



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL DESARROLLO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
UTILIZANDO MANUFACTURA ESBELTA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE
MANUFACTURA EN EL ENVASADO DE INSECTICIDAS LÍQUIDOS SC´S**

Fausto Isaac Orozco Juárez

Asesorado por el Msc. Ing. Néstor Alejandro Patzán Chitay

Guatemala, junio de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL DESARROLLO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
UTILIZANDO MANUFACTURA ESBELTA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE
MANUFACTURA EN EL ENVASADO DE INSECTICIDAS LÍQUIDOS SC'S**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

FAUSTO ISAAC OROZCO JUÁREZ

ASESORADO POR EL MSC. ING. NÉSTOR ALEJANDRO PATZÁN CHITAY

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JUNIO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

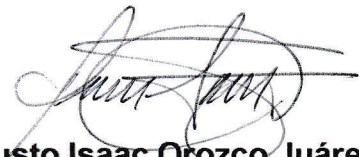
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
EXAMINADORA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL DESARROLLO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
UTILIZANDO MANUFACTURA ESBELTA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE
MANUFACTURA EN EL ENVASADO DE INSECTICIDAS LÍQUIDOS SC'S**

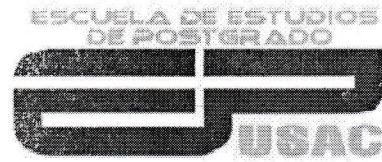
Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 17 de septiembre de 2013.



Fausto Isaac Orozco Juárez



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / 2418-8000 Ext. 86226

AGS-MGIPP-0017-2014

Guatemala, 23 de abril de 2014.

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Industrial
Presente.

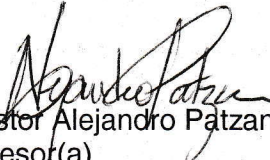
Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Fausto Isaac Orozco Juárez** carné número **2003-12588**, quien optó la modalidad del **“PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO”**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Gestión Industrial**.

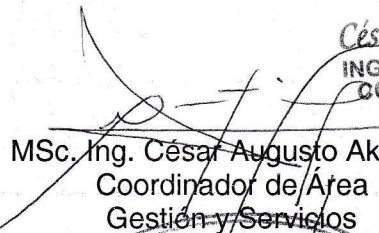
Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente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

Sin otro particular, atentamente,

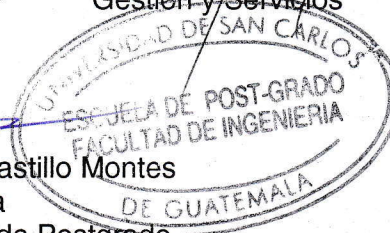
“Id y enseñad a todos”


MSc. Ing. Nestor Alejandro Patzan Chitay
Asesor(a)

NESTOR ALEJANDRO PATZAN CHITAY
INGENIERO M. I. INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 9,806


César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073
MSc. Ing. César Augusto Akú Castillo
Coordinador de Área
Gestión y Servicios


Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo
/la



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.097.014

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 DEL DESARROLLO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN UTILIZANDO MANUFACTURA ESBELTA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE MANUFACTURA EN EL ENVASADO DE INSECTICIDAS LÍQUIDOS SC'S**, presentado por el estudiante universitario **Fausto Isaac Orozco Juárez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, junio de 2014.

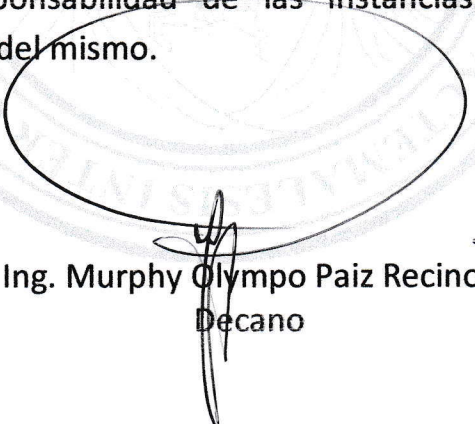
/mgp



DTG. 292.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL DESARROLLO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN UTILIZANDO MANUFACTURA ESBELTA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE MANUFACTURA EN EL ENVASADO DE INSECTICIDAS LÍQUIDOS SC'S**, presentado por el estudiante universitario **Fausto Isaac Orozco Juárez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 20 de junio de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Mi Padre Celestial

Por brindarme siempre la sabiduría necesaria y la fuerza para permanecer de pie ante las dificultades encontradas en este camino de la vida y brindarme una familia que siempre ha estado conmigo.

Mis padres

Fausto Orozco y Dora Juárez, por su amor, sacrificio y apoyo para asegurar que nunca me hiciera falta nada, por recordarme que puedo alcanzar mis metas y por sus fervientes y constantes oraciones. Este triunfo es de ustedes, porque por su ejemplo y enseñanzas nunca me di por vencido y supe que este día llegaría. Los amo.

Mis hermanas

Claudia y Gabriela Orozco, por darme palabras de aliento y apoyo incondicional en todo momento y enseñarme a través de su ejemplo y hacerme entender que todo llega a su debido tiempo.

Mi tía

Adelfa Juárez, por asegurarme un segundo hogar a su lado y todos sus sacrificios que fueron una fuente para que alcanzara esta meta.

Mis abuelos

Por enseñar a mis padres la importancia del trabajo y lograr que eso me fuera transmitido y con ello poner en alto el nombre de la familia.

Mi cuñado

Daniel Matheu, por no dejarme solo en el camino y manifestarme siempre su apoyo sincero e incondicional.

Mis sobrinos

Para que con el tiempo sepan que por más difíciles que parezcan las metas, si se buscan de corazón, no hay nada que evite alcanzarlas.

Mis amigas

Angélica Pirir, Lorena Menéndez y Claudia Rodríguez por su apoyo incondicional y paciencia en momentos claves de la carrera, pues de no haberlas Dios en mí camino y recibir su ayuda no estaría celebrando aún este triunfo.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por la formación académica que me proporcionó y con ella el conocimiento necesario para desenvolverme en el ámbito laboral.

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

Por motivarme a buscar un nivel académico más alto.

Bayer, S. A.

Por abrirme las puertas y permitirme iniciar mi desarrollo profesional.

Ing. Estuardo Sazo

Por ver y creer en mi potencial y darme una oportunidad para desarrollar mis habilidades y destrezas en el campo laboral.

Mi asesor

Msc. Ing. Néstor Patzán, por toda su comprensión y apoyo pues ha sido un pilar muy importante para que esta meta se convierta en una realidad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. ANTECEDENTES	01
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	05
3. JUSTIFICACIÓN	09
4. OBJETIVOS	13
5. ALCANCES	15
6. NECESIDADES A CUBRIR	17
7. HIPÓTESIS	19
8. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	21
8.1. Términos y conceptos	21
8.1.1. Insecticida	21
8.1.2. Muda	21
8.1.3. Cambio de formato	22

8.2.	Metodología <i>Lean Manufacturing</i>	22
8.2.1.	Beneficios de la aplicación de <i>Lean Manufacturing</i>	23
8.2.2.	Los 7 tipos de desperdicios presentes en las empresas con base en <i>Lean Manufacturing</i>	24
8.2.3.	Herramientas comúnmente utilizadas en <i>Lean Manufacturing</i>	28
8.2.3.1.	5´S	28
8.2.3.2.	SMED	32
	8.2.3.2.1. Etapas conceptuales de SMED	34
8.2.4.	Otras herramientas	37
9.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	45
10.	METODOLOGÍA	47
10.1.	Tipo de estudio	47
10.2.	Diseño de la investigación	47
10.3.	Variables e indicadores	48
10.4.	Metodología	49
10.4.1.	Fase I: diagnóstico.....	49
10.4.2.	Fase II: análisis de la información	49
10.4.3.	Fase III: propuesta de mejora.....	50
11.	PLAN DE MUESTREO	51
11.1.	Población objetivo.....	51
11.2.	Unidades de prueba	51

12.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	53
13.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	55
14.	RECURSOS FÍSICOS Y FINANCIEROS.....	57
15.	BIBLIOGRAFÍA	59
16.	ANEXOS	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Cronograma de actividades	55
----	---------------------------------	----

TABLAS

I.	Therbligs efectivos	39
II.	Therbligs inefectivos	41
III.	Propuesta de inversión	58

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ml	Mililitros
%	Porcentaje
Q	Quetzales

GLOSARIO

Cambio de formato	Es el conjunto de operaciones que se desarrollan desde que se detiene la máquina para proceder al cambio de lote hasta que la máquina empieza a fabricar la primera unidad del siguiente producto en las condiciones especificadas de tiempo y calidad.
<i>Lean Manufacturing</i>	Es un modelo de gestión enfocado a la creación de flujo para poder entregar el máximo valor para los clientes, utilizando para ello los mínimos recursos necesarios, es decir ajustados.
Muda	Es una actividad que consume recursos sin crear valor para el cliente.
SMED	Es el acrónimo de Single Minute Exchange of Die: cambio de herramienta en un solo dígito de minutos.
<i>Therblings</i>	Movimientos físicos elementales que se requieren para completar cualquier tarea labora, son principalmente usados en el estudio de la productividad motriz del operador en su estación de trabajo.
Tiempo estándar	Es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo.

