



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS
PRODUCTIVOS UTILIZANDO LA METODOLOGÍA *LEAN MANUFACTURING* EN EL ÁREA
DE MANUFACTURA DE LÍQUIDOS EN UNA PLANTA FARMACÉUTICA**

María José Reyes Leverman

Asesorado por MSc. Ing. Wagner Gabriel Aquino Oliva

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS UTILIZANDO LA METODOLOGÍA *LEAN MANUFACTURING* EN EL ÁREA DE MANUFACTURA DE LÍQUIDOS EN UNA PLANTA FARMACÉUTICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARÍA JOSÉ REYES LEVERMAN

ASESORADO POR EL MSC. ING. WAGNER GABRIEL AQUINO OLIVA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, ENERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
EXAMINADOR	Ing. Jorge Rodolfo García Carrera
EXAMINADOR	Ing. Pablo Enrique Morales Paniagua
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 INVESTIGACION DE UN PLAN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS UTILIZANDO LA METODOLOGÍA *LEAN MANUFACTURING* EN EL ÁREA DE MANUFACTURA DE LÍQUIDOS EN UNA PLANTA FARMACÉUTICA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 29 de octubre de 2022.

María José Reyes Leverman



EEPFI-PP-2052-2022

Guatemala, 12 de noviembre de 2022

Director
Williams G. Álvarez Mejía
Escuela De Ingeniería Química
Presente.

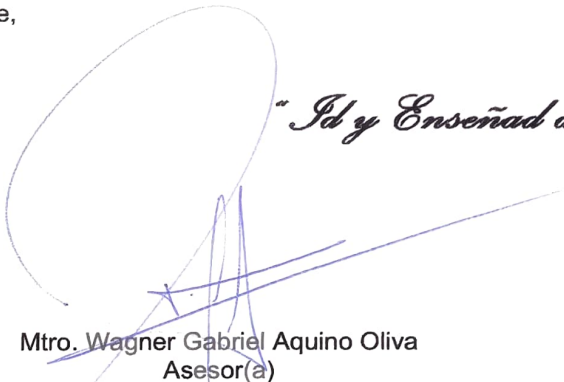
Estimado Ing. Álvarez

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

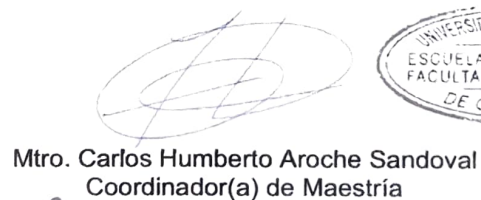
El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS UTILIZANDO LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN EL ÁREA DE MANUFACTURA DE LÍQUIDOS EN UNA PLANTA FARMACEUTICA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Optimización de operaciones y procesos**, presentado por la estudiante **María José Reyes Leverman** carné número **201314218**, quien optó por 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 Gestion Industrial.

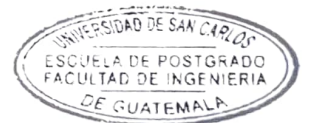
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para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

Atentamente,

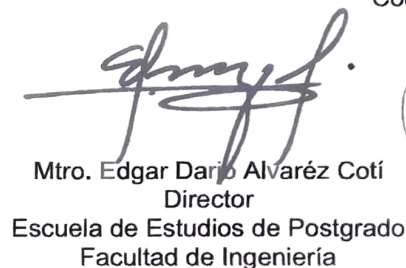

Mtro. Wagner Gabriel Aquino Oliva
Asesor(a)

"Id y Enseñad a Todos"


Mtro. Carlos Humberto Aroche Sandoval
Coordinador(a) de Maestría



Wagner Gabriel Aquino Oliva
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 18858


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





EEP.EIQ.1697.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Quimica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS UTILIZANDO LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN EL ÁREA DE MANUFACTURA DE LÍQUIDOS EN UNA PLANTA FARMACEUTICA** , presentado por el estudiante universitario **María José Reyes Leverman**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Williams G. Álvarez Mejía; Mg.I.Q., M.U.I.E.
Director
Escuela De Ingenieria Quimica

