: se debe encontrar la forma de mostrar los resultados y que permanezcan en un espacio donde todos tengan acceso a la información, esto ayudará a que todos conozcan el proceso, y debe recordarse que lo que no se mide no se hace (Edgett y Jones, (s.f.), p.4).
- Nombrar un patrocinador ejecutivo: el rol del patrocinador es ser el líder que inspira al equipo a contribuir y participar en el plan del cambio; sin embargo, debe ser la persona capaz de llamar la atención a cualquier integrante del equipo por comportamientos inapropiados.

- Entender el impacto en la cultura de su empresa: Edgett y Jones (s.f.) manifiestan que hay que comprender la cultura de la empresa y conocer los retos que implica. Este ejercicio se puede realizar haciendo preguntas sobre la situación y logros de la empresa.
- Buscar una gestión efectiva del cambio: en este punto se resalta que el ser humano tiende a aceptar el cambio si entiende por qué es necesario. Se debe reconocer a las personas que lo merecen, quiénes se han comprometido con el nuevo proceso y, sobre todo, deben estar preparados para la mejora continua.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	
LISTA DE SÍMBOLOS.....	
GLOSARIO.....	
RESUMEN.....	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS.....	
OBJETIVOS.....	
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	
INTRODUCCIÓN.....	

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Plásticos agroindustriales

1.1.1 Algunos tipos de plásticos

1.2 Productividad

1.2.1 Tipos de productividad

1.2.2 Indicadores asociados a la productividad

1.2.3 Limitantes de la productividad

1.2.4 Factores que influyen en la productividad

1.3 Lean Manufacturing

1.3.1 Origen

1.3.2 Definición

1.3.3 Valor y desperdicio

1.3.4 Los 7 desperdicios de Lean Manufacturing

1.4 Método SMED

1.4.1 Origen

1.4.2 Definición

1.4.3 Características

1.4.4 Etapas

1.4.5 Beneficios

1.4.6 Consejos para la implementación de un nuevo proceso

2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APÉNDICE

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

La metodología de la investigación se plantea con un enfoque mixto, es decir, cualitativo y cuantitativo. Cualitativo porque se proyectará la utilización de elementos que involucrarán la evaluación de cualidades, y cuantitativo porque se verán y analizarán datos numéricos que permitirán mejorar la eficiencia del proceso.

El diseño es no experimental, debido a que las variables existentes para analizar las consecuencias de mejora del proceso no sufrirán modificación alguna. Y será del tipo transaccional en virtud de que la recolección de los datos para su análisis se realizará en una sola ocasión.

Se obtendrá un alcance descriptivo porque se recolectarán datos y se analizará información con la finalidad de describir el tema a investigar.

- Variables e indicadores

El presente trabajo de investigación tendrá dos tipos principales de variables, las cuales serán importantes para determinar los resultados de la investigación.

- Variables dependientes:
 - Actividades involucradas en el cambio de orden de producción
 - Tiempo de cambio de orden
 - Tiempo promedio de cambio

- Variable independiente:
 - Etapas de la metodología

Tabla I. **Operativización de variables**

OBJETIVO	VARIABLE	TIPOS DE VARIABLES	INDICADOR	TÉCNICAS	PLAN DE TABULACIÓN
Determinar las actividades involucradas en el proceso de cambio de orden de producción.	Actividades involucradas	Cuantitativa, discreta, dependiente	No. de actividades	Observación directa. Cronómetro. Grabación en video.	Observación directa. Diagramas.
Aplicar las etapas de la metodología SMED para reducir el tiempo de cambio en el proceso de producción.	Etapas de la metodología SMED	Cuantitativa, continua, independiente	Tiempo total de cambio	Diagrama de proceso	Organización y tabulación de datos
Evaluar los beneficios que provee la aplicación de la metodología SMED.	Tiempo por cambio de orden y órdenes realizadas.	Cuantitativa, continua	Tiempo promedio de cambio de orden. Cantidad de órdenes por mes	Gráficos. Promedios.	Tabulación de datos. Diagramas.

Fuente: elaboración propia, usando Microsoft Excel.

9.1. Fases

A continuación, se describen las actividades por cada una de las fases.