RESUMEN

En la actualidad, la mayoría de industrias, sea cual sea la actividad comercial a la que se dediquen, requieren que sus procesos sean eficientes para poder cumplir con la demanda. Esto se logra evaluando las actividades que están inmersas en los procesos productivos, con el fin de determinar cuáles son las que no agregan valor al proceso y eliminarlas o sustituirlas por aquellas que lo hagan más eficiente.

En el presente trabajo básicamente se enfoca en hacer un estudio de las actividades de limpieza y cambio de formato, que componen el proceso de manufactura de una línea de envasado de insecticidas líquidos de una planta de agroquímicos, con el fin de definir un tiempo estándar para la ejecución de las mismas.

Se inicia con la recolección de información que detalle claramente cada una de las subactividades de la limpieza y cambio de formato de la línea, así como el tiempo que cada una tiene asignado para su ejecución.

Posteriormente se analizará la información recabada con el fin de determinar qué actividades no están agregando valor al proceso y buscar una forma de acomodarlas en este o eliminarlas de ser necesario. Esto se hará a través del uso de diagramas de proceso, estudio de tiempos y movimientos y especialmente la metodología SMED que lo que busca es reducir el uso de recursos, en este caso, el tiempo para desarrollar las actividades de limpieza y cambio de formato.

Después de haber evaluado la información, se presentará una propuesta que describa un tiempo estándar de trabajo, es decir, un ordenamiento de las actividades y el tiempo necesario para que estas se cumplan y de esta forma, optimizar no solo el tiempo, sino el proceso de manufactura como tal.

INTRODUCCIÓN

Las mejoras en los procesos de producción han sido evaluadas desde hace mucho tiempo atrás, pues existen demasiados sectores industriales con diferentes actividades que con el pasar del tiempo van siendo modificadas y deben al mismo tiempo ser evaluadas para identificar la manera en que estas pueden proporcionar más flexibilidad al proceso productivo.

En el caso del área de producción de envasado de insecticidas líquidos de una planta de producción de agroquímicos, existen procesos como el cambio de formato y limpieza de la máquina, que han ido cambiando con el tiempo y esos cambios han hecho que los tiempos para realizarlos hayan ido en aumento, produciendo así retrasos molestos en el proceso productivo.

La metodología que se plantea se basa en el modelo de gestión de *Lean Manufacturing* o manufactura esbelta, que es un modelo de gestión para reducir el uso de recursos en los procesos productivos, en este caso el tiempo como recurso vital para el cumplimiento de la demanda.

A través del método SMED se pretende recabar la información que identifique todas las actividades de limpieza y cambio de formato, así también como el uso de diagramas de procesos y el estudio de tiempos y movimientos para recolectar toda la información necesaria que describa el proceso actual.

Posteriormente, con el análisis de la información recabada se busca presentar una propuesta que elimine o reduzca el tiempo de actividades innecesarias en el proceso para optimizarlo y definir un tiempo estándar para tales actividades.

La viabilidad del estudio se hace posible a través de la misma empresa, pues con las mejoras que se obtengan en el proceso se optimizaría no solo el tiempo, sino también representaría ahorros en el factor económico, pues evitaría el pago de horarios extraordinarios de trabajo y la demanda se cumpliría en tiempo, por lo que los recursos necesarios para el estudio serán financiados por la empresa.

La investigación se documentará en el informe final como sigue: en el capítulo uno se presentará un diagnóstico de la empresa que incluirá diagramas de proceso, estudios de tiempos y movimientos, encuestas, etc., para conocer todas las actividades del proceso de envasado de insecticidas líquidos.

En el capítulo dos se hará un análisis de la información recabada en el capítulo uno y se incluirá también un Diagrama de Pareto, a través de cual se definirá qué actividades en el cambio de formato y limpieza son las que utilizan la mayor parte del tiempo en este proceso.

En el capítulo tres se presentará la propuesta de mejora, estableciendo el tiempo estándar para la limpieza y cambio de formato que establecerá la optimización del proceso que es la razón del estudio en cuestión. Finalmente en el capítulo cuatro se hará la discusión de resultados.

1. ANTECEDENTES

El estudio que se realizará se centra en tres líneas de envasado de insecticidas líquidos en una industria de fabricación de agroquímicos en Amatlán, se han hecho estudios respecto a la mejora de procesos en otro tipo de plantas pero que pueden ser tomados como referencia para el desarrollo de esta investigación.

Magalhaes J. (2010) en una publicación sobre los 7 desperdicios en la manufactura esbelta enfoca su estudio en la parte de que “la base de la mejora continua es la observación y la participación de los operarios involucrados en el proceso productivo en estudio.”

Esto lleva a definir que cuando el estudio se esté realizando, no solamente el investigador es el que debe involucrarse en el estudio, deben hacerlo aquellos que participan directamente en el proceso pues son ellos quienes conocen mejor aquellas partes del proceso que causa los retrasos en la producción y son los que han visto cuáles son las mejores salidas y soluciones de los problemas generados.

González W. (2009) desarrolló un estudio de tiempos y movimientos para optimizar los costos de mano de obra en una industria de helados, el objetivo principal de esta actividad era eliminar los movimientos inefectivos, facilitando de esta manera las tareas implícitas y obteniendo mejores resultados respecto a la eficiencia y velocidad con que las tareas se llevan a cabo.

El estudio de tiempos y movimientos es una actividad que será de gran utilidad en esta investigación, pues si bien es cierto que se tendrá contacto con las personas en el lugar de trabajo para conocer cuáles son las actividades que representan más tiempo y trabajo desarrollarlas, será un soporte para sustentar esas afirmaciones y para poder ver aquellas cosas que los operarios no pueden ver por sí mismos.

Pineda A. (2005) realizó una investigación de tiempos y movimientos en una línea de piso de granito, en la cual indica que “para que el proceso de producción sea efectivo, es necesario que primero pueda estudiarse la situación actual del proceso, utilizando herramientas como los diagramas de movimientos, diagramas de hombre máquina, diagramas de flujo del proceso y diagramas de recorrido del proceso.”

Con el fin de tener un concepto más amplio de aquellos puntos en los que las actividades requieren más tiempo de trabajo, y en las que los procesos se detienen se debe considerar evaluar con más detalle esas actividades y definir soluciones estratégicas para las mismas. Las herramientas mencionadas pueden ser de gran utilidad en el transcurso del estudio, pues con ellas se acomoda de forma más efectiva el lugar de trabajo a las personas y las personas al lugar de trabajo.

Otro estudio realizado por Bautista J. (2010) respecto a una metodología para la implementación de la manufactura esbelta en los procesos productivos para la mejora continua, indica que “los movimientos innecesarios son desperdicios originados en los movimientos que el personal realiza en exceso debido a una falta de planificación ergonómica y que una estación de trabajo mal diseñada causa que el personal malgaste energía en movimientos innecesarios.”

Pero para que todo esto se evite, es necesario colocar en un lugar conveniente las herramientas, equipos, materiales e instrucciones para que estén al alcance y generen de esta forma un valor al proceso de producción. Esta parte tendrá lugar también dentro de la investigación, pues hay muchas actividades que los operarios realizan de forma innecesaria, como por ejemplo, estar en una posición y moverse varias veces de ella hacia otro lugar para adquirir una herramienta, cuando bien podría trasladarse las herramientas que necesitará, al lugar indicado.

Palapa J. (2012) desarrolló una propuesta de estandarización de procesos exponiendo que “las organizaciones mejoran la gestión de las operaciones de forma controlada y evolutiva cuando adoptan un enfoque sistémico que permite analizar y cruzar de forma ordenada todas las fronteras funcionales de cada componente del proceso desde su inicio hasta su fin.”

Uno de los fines principales de la investigación es analizar cada uno de los componentes del proceso y se logrará a través de la estandarización del cambio de formato en las líneas de estudio y en la estandarización del tiempo de limpieza de las máquinas.

Rey F., en su libro: “*Reducción de los tiempos de utillaje en la producción*” resalta que en ocasiones es necesario reorganizar el trabajo para obtener mejores resultados en la producción y que hay actividades que pueden ser ejecutadas antes de que la máquina se detenga y estas así pueden generar un mejor resultado respecto al ahorro de tiempo.

Parte de la aplicación de la manufactura esbelta es la organización adecuada de las actividades a través de la aplicación de la herramienta SMED que será descrita más adelante, esto proporcionará un mejor estándar de

trabajo para los operarios, pues en realidad existen varias actividades que pueden realizarse antes de detener la máquina, pero aún no se ejecutan.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En el municipio de Amatitlán se encuentra una planta formuladora y envasadora de productos agroquímicos para la producción de cultivos. Su principal actividad es la de formular, envasar, almacenar y distribuir a Centroamérica y El Caribe de los productos fitosanitarios para la protección de los cultivos que produce, con el fin de satisfacer las necesidades de sus clientes.