Guatemala, noviembre de 2022

LNG.DECANATO.OI.060.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS UTILIZANDO LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN EL ÁREA DE MANUFACTURA DE LÍQUIDOS EN UNA PLANTA FARMACÉUTICA**, presentado por: **María José Reyes Leverman**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, enero de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por su amor infinito, por guiarme y darme la sabiduría para alcanzar con éxito esta etapa de mi vida.
- Mis padres** Aura Leverman y Mario Reyes, por sus oraciones, su amor incondicional y apoyo en todo momento, por haber estado siempre a mi lado, en los días y noches más difíciles durante esta etapa. Por creer en mí y por motivarme a alcanzar mis sueños y metas. Los amo.
- Mis hermanos** Marleni, Lorena, Jorge, Belén, Blanca, Pamela y Cristian Reyes, por su incondicional apoyo, sus consejos y amor. Porque siempre me acompañan en todos mis sueños.
- Mis sobrinos** Gabriela, Derek, Josué, Adriana, Samuel, Amely, Sebastián, Allison y David, quienes son parte de mi inspiración, este logro también es para ustedes y espero ser una guía para alcanzar sus metas.
- Mis cuñados** Giovanni, José (q.e.p.d.), Irwin y Dolinda, por su incondicional apoyo.

Mis amigos

Por su amistad, cariño y apoyo brindado en cada etapa en la que me han acompañado. Por cada sonrisa en los buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de pertenecer a esta gloriosa casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme las herramientas necesarias para desarrollarme como profesional con principios y valores.
Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería	Por la motivación brindada para alcanzar nuevas metas y grados académicos.
Mi asesor	MSc. Ing. Wagner Aquino, por ser una guía y compartirme sus conocimientos para la ejecución de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Descripción del problema	7
3.2. Formulación del problema	8
3.2.1. Pregunta central	8
3.2.2. Preguntas de investigación.....	8
3.3. Delimitación del estudio.....	9
3.3.1. Límite temporal.....	9
3.3.2. Límite geográfico	9
3.3.3. Límite espacial.....	9
3.4. Viabilidad.....	9
3.5. Consecuencias de realizar la investigación.....	10
3.5.1. De realizarse.....	10
3.5.2. De no realizarse.....	10
4. JUSTIFICACIÓN	13

5.	OBJETIVOS.....	15
5.1.	General	15
5.2.	Específicos.....	15
6.	NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	17
7.	MARCO TEÓRICO	19
7.1.	Industria farmacéutica.....	19
7.1.1.	Productos farmacéuticos.....	19
7.1.2.	Departamento de producción	20
7.1.2.1.	Área de pesado de materia prima	21
7.1.2.2.	Área de producción de sólidos	21
7.1.2.3.	Área de producción de líquidos.....	22
7.2.	Optimización de procesos productivos.....	22
7.2.1.	Procesos productivos	22
7.2.1.1.	Tipos de procesos	23
7.2.2.	Productividad.....	24
7.2.3.	Eficiencia.....	24
7.2.4.	Eficacia.....	25
7.2.5.	Estudio de tiempos.....	25
7.2.5.1.	Tiempo normal	26
7.2.5.2.	Tiempo estándar	26
7.3.	<i>Lean manufacturing</i> en sistemas de producción	27
7.3.1.	Filosofía lean manufacturing	27
7.3.1.1.	Principios lean manufacturing	28
7.3.2.	Herramientas de lean manufacturing	29
7.3.2.1.	Mapa del flujo de valor (VSM)	30
7.3.2.2.	Kaizen	32
7.3.2.3.	Kanban.....	32