9.1.1. Fase 1: revisión documental

En esta fase se revisará toda la documentación recopilada de libros, revistas, artículos científicos, tesis, fichas bibliográficas y toda información relacionada al tema de investigación.

9.1.2. Fase 2: desarrollo de la investigación

En esta fase se va a realizar un análisis de cada una de todas las actividades involucradas en el proceso de cambio, incluyendo a los que ejecutan cada actividad y sus respectivos tiempos directos e indirectos.

9.1.3. Fase 3: presentación de resultados

La presentación de resultados está comprendida por la identificación de las actividades internas y externas; para determinar qué actividades están afectando el tiempo de paro de la máquina.

9.1.4. Fase 4: análisis de resultados

Para el análisis se plantea lo siguiente:

- Observar y medir el tiempo total de cambio
- Separar actividades internas de externas
- Convertir actividades internas a externas
- Eliminar desperdicios en las actividades internas
- Eliminar desperdicios en las actividades externas
- Estandarizar el nuevo procedimiento

9.2. Población y muestra

Para la población se optará por tres meses de cambios, se realizará un muestreo del total de cambios realizados en una máquina en los últimos 3 meses, tomando en cuenta que el total de cambios al mes es de 50.

Para determinar la muestra se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Nv^2z^2}{(N-1)e^2 + v^2z^2}$$

Donde:

N = tamaño de la muestra

v = desviación estándar de la población con un valor constante de 0.5

Z = valor obtenido mediante niveles de confianza. Se toma en relación con el 95% de confianza que es igual a 1.96.

e = límite aceptable de error, en este caso, se tomará igual a 0.05.

$$N = \frac{(50) (0.5^2) (1.96^2)}{(50-1) (0.05^2) + (0.5^2) (1.96^2)} = 44.34$$

Para realizar el estudio se debe realizar aproximadamente un total de 44 muestras, considerando que el número de cambios en el mes es de 50 en promedio, la cantidad de días que tomará realizar el muestreo es de 30.

9.3. Resultados esperados

Con el presente trabajo de investigación se proyecta desarrollar una propuesta de mejora de los tiempos de cambio en el departamento de etiquetas de una empresa de producción de plásticos agroindustriales, a través de un procedimiento eficiente para el incremento de la productividad, reduciendo los tiempos muertos

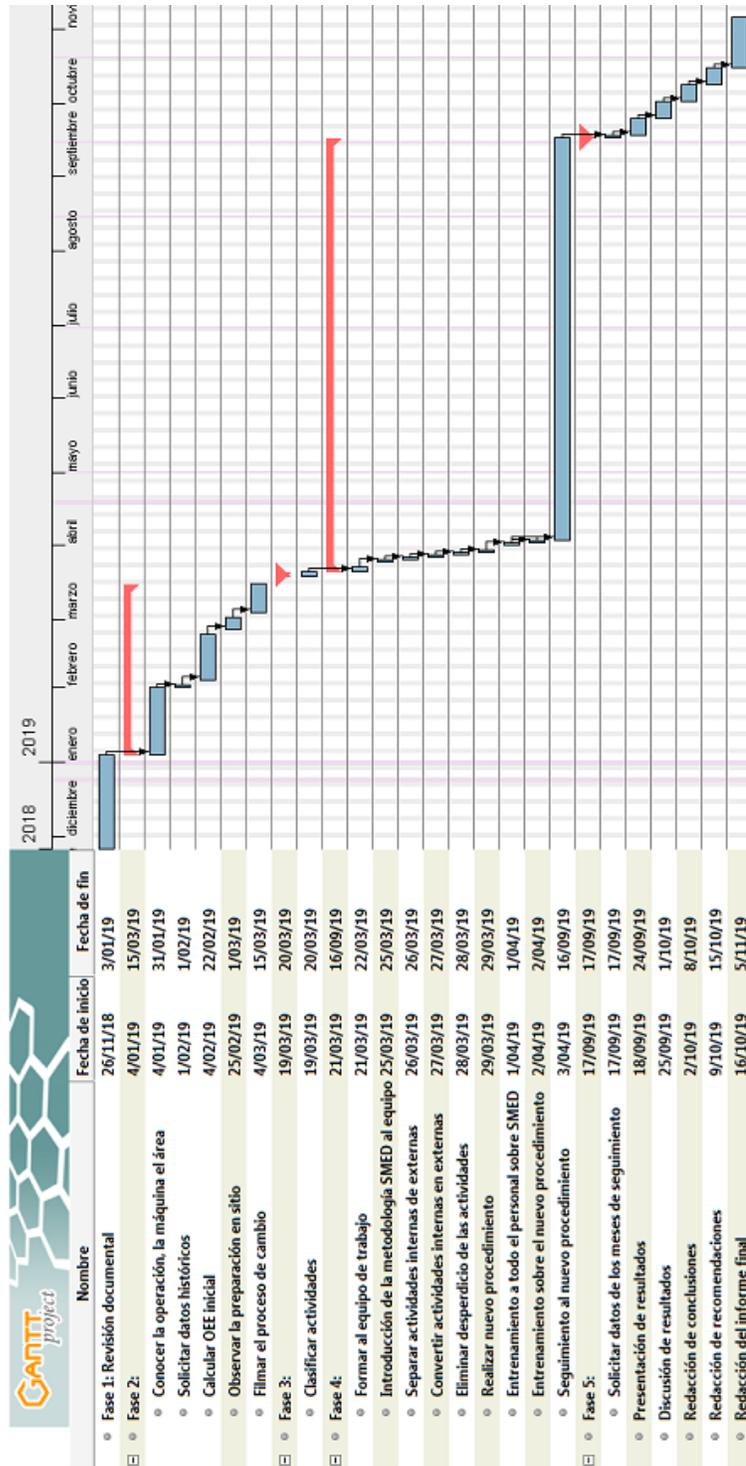
10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Durante el desarrollo de la investigación, para la recolección de información se utilizarán técnicas directas tales como la observación directa, (anexo I), grabación de video de los procesos de cambio para obtener los datos del proceso existente y entrevista (anexo II). Asimismo, se realizará el análisis de los tiempos de cambio históricos.