Está dividida en 5 áreas que son: la distribución de materiales de empaque y materias primas, la producción de líquidos, la producción de sólidos, el Laboratorio de Control de Calidad y el almacenamiento del producto terminado para su posterior distribución a su mercado objetivo.

El área de Producción de Líquidos cuenta con dos divisiones importantes: la producción de insecticidas y la producción de herbicidas, de las cuales, la primera será el enfoque de la investigación. En ella se encuentran varias líneas de producción que envasan insecticidas líquidos en presentaciones de 100, 250, 500 mililitros y 1 litro.

Una línea de producción de insecticidas líquidos envasa presentaciones de 100, 250, 500 mililitros y 1 litro, pero cuando el envasado de una presentación termina y debe iniciarse una presentación diferente a la que se estaba envasando, es necesario hacer trabajos de limpieza a la máquina y efectuar un cambio de formato de la misma, todas esas actividades demandan demasiado tiempo (lo cual no es bueno, pues las actividades no están

ordenadas de modo que el tiempo sea óptimo) causando retrasos para iniciar el siguiente lote de producción.

Para poder explicar lo que significa la limpieza de la máquina, el cambio de formato y el problema que estos procesos implican en la producción, es necesario exponer el proceso de envasado, el cual es el siguiente:

Inicia con la colocación del envase vacío en una ruleta, después una banda transportadora (que es la que transporta el envase por todo el proceso) lleva los envases hacia la cabina de llenado, este es llevado hacia el área de taponado automático, lo pasa a una selladora de inducción, para luego llegar a una impresora donde se le coloca el número de lote, fecha de formulación y vencimiento y un operario le coloca un panfleto con información general del producto.

Después se le coloca la etiqueta de identificación del producto a través de una etiquetadora semiautomática (la cual cuenta con un dispositivo de aplicación de goma blanca), llega a una ruleta en donde un operario toma los envases y los coloca en una caja, la caja es sellada y colocada en una balanza para indicar el peso del producto y por último, es colocada en una tarima lista para su transporte hacia una bodega de almacenamiento de producto terminado.

La limpieza de la máquina (para cambiar de una presentación a otra o de un producto a otro) se le realiza principalmente a la cabina de llenado y al equipo que aplica la goma a la banda que coloca la etiqueta. En la cabina de llenado es necesario desmontar el equipo para lavar las piezas que lo componen, pues contienen residuos del producto que se estaba envasando, esto implica el tener que buscar herramientas e ir quitando pieza por pieza de

esta parte del equipo, lo cual lleva mucho tiempo pues una sola persona realiza el procedimiento de limpieza.

En cuanto a la limpieza del equipo que aplica la goma a la banda que coloca la etiqueta, es necesario desmontarla también y lavar cada una de sus piezas, pues en el tiempo que transcurre entre el fin del envasado de una presentación al inicio de una nueva presentación, la goma se secaría y esto representaría más tiempo de espera para proceder con el envasado de la nueva presentación.

El cambio de formato significa que la línea completa debe ser ajustada para que pueda adaptarse al nuevo envase que se transportará a través de ella. El ajuste de la línea implica el ajuste de: el ancho de los rieles de la banda transportadora, la altura de las boquillas que inyectan el líquido al envase, el cambio de las mordazas que colocan la tapa al envase, la altura de las mordazas y la del equipo completo de taponado.

Por último, es necesario hacer pruebas para ver si el envase se transporta sin problemas durante todo el proceso productivo, de haber alguno en el transcurso de producción, es necesario volver a hacer ajustes en las partes de la línea que así lo requieran. Todo esto también es realizado por una sola persona, que es el jefe de línea y este hecho representa también que el tiempo no sea el óptimo para ejecutar estas actividades.

Al analizar la limpieza y el cambio de formato de la línea de producción, surge la pregunta:

¿Es posible estandarizar los tiempos y optimizar el proceso de manufactura al momento de realizar el cambio de presentación de un mismo producto o a un producto diferente?

De la pregunta anterior, surgen otras preguntas que también será necesario responder para aportar una solución adecuada al problema, tales como:

- ¿Cuáles son las actividades del cambio de formato que pueden realizarse con el equipo detenido?
- ¿Cuáles son las actividades del cambio de formato que pueden realizarse con el equipo operando?

Ambas preguntas con el fin de optimizar el tiempo. Para responder a las preguntas planteadas, será necesario ejecutar una estandarización de los tiempos de cambio de formato y limpieza la cual abarcará una línea de envasado de insecticidas líquido del departamento de producción de líquidos en una planta de producción de agroquímicos ubicada en el municipio de Amatitlán.

Otras herramientas útiles durante el proceso serán: 5 S's, metodología SMED, entre otras.

3. JUSTIFICACIÓN

En el 2013 los procesos de limpieza y cambio de formato en la línea de envasado de líquidos del Departamento de Producción de Líquidos de una planta formuladora y envasadora de agroquímicos ubicada en el departamento de Amatitlán, son procesos que necesitan ser evaluados para mejorar el tiempo que toma realizarlos, pues estos procesos provocan demasiados paros de las líneas y los tiempos de ejecución son extensos.

Esta planta formuladora y envasadora de agroquímicos pertenece a una empresa que cuenta con otras plantas de producción de agroquímicos que tienen presencia en varias partes del mundo y el mismo proceso de limpieza y cambio de formato que se realiza en esta planta, se realiza en otras, pero existe una gran diferencia entre las que se encuentran fuera de Guatemala, ya que el tiempo que se toman para realizar estas actividades es mucho menor al que se toma en la planta ubicada en el departamento de Amatitlán.

Para corregir el tiempo que actualmente toma ejecutar estos procesos, se implementará un sistema de producción, considerando la herramienta de manufactura esbelta, la cual aporta como beneficios la reducción de la distancia entre procesos, mayor eficiencia de equipo y, la principal de todas, la reducción de un porcentaje considerable del tiempo de preparación en un cambio de formato que es lo que se busca como fin principal.

A su vez, dentro de manufactura esbelta existen otras herramientas inmersas que comúnmente son utilizadas con el fin de segmentar las necesidades existentes en algún lugar. Es el caso de las 5 S's que se refiere a

la creación de áreas de trabajo más limpias y más organizadas, esto reduciría en gran parte el tiempo que se dedica a la limpieza de la máquina pues quien la realiza tiene que dirigirse en repetidas ocasiones hacia el área donde tiene las herramientas para escoger la que mejor le sea útil.

También se utilizará la herramienta SMED que se refiere a un método de cambios rápidos que vendrá a beneficiar la parte del cambio de formato, reduciendo también el tiempo y organizando las actividades de tal manera que estas tengan una secuencia que permita al encargado de esta actividad el traslado de un lugar a otro innecesariamente, pues en esta parte se pretende involucrar al resto del equipo para que conozca la tarea y se distribuyan uniformemente las actividades.

El beneficio percibido en la implementación de este sistema a través de las herramientas ya mencionadas se verá reflejado de forma global en la empresa, los operarios como beneficiarios directos, pues que esto ayudará a organizar mejor su trabajo y evitar que una sola persona tenga que hacer tan pesada actividad.

El Departamento de Producción de Líquidos verá un aumento en la productividad de estas líneas y, por último, la empresa como tal, pues esto evitará que tengan que pagarse horas extra para tener lista la máquina a tiempo reduciendo los costos de producción.

Ampliando la visión del beneficio que se recibirá al aplicar estas herramientas, puede mencionarse que actualmente deben programarse hasta tres turnos en cada línea de producción para poder cumplir con la demanda lo cual se evitará al momento de estandarizar los tiempos de limpieza y cambios de formato de estas líneas, esto permitirá que ese tiempo sea utilizado para

envasar otros productos o simplemente, no utilizarlo para evitar el pago de horas extraordinarias de trabajo.

4. OBJETIVOS

General

Optimizar el proceso de manufactura en una línea de envasado de insecticidas líquidos en una planta de producción de agroquímicos en el municipio de Amatlán.

Específicos

1. Describir la situación actual del proceso de manufactura en la línea de envasado de insecticidas líquidos para conocer las actividades y tiempos actuales del trabajo de limpieza y cambio de formato.
2. Describir las actividades de limpieza y cambio de formato que:
 - Provocan retrasos en el proceso de manufactura en la línea de envasado de insecticidas líquidos y que impiden que este sea el óptimo.
 - Pueden realizarse con el equipo detenido.
 - Pueden realizarse con el equipo aún en operación.
3. Definir nuevos tiempos estándar en las actividades de cambio de formato y limpieza de la línea de envasado de insecticidas líquidos para que el proceso de manufactura sea óptimo.

5. ALCANCES

La investigación se realizará de forma descriptiva y correlacional. Se describirá el proceso de envasado de insecticidas líquidos así también como las actividades de limpieza y cambio de formato de la misma. Durante la investigación se hará una relación 80/20 en la que se describa qué 20 % de las actividades de limpieza y cambio de formato representan el 80 % del tiempo total utilizado para tales actividades.

Respecto a los límites de la investigación esta se llevará a cabo en una línea de envasado de insecticidas líquidos de una planta formuladora y envasadora de agroquímicos ubicada en el municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala en la que se envasan presentaciones de 100, 250, 500 mililitros y 1 litro.