	7.3.2.4.	Single Minute Exchange of Die (SMED)	34
		
	7.3.2.5.	5´S	36
	7.3.2.6.	Heijunka	38
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS		39
9.	METODOLOGÍA		41
9.1.	Características del estudio		41
9.2.	Variables e indicadores		42
9.2.1.	Variables cuantitativas		42
9.2.2.	Variables cualitativas		42
9.3.	Matriz de consistencia		43
9.4.	Fases del estudio		44
9.4.1.	Fase 1: Revisión documental		44
9.4.2.	Fase 2: Determinación de condiciones iniciales		45
9.4.3.	Fase 3: Análisis de las variables de control		45
9.4.4.	Fase 4: Propuesta del plan de optimización		45
9.5.	Unidad de análisis		46
9.6.	Técnicas y metodología		47
9.7.	Resultados esperados		48
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN		49
11.	CRONOGRAMA		51
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO		53

REFERENCIAS55
APÉNDICES61
ANEXOS.....67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Sistema de producción Toyota	30
2.	Mapa del flujo de valor	31
3.	Representación de una línea de producción de cuatro estaciones	33
4.	Cronograma de actividades.....	51

TABLAS

I.	Variables e indicadores	43
II.	Recursos necesarios para la investigación	53

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
σ	Desviación estándar
e	Eficiencia del plan
ε	Eficiencia técnica
e	Error de estimación máxima esperado
h	Horas
HH	Horas hombre
min	Minutos
Z	Nivel de confianza
Q	Quetzales
n	Tamaño de la muestra
N	Tamaño de la población
T	Tiempo

GLOSARIO

Calidad	Grado en que un conjunto de propiedades inherentes de un producto, sistema o proceso cumple con los requerimientos.
Desperdicio	Actividad o tarea que no agrega valor a los procesos.
Eficacia	Relación entre el producto y el grado de satisfacción del cliente.
Eficiencia	Relación entre los recursos y su grado de aprovechamiento en los procesos.
Falla	Eventos inesperados que implican el mal funcionamiento o el cese en las funciones de los equipos.
Indicador	Dato observable y medible que puede usarse para demostrar cambios y progresos que está haciendo un proceso o sistema hacia el logro de un objetivo específico.
Mantenimiento	Procedimientos para la preservación y reparación de los equipos de manera que no se vean afectados por el paso del tiempo, uso o cambios en el ambiente externo.

Mantenimiento correctivo

Acción para eliminar la causa de una inconformidad detectada u otra situación indeseable.

Mantenimiento preventivo

Acción para eliminar la causa de una no conformidad potencial u otra situación indeseable.

Optimizar

Buscar mejores resultados, más eficacia o mayor eficiencia en el desempeño de alguna actividad o tarea.

Valor agregado

Actividades que transforman un proceso para obtener una mayor satisfacción del cliente.

RESUMEN

El presente estudio de investigación se centra en el diseño de un plan para la optimización de procesos en el área de producción de una industria farmacéutica. Nace de la necesidad de subsanar el incumplimiento de los plazos de entrega al cliente interno de los productos manufacturados en el área de producción de líquidos.

La investigación tiene como objetivo exponer la efectividad del uso de las herramientas de *lean manufacturing* en la reducción de desperdicios en los procesos, elevando así la productividad dentro del área. La mejora de los procesos productivos con la filosofía *lean manufacturing* permite modificar la cultura organizacional de la empresa, ya que todos los colaboradores son conscientes de que son parte importante de los procesos y sobre todo de la calidad de los productos.

Se iniciará recopilando datos específicos de cada operación realizada en el área de producción de líquidos, así como el tiempo asignado para realizar cada operación. Luego, la información recopilada se analizará para identificar actividades que no agregan valor al proceso y encontrar formas de modificarlas o eliminarlas si es necesario. Esto se hará mediante el uso de diagramas de procesos, estudios de tiempos y movimientos, y especialmente de las herramientas de *lean manufacturing*. Finalmente, se presentará el diseño del plan de optimización, describiendo el tiempo estándar de trabajo, es decir, el orden de las operaciones y el tiempo requerido para completarlas, de modo que la mejora no sea únicamente de tiempo, sino también de los procesos productivos del área de producción de líquidos.