El análisis de la información será utilizado durante el proceso para obtener el procedimiento de cambio eficiente. También se recopilará, organizará, presentará, analizará e interpretará datos. Para ello se utilizarán las siguientes herramientas de estadística descriptiva:

- Organización de datos
- Clasificación de actividades
- Tablas
- Gráficas
- Diagramas
- Histogramas

11. CRONOGRAMA



Fuente: elaboración propia, usando Microsoft Project.

12. FACTIBILIDAD DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se considera factible en virtud de que se cuenta con los recursos necesarios para su realización y se prevé viable cumplir con los objetivos definidos. Los recursos físicos y materiales que se emplearán para la investigación son los siguientes:

Tabla II. **Estudio de factibilidad**

	Cantidad	Concepto	Precio unitario	Subtotal	Total
Recurso humano	1	Investigador	Q5,000.00	Q5,000.00	Q7,500.00
	1	Asesor	Q2,500.00	Q2,500.00	
Recursos físicos	1	Oficina	Q -	Q -	Q -
	1	Escritorio	Q -	Q -	
	1	Silla	Q -	Q -	
Recursos tecnológicos	1	Computadora	Q -	Q -	Q1,600.00
	1	Impresora	Q -	Q -	
	4	Tóner para impresora	Q400.00	Q1,600.00	
	1	Cámara	Q -	Q -	
Materiales e insumos	1	Resma de papel	Q40.00	Q40.00	Q49.00
	3	Bolígrafos	Q3.00	Q9.00	
Total					Q9,149.00

Fuente: elaboración propia, usando Microsoft Excel.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ahumada, L. (s.f.) *Modelo de calidad, productividad, rentabilidad, competitividad*. Recuperado de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/9254/capitulo2.pdf>.
2. Akers, P. (2012). *2 Second Lean. Cómo hacer crecer a las personas y construir una cultura lean*. Estados Unidos: Fastcap.
3. Alarcón, F. (2014). *Implementación de OEE y SMED como herramienta de Lean Manufacturing en una empresa del sector plástico*. (Tesis de grado) Universidad de Guayaquil, Ecuador.
4. Aldabe, S; Aramendia, P. (2004). *Química 2. Química en acción*. Buenos Aires: Colihue.
5. Arboleda, J; Rubiano, F. (2017). *Modelo propuesto para la Implementación de la metodología SMED en una empresa de alimentos de Santiago de Cali*. Revista de Investigación. Colombia: Fundación Universidad de América.
6. Bernárdez, M. (2009). *Desempeño humano. Manual de consultoría*. Estados Unidos: AuthorHouse.
7. Bohorquez, A.; Tovar, L. (2008). *Propuesta de mejoramiento al proceso de capacitación implementado por el área de gestión humana de*

Almacénar, S.A. para todos sus colaboradores. Colombia:
Universidad de la Salle.