Durante la investigación se estará trabajando con cualquiera de las presentaciones mencionadas pero esto no afectará o variará los resultados, pues las actividades de limpieza y cambio de formato que se realizan al trabajar con las diferentes presentaciones son las mismas para todas.

Los beneficios se verán reflejados en los clientes de la empresa, pues la demanda será cumplida con más rapidez, en la empresa y en sus trabajadores pues aumentará su productividad y eficiencia operativa.

6. NECESIDADES A CUBRIR

A través de la metodología de *Lean Manufacturing* se pretende disminuir, o eliminar los tiempos de retraso en la producción, generado de las actividades de limpieza y cambio de formato de cada una de las máquinas.

Todos aquellos paros que son provocados para la preparación de la máquina para envasar un nuevo lote de producto, serán eliminados a través de la herramienta SMED, pues una de las grandes ventajas que ofrece es la de disminuir el tiempo existente de las actividades hasta en un 50 % del actual.

Uno de los desperdicios que se describen en manufactura esbelta se refiere a el desperdicio humano que se tiene al momento de no aprovechar todo el personal que se tiene disponible para realizar las diferentes tareas de preparación de la máquina para envasar un nuevo lote de producción, puesto que en la actualidad solo el jefe de línea es quien realiza esta actividad.

Pero lo que se pretende es involucrar a todo el personal disponible en esa línea y con esto evitar tanto el tiempo de ocio como el tiempo muerto. Al mismo tiempo, tanto con la metodología *Lean Manufacturing* como también sus herramientas, se pretende eliminar el tiempo excesivo que se toman para el cambio de formato y limpieza.

A través de la técnica de 5 S's se ordenará el lugar de trabajo y al tener todo en su lugar se evitará muchos retrasos adicionales que otras actividades provocan en el proceso productivo.

7. HIPÓTESIS

A continuación se presentan las hipótesis del trabajo de investigación:

- Hipótesis nula (H_0): la estandarización de los cambios de formato permitirá la reducción de los tiempos de paro en las líneas de envasado de líquidos agroquímicos.
- Hipótesis alternativa (H_a): la estandarización de los cambios de formato no permitirá la reducción de los tiempos de paro en las líneas de envasado de líquidos agroquímicos.

8. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

8.1. Términos y conceptos

A continuación se detalla el concepto de algunas palabras que pueden ser de difícil comprensión o no muy comunes en el lenguaje cotidiano y que son de mucha utilidad en el transcurso de la redacción del trabajo.

8.1.1. Insecticida

Compuesto químico a base de sustancias expulsadas por animales, utilizado para matar insectos normalmente, mediante la inhibición de enzimas vitales. El origen etimológico de la palabra insecticida deriva del latín y significa literalmente matar insectos. Es un tipo de biocida. (ECURED 2011)

8.1.2. Muda

Es una actividad que consume recursos sin crear valor para el cliente. Existen 2 tipos: las primeras serán difíciles de eliminar inmediatamente ya que agregan un valor de negocio, por ejemplo transportar el material a un centro de distribución; y las segundas pueden eliminarse fácilmente mediante un proceso de mejora continua (Kaizen), por ejemplo eliminar pasos entre una estación y otra. (Bautista, Bautista y Rosas, 2010)

8.1.3. Cambio de formato

También llamado cambio de utillaje, es el conjunto de operaciones que se desarrollan desde que se detiene la máquina para proceder al cambio de lote hasta que la máquina empieza a fabricar la primera unidad del siguiente producto en las condiciones especificadas de tiempo y calidad. El intervalo de tiempo correspondiente es el tiempo de cambio. (Jaimes, 2011)

8.2. Metodología *Lean Manufacturing*

El término *Lean* fue acuñado por un grupo de estudio del Massachusetts Institute of Technology para analizar en el nivel mundial los métodos de manufactura de las empresas de la industria automotriz.

El grupo destacó las ventajas de manufactura del mejor fabricante en su clase (la empresa automotriz japonesa Toyota) y denominó como "*Lean Manufacturing*" al grupo de métodos que había utilizado desde la década de los años sesenta y que posteriormente se afinó en la década de los setenta con la participación de Taiichi Onho y Shigeo Shingo, con objeto de minimizar el uso de recursos a través de la empresa para lograr la satisfacción del cliente, reflejado en entregas oportunas de la variedad de productos solicitada y con tendencia a los cero defectos. (Reyes, 2002)

La metodología de *Lean Manufacturing* consiste de varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador. Además *Lean Manufacturing* proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un

mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida. (Reyes, 2002)

Y es, la eliminación de todas las operaciones que no le agregan valor al proceso de limpieza y cambio de formato, lo que se quiere buscar con esta investigación, aplicando *Lean Manufacturing* para aumentar el valor de cada actividad que se realiza en estos procesos ya que son actividades críticas que son necesarias evaluar para determinar el tiempo óptimo de trabajo. (Reyes, 2002)

8.2.1. Beneficios de la aplicación de *Lean Manufacturing*

Tomando en cuenta la publicación de Reyes (2002), algunos de los beneficios que genera la aplicación de la metodología *Lean Manufacturing* son:

- Reducción del espacio que se utiliza para manufactura hasta en un 50 %.
- Tiempo del cambio de formato reducido hasta en un 100 %.
- El tiempo de ciclo de manufactura se reduce al 50 % del promedio.
- Los costos de inventario se reducen a poco mas del 30 %.
- El costo del producto disminuye considerablemente.

Muchos de los beneficios que brinda *Lean Manufacturing* se verán reflejados al momento de aplicarla en la línea de producción de insecticidas líquidos, puesto que uno de los principales objetivos es definir el tiempo adecuado para la limpieza y cambio de formato de las línea de envasado.

8.2.2. Los 7 tipos de desperdicios presentes en las empresas con base en *Lean Manufacturing*

Los principios de esbeltez han estado presentes en la vida diaria desde hace mucho tiempo. El concepto de desperdicio en el trabajo fue detectado por Frank Gilbreth, pionero del estudio de los movimientos de las personas, eliminando movimientos y menos esfuerzo. Al mismo tiempo, Frederick Taylor se enfocaba a la reducción de los movimientos y del tiempo de los procesos encontrando la mejor forma de hacer las cosas.

El objetivo principal es minimizar el desperdicio (MUDA), el cual es todo aquello que no agrega valor y por lo que el cliente no está dispuesto a pagar. Se han identificado 7 tipos de desperdicios que no agregan valor al proceso de manufactura, los cuales son: sobreproducción, espera, transporte innecesario, procesamiento incorrecto, inventarios, movimiento innecesario y, defectos o re trabajos.

- Defectos y retrabajos

Magalhaes (2010) lo identifica como “Reparación/rechazos” y como todo aquello que “genera incrementos de costo así como inconformidad por parte de los clientes”. Este es el mayor tipo de derroche, que es la cantidad de trabajo que necesita volverse a hacer, con la consecuente reutilización de recursos para llevarlo a cabo (otra vez).

La necesidad de reacondicionar partes en proceso o productos terminados, como así también reciclar o destruir productos que no reúnen las condiciones óptimas de calidad provocan importantes pérdidas. A ello debe sumarse las pérdidas generadas por los gastos de garantías, servicios técnicos,

recambio de productos, y pérdidas de clientes y ventas. Es lo que en materia de costos de mala calidad se denomina costos por fallas internas y costos por fallas externas.

- Procesamiento incorrecto

Magalhaes (2010) lo identifica como “Efectuar pasos innecesarios para producir un producto”. Son desperdicios generados por fallas en materia de distribución de procesos, disposición física de la planta y sus máquinas, errores en los procedimientos de producción, incluyendo las fallas en materia de diseño de productos y servicios, lo cual no mejoran el producto y se trata de pasos innecesarios o procedimientos de producción –elementos de trabajo que no agregan valor al producto.

- Sobreproducción

Según Magalhaes (2010) es “Producir producto en mayor cantidad de la requerida por el cliente” Este tipo de derroche origina material procesado o producto final que no es requerido. La misma es el producto de un exceso de producción, producto entre otros factores de: fallas en las previsiones de ventas, producción al máximo de la capacidad para aprovechar las capacidades de producción (mayor utilización de los costos fijos), lograr un óptimo de producción (menor coste total), superar problemas generados por picos de demandas o problemas de producción.

- Inventario

Se refiere al material que se acumula en el lugar de trabajo, entre procesos, o como producto final que podría ser entregado al cliente y es como

Magalhaes (2010) indica “solo agregan costo por ocupar espacio”. Tiene muchos motivos, y en él se computan tanto los inventarios de insumos, repuestos, productos en proceso e inventario de productos terminados.

El punto óptimo de pedidos, como el querer asegurarse de insumos, materias primas y repuestos por problemas de huelgas, falta de recepción a término de los mismos, remesas con defectos de calidad y el querer aprovechar bajos precios o formar *stock* ante posibles alzas de precios, son los motivos generadores de este importante factor de desperdicio.

- Movimiento innecesario

Magalhaes (2010) lo plantea como “Todo movimiento de una persona que no sea necesario para agregar valor al proceso es un desperdicio.” Son movimientos sin valor agregado de gente, materiales, piezas o maquinaria.