1. INTRODUCCIÓN

Esta investigación de optimización tiene como objetivo la evaluación del impacto del diseño de un plan para la optimización de procesos productivos utilizando la metodología *lean manufacturing* en el área de manufactura de líquidos, como parte de una sistematización para generar mejoras continuas dentro de una planta farmacéutica. La propuesta de solución está situada en la línea de investigación de operaciones en el área de optimización de operaciones y procesos.

La implementación de herramientas utilizadas en la metodología *lean manufacturing* en un área productiva tiene importancia por su objetivo principal, el cual pretende minimizar las pérdidas generadas por tiempos improductivos y actividades que no generen valor a los procesos que se realizan dentro de las áreas y, de esta manera, maximizar todas las actividades que agreguen valor a los procesos para aumentar la productividad y eficiencia dentro del área productiva en una organización.

Al realizar el presente estudio de investigación se busca evaluar los procesos que se desarrollan dentro del área de producción de líquidos y las mejoras que pueden ser implementadas por medio de herramientas de la metodología *lean manufacturing*. El objetivo es reducir y eliminar los desperdicios en los procesos productivos, con el fin de aumentar el cumplimiento de los plazos de entrega al cliente interno de los productos manufacturados en el área de producción de líquidos dentro de la empresa farmacéutica en estudio.

El índice propuesto está estructurado con cuatro capítulos centrales. En el capítulo uno se presentará un marco teórico que comprende desde las generalidades de una industria farmacéutica hasta las herramientas de la filosofía *lean manufacturing* que servirán de apoyo para el diseño del plan de optimización de procesos. En el capítulo dos se presentará el desarrollo de la solución y las fases en que será desarrollada la investigación para el cumplimiento del objetivo principal de esta. En los capítulos tres y cuatro se hará una presentación de resultados y la discusión de los mismos, respectivamente.

2. ANTECEDENTES

La optimización de procesos ha sido un tema de investigación relevante en todo tipo de industrias, ya que así se hace posible identificar las actividades que no generan valor a los procesos y las oportunidades de mejora. El presente estudio se centra en el diseño de un plan para la optimización de procesos en el área de producción de una industria farmacéutica, por lo que se ha recolectado información de investigaciones anteriores, con el fin de ser tomadas como referencia para la elaboración de la presente investigación.

Espina (2020), con su investigación de tipo descriptivo mediante la implementación de la técnica SMED para la reducción de tiempo improductivo por cambios de formatos o estilos, logró una reducción del 59 % del tiempo total del cambio y una reducción del 47 % en trasportes. El aporte de esta investigación al presente estudio serán las herramientas utilizadas para el análisis causa-raíz, el cual está conformado en la estructura 5M, lo que tiene como objetivo enlistar todas las posibles causas de los tiempos improductivos durante los procesos.

En la investigación realizada por Morales (2020) también fue utilizada la metodología SMED, con el objetivo de obtener mejoras en la productividad en el área de impresión de una industria de productos plásticos agroindustriales. El problema identificado de dicha investigación fue la inexistencia de un procedimiento adecuado para realizar cambios de órdenes de trabajo para que, mediante la adaptación de la metodología SMED en los procesos, demostrar una reducción del 32.58 % en el tiempo promedio de cambio de orden de producción.

El aporte de Morales (2020) al presente estudio es la sistematización utilizada para la implementación de las etapas de la metodología para reducir los tiempos muertos en las órdenes de producción, para incrementar la productividad de las líneas y cumplir con las entregas a clientes en los tiempos pactados.

La investigación realizada por Herrera (2018) demuestra que, mediante el desarrollo y aplicación de la metodología 5's en conjunto con la metodología TPM para un área de producción de una empresa cosmética, es posible identificar y reducir los tiempos improductivos y desperdicios en cada línea productiva, generando un aumento en la eficiencia global del área de producción, específicamente para las líneas tomadas como piloto de investigación. La estructura para el desarrollo y aplicación de la metodología 5's será el aporte para el presente trabajo, debido a que esta muestra las fases principales en que se basó su investigación para la implementación de dicha metodología y el control subsecuente después de terminada la investigación.