8. Cabrera, R. (2012). *Manual de Lean Manufacturing: simplificado para PYMES.* España: Academica Española.
9. Carreras, M. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad.* Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
10. Carro, R; González, B. (2012). *Productividad y competitividad.* Colombia: Universidad Nacional de Mar de Plata.
11. Cerón, D; Ruiz, S.; Prasha, S. (2010). *Aplicaciones de nuevos complejos metaloceno en polimerización de olefinas.* Madrid, España: Dykinson.
12. Cuatrecasas, Luis. (2010). *Lean Management.* Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
13. Fernández, M; Sánchez, J. (1997). *Eficacia organizacional: concepto, desarrollo y evaluación.* Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
14. Galcano, A. (2003). *Las tres revoluciones: caza del desperdicio, doblar la productividad con la lean production.* Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.

15. García, A; Gisbert, V. (2015). *Estudio de la implantación de la mejora continua en Pymes*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5280574.pdf>.
16. González, E; Henar, L. (2012). *Factores que inciden en la productividad y relación con la igualdad*. Recuperado de http://www.emakunde.euskadi.eus/contenidos/informacion/formacion_trabajo/es_def/adjuntos/2012.05.07.texto-completo-CEET.pdf.
17. Goyal, Megh. (2015). *Sustainable practices in surface and subsurface micro irrigation*. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=rdx6vwEACAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
18. Guajardo, E. (2012). *Administración de la calidad total*. México: Editorial Pax.
19. Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
20. Hernández, R. (2014). *Reducción de tiempo de cambio de molde en máquina inyectora de moldeo de 3500 toneladas, en una planta fabricadora de interiores automotrices*. (Tesis de grado). Universidad de Sonora, México.
21. Inegi. (s.f.). *Metodología de cálculo de indicadores de productividad laboral en la industria manufacturera*. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/bibliografia/7AC06BCF.pdf>.

22. Ingeniería Industrial. (2016). *Lean Manufacturing*. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/>.
23. IProfesional. (2008). *Cómo mejorar la comunicación en las empresas*. Recuperado de <https://www.iprofesional.com/management/60588-como-mejorar-la-comunicacion-en-las-empresas>.
24. Jiménez, F; Espinoza, C. (2007). *Costos industriales*. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=jRdhIWgPe60C&pg=PA529&dq=productividad+definicion&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwj26428ss3gAhWONd8KHeNcDzQQ6AEIMTAC#v=onepage&q=productividad%20definicion&f=false>.
25. Jones, D.; Womack, J. (2012). *Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. España: Grupo Planeta Spain.
26. Jubedi. (s.f.). *Polietileno baja densidad*. Recuperado de https://www.google.com.gt/search?q=JUBEDI%2C+S.L.+%E2%80%A2+Barrio+Ba%C3%B1ales&rlz=1C1AVSX_enGT726GT726&oq=JUBEDI%2C+S.L.+%E2%80%A2+Barrio+Ba%C3%B1ales&aqs=chrome..69i57.141j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8.
27. Krugman, P; Wells, R.; Olney, M. (2015). *Fundamentos de economía*. España: Reverté.