Se hace referencia con ello a todos los desperdicios y despilfarros motivados en los movimientos físicos que el personal realiza en exceso debido, entre otros motivos, a una falta de planificación en materia ergonómica.

- Espera

Tener que esperar a que otro proceso termine antes de empezar el trabajo. Motivado fundamentalmente por: los tiempos de preparación, los tiempos en que una pieza debe esperar a otra para continuar su procesamiento, el tiempo de cola para su procesamiento, pérdida de tiempo por labores de reparaciones o mantenimientos, tiempos de espera de órdenes, tiempos de espera de materias primas o insumos.

También es “cuando un operario espera por el resultado de otra operación para poder continuar su proceso.” (Magalhaes, 2010)

- Transporte

Se presenta cuando materiales, información, herramientas o partes no necesarios para la producción JIT se desplazan de un lugar a otro. Despilfarro vinculado a los excesos en el transporte interno, directamente relacionados con los errores en la ubicación de máquinas, y las relaciones sistémicas entre los diversos sectores productivos. Ello ocasiona gastos por exceso de manipulación, lo cual lleva a una sobreutilización de mano de obra, transportes y energía, así como también de espacios para los traslados internos.

Los 7 desperdicios detallados anteriormente fueron los primeros que Toyota desarrolló en su investigación inicial. En la actualidad, se ha definido un nuevo desperdicio que llega también a aportar progreso en los procesos productivos, este se refiere a los 7 + 1 desperdicios y se detalla a continuación:

- Talento humano

Como lo indica Rodríguez (2011) “Se refiere a no utilizar la creatividad e inteligencia de la fuerza de trabajo para eliminar desperdicios.” Cuando los empleados no se han capacitado en los 7 desperdicios (anteriormente descritos) se pierde su aporte en ideas, oportunidades de mejoramiento, etc.

Este recurso se utilizará adecuadamente al momento en el que el jefe de línea (que es el único que en la actualidad conoce los procedimientos completos de limpieza y cambio de formato) traslade sus conocimientos al resto

del equipo y cada quien asuma una responsabilidad diferente y esto ayude a ejecutar mejor las actividades y a aprovechar el ya mencionado recurso.

8.2.3. Herramientas comúnmente utilizadas en *Lean Manufacturing*

Los elementos de la manufactura esbelta se aplican a través de una serie de herramientas, entre las cuales destacan las siguientes.

8.2.3.1. 5 ´S

Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras. Las 5'S provienen de términos japoneses, y explicados por George (2002) estas son:

- *Seiri* – clasificar, organizar o arreglar

La primera fase, consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y en desprenderse de estos últimos. Algunas normas ayudan a tomar buenas decisiones:

- Se desecha (ya sea que se venda, regale o se tire) todo lo que se usa menos de una vez al año.
- De lo que queda, todo aquello que se usa menos de una vez al mes se aparta (por ejemplo, en la sección de archivos, o en el almacén en la fábrica).
- De lo que queda, todo aquello que se usa menos de una vez por semana se aparta no muy lejos (típicamente en un armario en la oficina, o en una zona de almacenamiento en la fábrica).

- De lo que queda, todo lo que se usa menos de una vez por día se deja en el puesto de trabajo.
- De lo que queda, todo lo que se usa menos de una vez por hora está en el puesto de trabajo, al alcance de la mano.
- Y lo que se usa al menos una vez por hora se coloca directamente sobre el operario.

Esta etapa ayudará en gran manera al proceso y a la reducción de tiempos, pues en las líneas de producción se cuenta con cierto grado de clasificación, organización y orden, pero será necesario aplicar cada una de las normas anteriormente mencionadas para que la técnica pueda mostrar resultados aceptables. Cuando esto sea aplicado adecuadamente, el área estará lista para la aplicación de la segundas.

- *Seiton* – ordenar

Consiste en establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos. Se pueden usar métodos de gestión visual para facilitar el orden, pero a menudo, el más simple de *Seiton* es: un lugar para cada cosa, y cada cosa en su lugar. En esta etapa se pretende organizar el espacio de trabajo con objeto de evitar tanto las pérdidas de tiempo como de energía. Las normas de *Seiton* son:

- Organizar racionalmente el puesto de trabajo (proximidad, objetos pesados fáciles de coger o sobre un soporte).
- Definir las reglas de ordenamiento.
- Hacer obvia la colocación de los objetos.
- Los objetos de uso frecuente deben estar cerca del operario.

- Clasificar los objetos por orden de utilización.
- Estandarizar los puestos de trabajo.

Esta etapa representará un paso muy importante para el área, puesto que hay muchas herramientas que se utilizan varias veces en el transcurso de la limpieza y el cambio de formato de las máquinas pero no se tienen en un área para que estén al alcance del operario, esto también contribuiría al ahorro de mucho tiempo, puesto que el operario debe en muchas ocasiones caminar distancias innecesarias para obtener una herramienta, más esto se corregirá con esta aplicación.

- *Seiso* – limpieza

Una vez el espacio de trabajo está despejado (*seiri*) y ordenado (*seiton*), es mucho más fácil limpiarlo (*seiso*). Consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado operativo. El incumplimiento de la limpieza puede tener muchas consecuencias, provocando incluso anomalías o el mal funcionamiento de la maquinaria. Las normas para *Seiso* son:

- Limpiar, inspeccionar, detectar las anomalías.
- Volver a dejar sistemáticamente en condiciones.
- Facilitar la limpieza y la inspección.
- Eliminar la anomalía en origen.

Por la cultura que se maneja, en muchas ocasiones la limpieza de la máquina termina justo al concluir la jornada laboral y por salir rápido de la línea de producción, los operarios acomodan en un solo lugar todas las herramientas utilizadas para la limpieza y el cambio de formato de la máquina, pensando en

que al día siguiente regresarán a acomodar todo a su lugar correspondiente. Al fomentar la limpieza en las áreas respectivas, se tomará muy en cuenta el dejar todo en condiciones para que al día siguiente puedan continuar con sus actividades ahorrando tiempo también en esta parte del proceso.

- *Seiketsu* – estandarizar

Consiste en distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos. A menudo el sistema de las 5'S se aplica solo puntualmente. *Seiketsu* recuerda que el orden y la limpieza deben mantenerse cada día. Para lograrlo es importante crear estándares. Para conseguir esto, las normas siguientes son de ayuda:

- Hacer evidentes las consignas: cantidades mínimas, identificación de las zonas.
- Favorecer una gestión visual ortodoxa.
- Estandarizar los métodos operatorios.
- Formar al personal en los estándares.

El hecho de que una sola persona realice la limpieza y cambio de formato de la máquina implica demasiado tiempo, el objetivo en esta parte, es principalmente formar al personal en los estándares para que ellos participen también en estas actividades y con una buena formación desde el principio, ellos realizarán estas tareas disminuyendo el tiempo de limpieza, no solo porque todos se involucrarán en la limpieza, sino porque existirá un orden y método estandarizado de trabajo.

- *Shitsuke* – disciplina

Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas. Esta etapa contiene la calidad en la aplicación del sistema 5´S. Si se aplica sin el rigor necesario, este pierde toda su eficacia. Es también una etapa de control riguroso de la aplicación del sistema: los motores de esta etapa son una comprobación continua y fiable de la aplicación del sistema 5´S (las 4 primeras 'S' en este caso) y el apoyo del personal implicado.

8.2.3.2. SMED

Esta técnica permite disminuir el tiempo que se pierde en las máquinas e instalaciones debido al cambio de utillaje necesario para pasar de producir un tipo de producto a otro. Con base en lo que (William, 2002) plantea como “beneficios de la aplicación de SMED, se mencionan los siguientes:

- Reducir el tiempo de preparación y pasarlo a tiempo productivo.
- Reducir el tamaño del inventario.
- Reducir el tamaño de los lotes de producción.
- Producir en el mismo día varios modelos en la misma máquina o línea de producción.”

Esta mejora en el acortamiento del tiempo aporta ventajas competitivas para la empresa ya que no tan solo existe una reducción de costos, sino que aumenta la flexibilidad o capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda, y es algo que debe mejorarse en estas líneas de producción, pues por motivo de que al cambiar de un tipo de presentación de producto a otro, los tiempos son muy variables y eso evita que se evidencia flexibilidad respecto a la

adaptación que estas líneas puedan tener para responder a los cambios de demanda.

Al permitir la reducción en el tamaño de lote colabora en la calidad ya que al no existir *stocks* innecesarios no se pueden ocultar los problemas de fabricación. Algunos de los tiempos que se tienen que eliminar aparecen como despilfarros habitualmente de la siguiente forma:

- Los productos terminados se trasladan al almacén con la máquina parada.
- El siguiente lote de materia prima se trae del almacén con la máquina parada.
- Las cuchillas, moldes, matrices,.. no están en condiciones de funcionamiento.
- Algunas partes que no se necesitan se llevan cuando la máquina todavía no está funcionando.
- Faltan tornillos y algunas herramientas no aparecen cuando se necesitan durante el cambio.
- El número de ajustes es muy elevado y no existe un criterio en su definición.