La investigación realizada por Zambrano y Zambrano (2021) consiste en proponer una metodología para la optimización de las líneas de líquidos y sólidos orales de un laboratorio farmacéutico. Su investigación se basa en el estudio de los tiempos productivos e improductivos, con el fin de identificar la mejora continua en las líneas productivas mediante indicadores de gestión que promuevan la eficiencia y la calidad de los productos. El aporte que brinda esta investigación al presente estudio es la herramienta utilizada para diagnosticar la situación inicial y cómo por medio de la metodología aplicada establecen indicadores de gestión para la evaluación del desempeño de las mejoras en los procesos productivos.

De forma similar, Del Pozo (2018) realizó una investigación en la cual, mediante la evaluación de bibliografías sobre productividad y manufactura

esbelta y el diagnóstico de las operaciones del área de producción de un laboratorio ubicado en Santo Domingo, realiza el diseño de un plan de mejora para aumentar la productividad dentro del área de producción. El aporte de la investigación de Del Pozo para el presente estudio será la metodología utilizada para la identificación de las causas de los cuellos de botellas y desperdicios presentes en los procesos productivos.

El estudio realizado por Colcha (2018) se encuentra bajo la línea de investigación de sistemas de gestión de producción y operaciones, presenta en su diagnóstico una comparación de la cantidad de galones de pintura demandados y la cantidad de galones de pintura entregados y, con base en estos resultados, determina la cantidad de galones no vendidos y el porcentaje de nivel de servicio que esto representa para la empresa. La metodología y la forma de implementación de la herramienta VSM utilizada será de aporte para el levantamiento y procesamiento de información de este estudio.

La investigación de Reyes es exploratoria, descriptiva, correlacional, explicativa y aplicada, y será tomada como aporte por su presentación de una propuesta de mejora de procesos productivos aplicando herramientas *lean manufacturing*. En su investigación, describe Reyes (2021):

La metodología 5´s es una serie de actividades que se desarrollan con el objetivo de crear condiciones de trabajo que permitan la ejecución de las labores de forma organizada, ordenada y limpia. Un factor de importancia para la aplicación de la metodología 5´s es la participación voluntaria y activa de los trabajadores de la línea. Donde la capacitación es una de las actividades primarias para la aplicación metodológica. (p. 94)

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el primer informe semestral correspondiente al año 2022, realizado en una planta farmacéutica ubicada en el municipio de Mixco, se ha identificado la problemática de incumplimiento de los plazos de entrega al cliente interno de los productos manufacturados en el área de producción de líquidos, dejando en evidencia la falta de seguimiento de tiempos productivos e improductivos y la falta de creación de planes de mejora de los procesos internos.

3.1. Descripción del problema

Durante el primer semestre del año 2022 el incumplimiento de los plazos de entrega al cliente interno de los productos manufacturados en el área de producción de líquidos ha impactado de forma negativa en uno de los indicadores clave que tiene el área de producción, generando atrasos en el proceso de liberación de productos terminados y desabasteciendo al área de bodega, lo que genera mayor impacto en el cumplimiento con el cliente final.

Los tiempos productivos que componen cada proceso para que un producto llegue de forma granel a producto terminado no son registrados en tiempo real, porque no se cuenta con un sistema automatizado para el registro de dichos tiempos, lo que también impacta en la identificación de tiempos improductivos en los procesos, lo cual limita la oportunidad de reducirlos y tener una producción más eficiente.

Los indicadores en el área de producción no están bien definidos y estos no permiten monitorear y mantener una producción eficiente para identificar las

posibles desviaciones en los procesos, limitando la creación de planes de mejora de procesos y provocando el incumplimiento de los tiempos para la disponibilidad del producto terminado respecto del cliente final.