28. Liker, K; Cuatrecasas, L. (2011). *Toyota: Cómo el fabricante más grande del mundo alcanzó el éxito*. México: Grupo Editorial Norma.
29. Martí, M. (2018). *¿Buscas un aumento de productividad? Aplica el SMED en 3 pasos*. Recuperado de <https://www.leansisproductividad.com/buscas-un-aumento-de-productividad-aplica-el-smed-en-3-pasos/>.
30. Martínez, M.; Cardozo, F. (2014). *Productividad, innovación y uso de tecnologías de información y las comunicaciones (tic) como factores de desarrollo de la micro, pequeña y mediana empresa (mipyme) en Bogotá*. (Tesis de grado). Universidad del Rosario, Colombia.
31. Miranda, J; Toirac, L. (2010). *Indicadores de productividad para la industria dominicana*. República Dominicana: Ciencia y sociedad.
32. Mukherjee, P.N. (2006). *Total quality management*. India: Prentice Hall India Learning Private Limited.
33. Nieto, J. (2010). *Instalaciones de fontanería: teoría y orientación práctica*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
34. Olavarrieta, J. (1999). *Conceptos generales de productividad, sistemas, normalización y competitividad para la pequeña y mediana empresa*. México: Universidad Iberoamericana.

35. Progressa. (2018). *Origen y evolución de Lean Manufacturing*. Recuperado de <http://www.progressalean.com/origen-y-evolucion-del-lean-manufacturing/>.
36. Quiminet. (2006). *Todo acerca del polipropileno*. Recuperado de <https://www.quiminet.com/articulos/todo-acerca-del-polipropileno-4455.htm>.
37. Ramos, P. (2003). *Residuos: alternativas de gestión*. España: Universidad de Salamanca.
38. Rodríguez, C. (1999). *El nuevo escenario: la cultura de calidad y productividad en las empresas*. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=IAcY7k6GKbUC&printsec=frontcover&dq=productividad&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiW56jzsM3gAhUkmuAKHe1ICBkQ6AEILTAB#v=onepage&q=productividad&f=false>.
39. Rouco, A; Martínez, A. (1997). *Economía agraria, I*. España: Ediciones de la Universidad de Murcia.
40. Salado, A. (2015). *Control de la producción en fabricación mecánica*. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=AIJXDwAAQBAJ&pg=PA31&dq=qu%C3%A9+es+SMED&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjCiePQs83gAhVHnOAKHRZiCWEQ6AEILTAB#v=onepage&q=qu%C3%A9%20es%20&f=false>.

41. Shingo, S. (1993). Una revolución en la producción. El Sistema SMED. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción.
42. Tapia, D.; Barrientos, E.; Solar, C. (2014). *Contabilidad de gestión para el sector portuario marítimo y fluvial*. Bogotá: Eco Ediciones.