El SMED, asociado al proceso de mejora continua, va a tratar de eliminar todos estos desperdicios.

Para ello (Shigeo,1989) descubrió que había dos tipos de operaciones al estudiar el tiempo de cambio en una prensa de 800 toneladas:

- Operaciones internas: aquellas que deben realizarse con la máquina parada.

- Operaciones externas: pueden realizarse con la máquina en marcha.

El objetivo es analizar todas estas operaciones, clasificarlas, y ver la forma de pasar operaciones internas a externas, estudiando también la forma de acortar las operaciones internas con la menor inversión posible. Una vez parada la máquina, el operario no debe apartarse de ella para hacer operaciones externas. El objetivo es estandarizar las operaciones de modo que con la menor cantidad de movimientos se puedan hacer rápidamente los cambios, de tal forma que se vaya perfeccionando el método y forme parte del proceso de mejora continua de la línea de producción.

8.2.3.2.1. Etapas conceptuales de SMED

La implantación del SMED consta de cuatro etapas, las mismas por medio del estudio de (Vásquez, 2011) se describen a continuación y hacen referencia tanto a la forma como estas deben implementarse, así también cómo debe realizarse este tipo de actividades para obtener el mejor resultado.

- Etapa preliminar - estudio de la operación de cambio

Lo que no se conoce no se puede mejorar, por ello en esta etapa se realiza un análisis detallado del proceso inicial de cambio con las siguientes actividades:

- Registrar los tiempos de cambio:
 - Conocer la media y la variabilidad.
 - Escribir las causas de la variabilidad y estudiarlas.

- Estudiar las condiciones actuales del cambio:
 - Análisis con cronómetro
 - Entrevistas con operarios (y con el preparador)
 - Grabar en vídeo
 - Mostrarlo después a los trabajadores
 - Sacar fotografías

Esta etapa es más útil de lo que se cree, y el tiempo que se invierte en su estudio puede evitar posteriores modificaciones del método al no haber descrito la dinámica de cambio inicial de forma correcta.

- Primera etapa - separar tareas internas y externas

En esta fase se detectan problemas de carácter básico que forman parte de la rutina de trabajo:

- Se sabe que la preparación de las herramientas, piezas y útiles no debe hacerse con la máquina parada, pero se hace.
- Los movimientos alrededor de la máquina y los ensayos se consideran operaciones internas.

Es muy útil realizar una lista de comprobación con todas las partes y pasos necesarios para una operación, incluyendo nombres, especificaciones, herramientas, parámetros de la máquina, etc. A partir de esa lista se realizará una comprobación para asegurar de que no hay errores en las condiciones de operación, evitando pruebas que hacen perder el tiempo.

- Segunda etapa - convertir tareas internas en externas

La idea es hacer todo lo necesario en preparar troqueles, matrices, punzones, etc, fuera de la máquina en funcionamiento para que cuando esta se pare se haga el cambio necesario, de modo de que se pueda comenzar a funcionar rápidamente.

- Reevaluar para ver si alguno de los pasos está erróneamente considerado como interno.
- Prerreglaje de herramientas.
- Eliminación de ajustes: las operaciones de ajuste suelen representar del 50 al 70 % del tiempo de preparación interna. Es muy importante reducir este tiempo de ajuste para acortar el tiempo total de preparación. Esto significa que se tarda un tiempo en poner a andar el proceso de acuerdo a la nueva especificación requerida.

Los ajustes normalmente se asocian con la posición relativa de piezas y troqueles, pero una vez hecho el cambio se demora un tiempo en lograr que el primer producto bueno salga bien. Se llama ajuste en realidad a las no conformidades que a base de prueba y error van llegando hasta hacer el producto de acuerdo a las especificaciones (además se emplea una cantidad extra de material).

A partir de la base de que los mejores ajustes son los que no se necesitan, por eso se recurre a fijar las posiciones. Se busca recrear las mismas circunstancias que la de la última vez. Como muchos ajustes pueden ser hechos como trabajo externo se requiere fijar las herramientas. Los ajustes

precisan espacio para acomodar los diferentes tipos de matrices, troqueles, punzones o utillajes por lo que requiere espacios standard.

- Tercera etapa - perfeccionar las tareas internas y externas

El objetivo de esta etapa es perfeccionar los aspectos de la operación de preparación, incluyendo todas y cada una de las operaciones elementales (tareas externas e internas).

Algunas de las acciones encaminadas a la mejora de las operaciones internas más utilizadas por el sistema SMED son:

- Implementación de operaciones en paralelo: estas operaciones que necesitan más de un operario ayudan mucho a acelerar algunos trabajos. Con dos personas una operación que por ejemplo llevaba 12 minutos con una sola persona, no será completada en 6, sino quizás en 4, gracias a los ahorros de movimiento que se obtienen. El tema más importante al realizar operaciones en paralelo es la seguridad.

8.2.4. Otras herramientas

- Diagrama de flujo del proceso:

Este tipo de diagrama permite conocer los movimientos y almacenamientos involucrados en el proceso productivo.

“El diagrama de flujo de proceso es particularmente útil para registrar los costos ocultos no productivos como por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales.” (Niebel, Freivalds, 2009)

- Diagrama de recorrido

“El diagrama de recorrido es una representación gráfica de la distribución de pisos y edificios que muestra la ubicación de todas las actividades en el diagrama de flujo del proceso.” (Niebel, Freivalds, 2009)

Además permite visualizar de una manera más fácil el área de estudio y con esto ver la relación de espacio entre los departamentos y los equipos.

- Estudio de movimientos

El estudio de movimientos es un análisis de los movimientos del cuerpo empleados en la realización de un trabajo. El propósito del estudio es reducir o eliminar los movimientos inefectivos y acelerar los efectivos.

El estudio de movimientos se apoya en los diagramas bimanuales que muestran todos los movimientos y retrasos realizados por las manos. El propósito de esto es representar a detalle las operaciones para analizarlas y mejorarlas.

Todo trabajo, ya sea productivo o no, se realiza mediante el uso de combinaciones de 17 movimientos básicos a los que ellos llamaron therbligs, los cuales pueden ser efectivos o inefectivos.

Tabla I. **Therbligs efectivos**

Therbligs efectivos		
Avance directo en el progreso del trabajo. Pueden reducirse pero difícilmente eliminarlo		
Therblig	Símbolo	Descripción
Alcanzar	AL	<ul style="list-style-type: none"> - Movimiento con la mano vacía desde y hacia el objeto - Predecesora de tomar - Seguido de soltar
Mover	M	<ul style="list-style-type: none"> - Movimiento con la mano llena La duración depende de la distancia y tipo de movimiento - Predecesora de tomar - Seguido de soltar
Tomar	T	<ul style="list-style-type: none"> - Cerrar los dedos alrededor de un objeto - depende del tipo tomar - Predecesor de alcanzar - Seguido de mover
Soltar	S	<ul style="list-style-type: none"> - Dejar el control de un objeto.
Preposicionar	PP	<ul style="list-style-type: none"> - Posicionar un objeto en un lugar predeterminado. - Ocurre junto con mover.

Continuación de la tabla I.

Usar	U	<ul style="list-style-type: none">- Manipular una herramienta al usarla para lo que fue hecha.
Ensamblar	E	<ul style="list-style-type: none">- Unión de dos partes que van juntas.- Predecesor de posicionar o mover.- Seguido de soltar.
Desensamblar	DE	<ul style="list-style-type: none">- Separación de partes que están juntas.- Predecesor de posicionar o mover.- Seguido de soltar

Fuente: Niebel, Freivalds (2009).

Tabla II. **Therbligs inefectivos**

Therbligs Inefectivos		
No avanzan directo en el progreso del trabajo. Si es posible, hay que eliminarse.		
Therblig	Símbolo	Descripción
Buscar	B	- Los ojos o manos se mueven para localizar un objeto
Seleccionar	SE	- Elegir un artículo entre varios
Inspeccionar	I	- Comparar un objeto con un estándar
Posicionar	P	- Orientar un objeto durante el trabajo.
Planear	PL	- Hacer pausa para determinar la siguiente acción.
Retraso inevitable	RI	- Más allá del control del operario debido a la naturaleza de la operación
Retraso evitable	RE	- El operario es responsable del tiempo ocioso.
Descanso para contrarrestar fatiga	D	- Depende del trabajo físico.
Sostener	SO	- Una mano detiene un objeto mientras la otra realiza cierto trabajo.

Fuente: Niebel, Freivalds (2009).

- Tiempo estándar

El tiempo estándar, “es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo una determinada operación.” (Chase, Jacobs, Aquilano, 2009)

Esta herramienta permite determinar la carga de trabajo, eliminando desperdicios y reduciendo las variaciones del proceso. Está relacionada con el concepto de tiempo ritmo o tiempo *Takt* que es una cifra teórica que permite saber el tiempo requerido para producir una pieza o unidad en cada etapa del proceso productivo.

Es importante tomar en cuenta que los cambios en el tiempo estándar tiene efecto sobre factores como el tiempo en que trabajó un equipo y la cantidad de mano de obra requerida.