3.2. Formulación del problema

A continuación se formula el problema mediante preguntas de investigación:

3.2.1. Pregunta central

¿Cómo diseñar un plan para la optimización de procesos productivos utilizando la metodología *lean manufacturing* en el área de manufactura de líquidos en una planta farmacéutica?

3.2.2. Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las condiciones iniciales de los procesos de manufactura de líquidos de una planta farmacéutica?
- ¿Cuáles son las variables que generan tiempos improductivos basados en la metodología *lean manufacturing* en el área de producción de líquidos de una planta farmacéutica?
- ¿Cómo evaluar el desempeño de los procesos de manufactura en el área de producción de líquidos de una planta farmacéutica mediante la utilización de la metodología *lean manufacturing*?

3.3. Delimitación del estudio

El estudio de un diseño de un plan para la optimización de procesos productivos utilizando la metodología *lean manufacturing* se realiza en el área de producción de líquidos de una empresa farmacéutica ubicada en el municipio de Mixco, del departamento de Guatemala.

3.3.1. Límite temporal

El estudio de investigación iniciará a partir de noviembre del año 2022 y finalizará en noviembre del año 2023.

3.3.2. Límite geográfico

El estudio de investigación se realizará en una empresa farmacéutica ubicada en zona 7 de Mixco, en el departamento de Guatemala.

3.3.3. Límite espacial

El estudio se desarrollará en el departamento de producción de líquidos, debido a que esta área es la que representa el problema en cuanto al desabastecimiento de productos terminados e incumplimiento de los plazos de entrega al cliente interno de una empresa farmacéutica.

3.4. Viabilidad

El presente estudio de investigación se hace viable por medio de la empresa farmacéutica en cuestión, pues esta brinda los permisos necesarios para el acceso a recursos e información requerida sobre los procesos y tiempos

de las actividades desempeñadas dentro del área de producción de líquidos. Debido a que el objetivo de la investigación es el diseño de un plan para la optimización de los procesos dentro del área, este no demanda costos económicos de inversión elevados, y la inversión económica que sea requerida será proporcionada por el investigador.

3.5. Consecuencias de realizar la investigación

Con el presente trabajo de investigación se pretende proporcionar a la empresa herramientas que permitan la optimización de los procesos y operaciones en el área de producción de líquidos y aumentar el cumplimiento de los plazos de entrega de productos terminados al cliente interno.

3.5.1. De realizarse

Al realizarse el presente trabajo se proporcionará a la empresa farmacéutica herramientas que permitan la optimización de los procesos y las operaciones que se realizan en el área de producción de líquidos, lo cual permitirá el ingreso de tiempos productivos en tiempo real y de esta manera se podrá identificar los tiempos improductivos y desviaciones en los procesos, permitiendo la creación de planes de mejora, indicadores clave de eficiencia para el área de producción y el cumplimiento de los plazos de entrega al cliente interno de la empresa.

3.5.2. De no realizarse

De no realizarse el presente trabajo no se podrá lograr la optimización de los procesos y operaciones que se realizan en el área de producción de líquidos, tampoco se podrá identificar los tiempos improductivos y desviaciones de los

procesos, continuará la falta de creaciones de indicadores clave de eficiencia y planes de mejora, la problemática del incumplimiento de los plazos de entrega al cliente interno persistirá y esto se verá reflejado en la falta de disponibilidad de productos terminados para la entrega al cliente final, ocasionando reclamos por el incumpliendo en las entregas pactadas y generando pérdidas considerables para la empresa farmacéutica.

4. JUSTIFICACIÓN

El trabajo se sitúa en la línea de investigación de operaciones en el área de Optimización de Operaciones y Procesos de la Maestría en Gestión Industrial de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ya que se enfocará en el diseño de un plan para la optimización de procesos productivos utilizando la metodología *lean manufacturing* en el área de manufactura de líquidos en una planta farmacéutica.

La necesidad de esta investigación surge de la identificación y plan de mejora de la problemática del incumplimiento de los plazos de entrega al cliente interno de los productos manufacturados en el área de producción de líquidos de una planta farmacéutica y la búsqueda de una herramienta que permita la optimización de las operaciones y procesos.