14. APÉNDICE

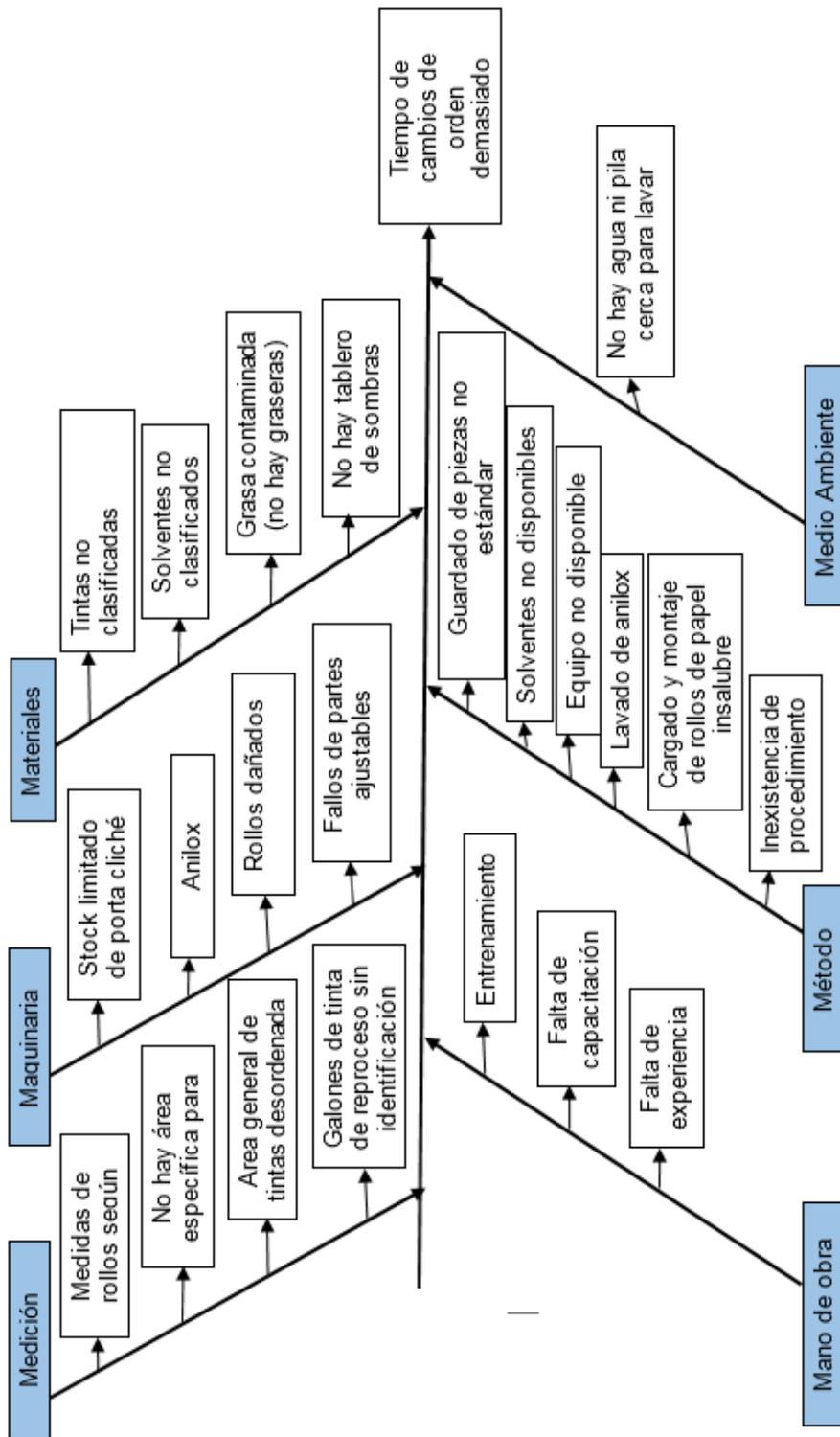
Apéndice 1. Entrevista

Guía de entrevista:

1. ¿Qué opina del proceso de cambio que se está llevando a cabo?
2. ¿Conoce usted quiénes participan en este proceso de cambio?
3. ¿Conoce usted qué tareas le corresponden?
4. ¿Qué ventajas considera usted que se obtendrían si se implementa un nuevo procedimiento?
5. ¿Qué impacto considera usted que se lograría al mejorar el proceso existente?

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 2. Diagrama de causa-efecto



Fuente: elaboración propia, usando Microsoft Excel.

Apéndice 3. Matriz de coherencia

TÍTULO	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO	TIPOS DE VARIABLES	TÉCNICAS	METODOLOGÍA
<p>Diseño de investigación: Aplicación de la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die) para mejorar la productividad del área de impresión del departamento de etiquetas en una industria de plásticos agroindustriales.</p>	<p>Pregunta central ¿Qué metodología aplicar para mejorar la productividad del área de impresión del departamento de etiquetas?</p>	<p>Aplicar la metodología SMED para mejorar la productividad del área de impresión del departamento de etiquetas.</p>			
	<p>Preguntas de investigación 1. ¿Qué actividades involucra el proceso de cambio de orden de producción?</p>	<p>1. Determinar las actividades involucradas en el proceso de cambio de orden de producción.</p>	<p>Cuantitativa, continua, dependiente</p>	<p>Observación directa. Cronómetro. Grabación en video.</p>	<p>Enfoque mixto. Diseño no experimental. Tipo transaccional</p>
	<p>2. ¿Cómo reducir el tiempo de cambio en el proceso de producción?</p>	<p>2. Aplicar las etapas de la metodología SMED para reducir el tiempo de cambio en el proceso de producción.</p>	<p>Cuantitativa, continua, independiente</p>	<p>Observación directa. Toma de tiempo Diagramas Gráficos</p>	
	<p>3. ¿Qué beneficios proporciona la aplicación de la metodología SMED?</p>	<p>3. Evaluar los beneficios que provee la aplicación de la metodología SMED.</p>	<p>Cuantitativa, continua.</p>	<p>Gráficos</p>	

Fuente: elaboración propia, usando Microsoft Excel.