- Cuello de botella:

Un cuello de botella se puede definir como un recurso, “el cual su rendimiento o capacidad limita todo un sistema, por lo que este mismo posee una capacidad inferior a la demanda que se le impone.” (Chase, Jacobs, Aquilano, 2009)

Para encontrar los cuellos de botella, se debe analizar las cargas que se colocan en cada recurso. Después se observan los elementos que poseen un exceso de carga, es decir que están programados por encima de su capacidad. Por lo que “es muy usual encontrar gran cantidad de inventario enfrente del mismo.” (Chase, Jacobs, Aquilano, 2009)

Existen varias formas de ahorrar tiempo en un cuello de botella, entre las cuales se pueden mencionar, mejorar las herramientas, trabajadores de mejor calidad, lotes de tamaño más grandes, reducción de tiempos de preparación entre otros. (Chase, Jacobs, Aquilano, 2009)

9. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE

PREGUNTAS ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

HIPÓTESIS

INTRODUCCIÓN

1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA
 - 1.1. Actividad principal
 - 1.2. Procesos productivos
 - 1.3. Un enfoque a la línea de producción que es motivo de estudio
 - 1.4. Descripción del proceso de producción de envasados líquidos
 - 1.5. Diagramas de proceso de la línea de envasados líquidos involucrada en la investigación
 - 1.6. Estudio de tiempos
 - 1.7. Estudio de movimientos
 - 1.8. Encuestas

2. IMPLEMENTACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
 - 2.1. Manufactura esbelta

- 2.2. Principales herramientas y técnicas
- 2.3. Mapa de proceso de cadena de valor
- 2.4. El mapa de proceso para lograr la manufactura esbelta
- 2.5. La necesidad del mapa de proceso en la cadena de valor
- 2.6. Símbolos del mapa de procesos
- 2.7. Análisis del proceso productivo
- 2.8. Análisis de diagramas de proceso
- 2.9. Beneficios en una empresa
- 2.10. Las 5 S's
- 2.11. Metodología para aplicar 5 S's
- 2.12. Cambio de herramientas en minutos (SMED)
- 2.13. Cambio de herramientas en una máquina
- 2.14. Otras herramientas de *Lean Manufacturing*
- 2.15. Tiempo estándar

3. PROPUESTA DE MEJORA/RESULTADOS

- 3.1. Propuesta de mejora
- 3.2. Definición de tiempo estandar
- 3.3. Mejoras realizadas

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

10. METODOLOGÍA

10.1. Tipo de estudio

El estudio será del tipo descriptivo y correlacional puesto que tendrá que describirse el proceso de envasado de insecticidas líquidos (a través de diagramas de proceso, flujo y recorrido) así también como las actividades de limpieza y cambio de formato que son las que afectan el tiempo de trabajo de la línea en estudio.

Posteriormente, se hará una relación 80/20 de las actividades de limpieza y cambio de formato para describir cómo el 20 % de las actividades mencionadas puede representar el 80 % del tiempo total de trabajo para ejecutarlas, esto se hará a través de un Diagrama de Pareto.

10.2. Diseño de la investigación

El estudio se tomará como una investigación cuasi experimental, ya que para establecer un procedimiento estandarizado que garantice la optimización del proceso de manufactura de la línea de envasado de insecticidas líquidos debe observarse la repercusión de la variación de ciertos parámetros, como el tiempo en variable dependiente.

Dado que la investigación cuasi experimental es el procedimiento indicado para investigar relaciones causa efecto, se toma como la más relevante en este estudio, pues será necesario determinar a través de las herramientas descritas

en la metodología, cuáles son las causas que provocan los paros continuos en la línea de envasado y qué efecto tienen estas en el desempeño del trabajo.

Será necesario analizar por medio del estudio de tiempos y movimientos cada una de las actividades que los operarios involucrados en estas líneas desempeñan y cómo estas pueden ser modificadas para mejorar las condiciones de trabajo.

Posterior al análisis del estudio de tiempos y movimientos se procederá con la determinación de la propuesta de nuevos tiempos estándar para la optimización del proceso de manufactura.

10.3. Variables e indicadores

- Variable independiente: optimización del proceso de manufactura.

Significa la definición de tiempos y actividades necesarios en el proceso de envasado de una línea de insecticidas líquidos para utilizar los recursos adecuadamente.

- Variable dependiente: aumento en la productividad

Utilización de la capacidad real de la línea para atender a la demanda existente. Los indicadores de esta variable son los siguientes:

- Tiempo total de limpieza
- Actividades uniformes en cambios de formato
- Desperdicios
- Paros

10.4. Metodología

En esta parte se detallan las fases en las que se estructura el trabajo y las actividades que cada una conlleva, el orden de las mismas no implica necesariamente dependencia una de otra.

10.4.1. Fase I: diagnóstico

Las actividades a desarrollarse en esta fase son las siguientes:

- De forma presencial, mediante la observación y toma de datos obtener la información necesaria para conocer las actividades actuales respecto a la limpieza y cambio de formato de la línea en estudio.
- Estudio de tiempos.
- Estudio de movimientos.
- A través de encuestas, conocer la opinión de los colaboradores involucrados en la línea en caso de estudio, para obtener información que ayude a conocer otras causas que estén afectando el proceso de manufactura.
- Diseño de diagramas de procesos.

10.4.2. Fase II: análisis de la información

Las actividades en esta fase son:

- Análisis de encuestas realizadas a los colaboradores que desempeñan actividades en la línea en caso de estudio.
- Análisis de información recabada a través de la observación y recolección de datos para seleccionar las actividades críticas en el

proceso de manufactura que provocan los retrasos en la línea de producción.

- Diagramas de Pareto que describan las causas principales de retrasos en la máquina.
- Con base en los datos recabados, detallar el tiempo que cada actividad de limpieza y cambio de formato, requiere para ser cumplida.
- Detallar aquellas actividades que pueden realizarse con el equipo detenido y con el equipo aún en movimiento.
- Análisis de diagramas (flujo, recorrido, proceso) para evaluar otras actividades que puedan estar causando retrasos en la línea.

10.4.3. Fase III: propuesta de mejora

Por último en esta fase se realizan las siguientes actividades:

- Definición de tiempo estándar
- Propuesta de mejora del proceso
- Mejoras realizadas

11. PLAN DE MUESTREO

11.1. Población objetivo

En el municipio de Amatitlán se encuentra una planta de producción de agroquímicos que cuenta con diferentes áreas, organizadas de tal manera que el proceso de producción pueda seguir un curso adecuado. Las áreas son: bodega de materiales de empaque y materias primas, producción de líquidos, producción de sólidos, control de calidad y bodega de producto terminado.

El área de producción de líquidos cuenta con 2 subáreas que son la producción de herbicidas y la producción de insecticidas, cada una de ellas cuenta con diferentes líneas de producción pues con ellas la empresa logra cumplir con la demanda.

11.2. Unidades de prueba

Debido a que la investigación se basa en líneas de producción, el estudio se enfocará específicamente en una línea de producción de insecticidas líquidos de la planta formuladora y envasadora de productos agroquímicos ubicada en el municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala.

12. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Las técnicas para el análisis de la información que se utilizarán se resumen a continuación:

- Fase I
 - DMS (Sistema de Manejo Diario) de SMED, compuesto por tres secciones principales:
 - El DMS (Sistema de Manejo Diario) general de SMED, está compuesto por tres secciones principales. La primera sección es donde se establece quien es el encargado la implementación, el lugar en que se llevará a cabo, cual es el objetivo que persigue, que indicadores medirán el avance, etc.
 - La segunda sección muestra, mediante diagramas de bloques, los procesos que componen la implementación, además de los encargados de realizarlos. Aquellos procesos compuestos por subprocesos se encuentran debidamente identificados con un icono distintivo, al igual que los distintos puntos de control.
 - Finalmente, la última sección del DMS general de SMED tiene como propósito llevar un seguimiento de las posibles modificaciones que este pueda sufrir. Mediante revisiones periódicas, se van realizando las actualizaciones

correspondientes, dejando en claro la fecha, el detalle de la revisión y quien la realizó.

- Formato de estudio de tiempos
- Formato de estudio de movimientos (bimanual)
- Encuesta
- Diagramas

- Fase II
 - Diagrama de Pareto

- Fase III: ninguna aplicable.

13. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Se presenta a continuación la descripción de las tareas a ejecutar y el período programado para su inicio y finalización.

Figura 1. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

14. RECURSOS FÍSICOS Y FINANCIEROS

Por ser un estudio que se enfoca en la observación y análisis de información recopilada, no representará un costo a gran escala para la empresa, pues únicamente se necesita una persona para evaluar las actividades y analizarlas, para después preparar a cada uno de los colaboradores que se encuentran en las diferentes líneas de producción, luego ellos mismos serán quienes mantengan la mejora continua en los procesos. Por lo tanto, es factible realizar el estudio.

Este proyecto sería una buena oportunidad para la empresa, tanto para disminuir los costos en esta línea de producción como para otras en las que se desee realizar mejoras similares. La disponibilidad de información para ser presentada en este proyecto sería un tanto restringida, pero se puede obtener la suficiente para presentar una propuesta.