La importancia de la investigación es brindar un plan que permita el cumplimiento de los plazos de entrega al cliente interno de productos manufacturados en el área de producción de líquidos, para no provocar desabastecimiento en las bodegas de producto terminado y que estos estén a disponibilidad para cubrir la demanda y no incurrir en reclamos por incumplimiento de entregas ni generar pérdidas de clientes finales por la no disponibilidad de productos solicitados en el mercado.

La motivación de esta investigación es diseñar un plan para la empresa farmacéutica que brinde herramientas para la creación de indicadores de eficiencia y planes de mejora que permitan la optimización de las operaciones y procesos dentro del área de producción de líquidos, debido al impacto que esto

genera en el cumplimiento de los plazos de entrega de los productos terminados a los clientes internos y como consecuencia a los clientes finales.

Entre los beneficios de esta investigación se incluyen las herramientas que permitirán la optimización de los procesos y las operaciones que se realizan en el área de producción de líquidos, las cuales permitirán el ingreso de tiempos productivos en tiempo real y la identificación de los tiempos improductivos y desviaciones en los procesos, lo cual permite la creación de planes de mejora, indicadores clave de eficiencia para el área de producción y el cumplimiento de los plazos de entrega al cliente interno de la empresa.

Los beneficiarios de este estudio de investigación serán principalmente las áreas de producción y, conjuntamente a esta, los departamentos de control de calidad y logística, por la naturaleza de sus operaciones, los cuales, de manera indirecta, también verán un incremento en sus indicadores de cumplimiento de entrega de producto terminado, y también será beneficiado el cliente final, quien tendrá mayor disponibilidad de los productos y su demanda será cubierta con mayor rapidez. Por último, se beneficiarán la empresa y sus operarios, pues su eficiencia productiva aumentará.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar un plan para la optimización de procesos productivos utilizando la metodología *lean manufacturing* en el área de manufactura de líquidos en una planta farmacéutica.

5.2. Específicos

- Analizar las condiciones iniciales de los procesos de manufactura de líquidos de una planta farmacéutica.
- Determinar las variables que generan tiempos improductivos, con base en la metodología *lean manufacturing* en el área de producción de líquidos de una planta farmacéutica.
- Diseñar los indicadores de los procesos de manufactura en el área de producción de líquidos de una planta farmacéutica mediante la utilización de la metodología *lean manufacturing*.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Este estudio surge de la necesidad del diseño de un plan para la optimización de los procesos productivos que permita subsanar el incumplimiento de los plazos de entrega al cliente interno de productos manufacturados en el área de producción de líquidos. También se busca disminuir o eliminar los tiempos improductivos y desviaciones de los procesos generados por el mal aprovechamiento de los recursos disponibles para el cierre de las actividades productivas.

El esquema de solución comprenderá el diagnóstico inicial del área de producción de líquidos. Este se realizará de forma presencial para la observación y registro de todas las actividades, operaciones y procesos que realiza el personal, se realizará la toma de datos relevantes para la investigación respecto a los paros que sean evidentes en los procesos y los tiempos que estos conlleven, seguidamente se realizará el análisis de la información tomada, utilizando herramientas que permitan la identificación de los cuellos de botella y desviaciones de los procesos productivos.

Después de realizar el esquema de solución, se brindará la propuesta del diseño de un plan de mejora utilizando herramientas de *lean manufacturing* que permitan reducir o eliminar los desperdicios en los procesos productivos, con el fin de aumentar el cumplimiento de los plazos de entrega al cliente interno de los productos terminados, manufacturados en el área de producción de líquidos dentro de la empresa farmacéutica en estudio.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Industria farmacéutica

La industria farmacéutica pertenece al sector manufacturero dedicado al desarrollo, fabricación y comercialización de medicamentos para consumo humano. Cabe mencionar que no todos los grupos cumplen estos cuatro criterios, debido a que algunas industrias solo se dedican a la fabricación de medicamentos, pero son considerados dentro de este concepto. Los medicamentos desarrollados en la industria farmacéutica tienen como objetivo tratar o prevenir enfermedades con la finalidad de mejorar la salud y la calidad de vida de las personas.