Respecto a los recursos, estos son: tabla, hojas de papel y lápiz para recolectar información, cronómetro para el estudio de tiempos, computadora para registrar la información de forma digital.

A continuación se detalla un presupuesto estimado en la tabla III.

Tabla III. Propuesta de inversión

Descripción de la inversión	
Descripción	Inversión (Q)
Asesoramiento del proyecto (4 meses)	32 000,00
Capacitación de personal (20 personas, duración 4 meses)	4 000,00
Casco, chaleco <u>reflectivo</u> para las visitas e inspecciones a las instalaciones	200,00
Botas de uso industrial para uso en rutas de distribución y visitas a bodega	360,00
Útiles de oficina	500,00
Cronómetro	100 00
Material capacitaciones	500,00
Totales	Q37 660,00

Fuente: elaboración propia.

15. BIBLIOGRAFÍA

1. Bautista, J., Bautista, A., Rosas, S. (2010). Metodología para la implementación de la manufactura esbelta en los procesos productivos para la mejora continua. Tesis de Maestría no publicada, Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México.
2. Chase, Jacob, Aquilano. (2009). Administración de operaciones, Producción y Cadena de Suministros. 12^a ed. México. Editorial McGraw-Hill.
3. ECURED (2011). Insecticida. Recuperado el 04 de septiembre de 2013, de <http://www.ecured.cu/index.php/Insecticida>
4. George Michael , L. (2002). Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed (1^a Ed.). New York: McGraw-Hill.
5. González W. (2009). Estudio de tiempos y movimientos para optimizar los costos de mano de obra en una industria de helados. Tesis de Maestría no publicada, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
6. Jaimes, K. (2011). Propuesta para la mejora de la eficiencia del proceso de tejido de una empresa textil a través de la eliminación de tiempos innecesarios. Tesis de Maestría no publicada, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

7. LOZADA, J. (2007), "Mejoramiento de Procesos de Negocios con la Metodología Seis Sigma y Lean Manufacturing". Tesis de Maestría no publicada, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
8. Magalhaes, J. (2010). *Los 7 desperdicios en la manufactura esbelta*. Recuperado el 2 de septiembre de 2013. <http://manufacturaesbelta.blog.com/2010/11/15/los-7-desperdicios-en-la-manufactura-esbelta-2/>
9. Niebel, Freivalds. (2009). Ingeniería industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo. 12va ed. México. Editorial McGraw-Hill.
10. Palapa, J. (2012). Propuesta de estandarización de procesos. Tesis de maestría no publicada, Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México
11. Pineda A. (2005). Estudio de tiempos y movimientos en una línea de piso de granito. Tesis no publicada. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
12. Rey, F. (2009). Reducción de los tiempos de cambios de utillaje en la producción, 2009 (284), 64-70.
13. Reyes, P. (2002). Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones, 2002 (205), 53.
14. Rodríguez, I. (2011). Metodología para reducir tiempos de paro en una línea de producción de etiquetas. Tesis de maestría no publicada, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F., México.

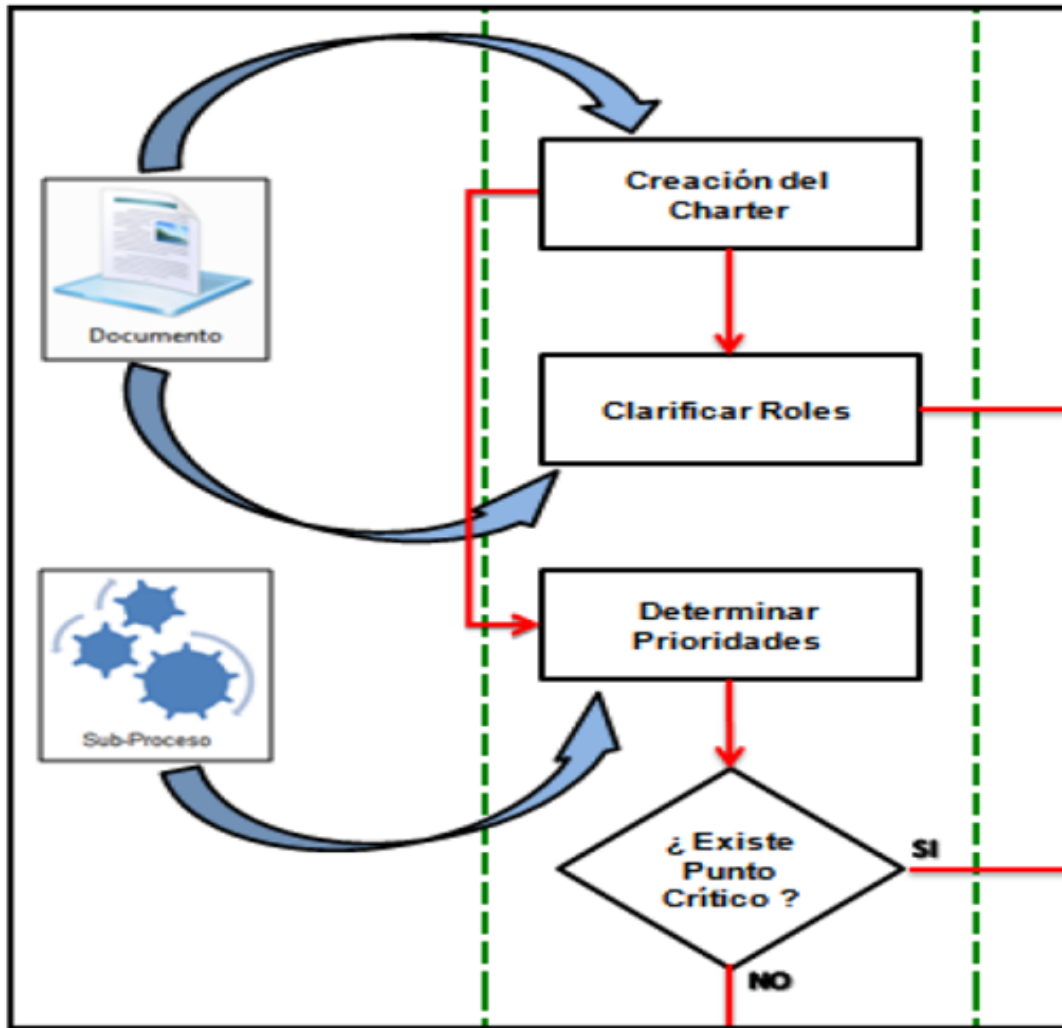
15. Shigeo, S. (1989). El Sistema de Producción TOYOTA desde el punto de vista de la ingeniería (3a Ed.). Madrid, España: Productivity Press.
16. Vásquez, D. (2011). Propuesta de un plan para la aplicación de la estrategia SMED en el área “construcción de llantas de camión radial” de la empresa Continental Tire Andina S.A. Tesis de Maestría no publicada, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Perú.
17. William, M. (2002). Lean Manufacturing: Tools, Techniques and how to use Them. New York: Santa Lucie.

16. ANEXOS

Anexo 1: cuadro DMS de SMED (primera parte)

DMS DE SMED		
DEPARTAMENTO: CONVERSIÓN ROLLOS		FECHA:
1. Encargado de la Implementación: DAMIÁN ARAYA	2. Proceso o Equipo a Implementar: EMPAQUETADORA	5. Receptor del Procto Final: ENSACADORA
3. Producto final del Proceso o Equipo: PAPEL HIGIENICO Y TOALLAS DE COCINA		6. Requerimientos del Cliente: FLEXIBILIZAR PRODUCCIÓN
4. Importancia del Proceso o Equipo: SE OBTIENE EL PRODUCTO FINAL EMPAQUETADO		7. Objetivo de la Implementación: DISMINUIR TIEMPO IMPRODUCTIVO
8. Medidas: ESTABLECER PUNTOS DE CONTROL A LO LARGO DE LOS PROCESOS		9. Seguimiento a Resultados: <input checked="" type="checkbox"/> Indicadores <input checked="" type="checkbox"/> Gráficos <input type="checkbox"/> Otros (especifique) _____
10. Valoración del Desempeño Actual del Sistema: ACTUALMENTE EL TIEMPO IMPRODUCTIVO ASOCIADO A UN CAMBIO DE FORMATO FUNCIONA COMO UNA PIEDRA DE TOPE PARA FLEXIBILIZAR LA PRODUCCIÓN.		

Anexo 2: cuadro DMS de SMED (segunda parte)



Anexo 3: cuadro DMS de SMED (tercera parte)

12. Revisiones			
# Revisión	Fecha	Descripción de Revisión	Realizada por:

Anexo 4: estudio de tiempos y movimientos

No	Elementos	Registro de tiempo para una misma parte										ΣT	ΣE	ΣX	ΣT_{mec}	ΣT
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma Obs.$	ΣV	ΣEM		
1		E														
		T														
2		E														
		T														
3		E														
		T														
4		E														
		T														
5		E														
		T														
6		E														
		T														
7		E														
		T														
8		E														
		T														
9		E														
		T														
10		E														
		T														