Las farmacéuticas están en constante cambio y deben adaptarse a las metodologías y tecnologías del mercado para permanecer a la vanguardia con productos que cumplan con la calidad requerida y la eficacia, lo cual dará un alto sentido de satisfacción al cliente final, es por ello que estas industrias buscan la mejora continua y las herramientas que ayuden a alcanzarla.

7.1.1. Productos farmacéuticos

Se puede definir un producto farmacéutico como un producto natural, biológico o sintético creado con el propósito de prevenir, tratar o atenuar las enfermedades. Los productos farmacéuticos se elaboran por medio de la síntesis de los principios activos, lo que se realiza por medio de procesos químicos, biológicos o biotecnológicos. Algunos de los productos que conforman el sector

farmacéutico son: comprimidos, jarabes, suspensiones, soluciones estériles, sueros, vitaminas, entre otros.

7.1.2. Departamento de producción

El departamento de producción tiene a su cargo la transformación de la materia prima en productos destinados al cliente final, entre sus principales actividades están la coordinación y planificación de insumos, áreas, tiempos, maquinarias y personal necesario para un proceso y que este sea realizado aplicando buenas prácticas de manufactura para conseguir la calidad requerida de los productos y alcanzar el cumplimiento con los estándares establecidos por las instituciones reguladoras del sector farmacéutico.

El proceso de fabricación de un producto inicia en el área de pesado de materias primas, en donde la función principal es proveer de las materias primas necesarias según las órdenes de producción y su fórmula cuantitativa para la elaboración de los productos. Seguidamente se trasladan las materias primas a las áreas de producción en donde se procede a la fabricación del producto a granel, posteriormente se realiza el proceso de llenado en el empaque primario, este producto es trasladado, como producto terminado, al área de empaque para ser debidamente empacado en su empaque secundario y embalado. Durante el proceso de fabricación y empaque del producto terminado se realizan controles en proceso por parte del área de control de calidad, que verifica la integridad y cumplimiento de la calidad del producto.

Al finalizar el proceso de fabricación y empaque, el producto debe ser puesto a disposición del área de bodega para ser ingresado al inventario de producto terminado. Para que bodega disponga del producto terminado el área de producción de líquidos, al finalizar el proceso de llenado en el empaque

primario, debe realizar el cierre de la orden de producción en el sistema SAP, para que el producto aparezca como producto terminado. Cuando la orden de producción se refleje como cerrada en el sistema SAP el departamento de control de calidad realiza la liberación del producto, y de esta manera el área de bodega contará, tanto de manera física como en sistema, con el producto final para realizar el envío de órdenes solicitadas por el cliente final.

7.1.2.1. Área de pesado de materia prima

En esta área se lleva a cabo el proceso de pesado de las materias primas requeridas para una orden de producción. Es el primer paso dentro del departamento de producción para la manufactura de los productos y debe llevarse un estricto control dentro del área, debido a que los productos dependen del equilibrio adecuado entre las cantidades de cada materia prima y de las condiciones en que han sido dispensados, por lo cual los instrumentos y las áreas a utilizar deben estar debidamente validados, calibrados y en buen estado, así como el control documental debe cumplir con controles de trazabilidad.

7.1.2.2. Área de producción de sólidos

Área encargada de la producción, control, planificación y verificación de las formas farmacéuticas sólidas, verificando que se cumpla con las especificaciones de calidad establecidos por el departamento de control de calidad. Dentro del área de producción de sólidos se pueden encontrar subdivisiones como, por ejemplo, área de mezclas, granulación, compresión, entre otras.

7.1.2.3. Área de producción de líquidos

La manufactura de formas farmacéuticas como soluciones orales, espráis nasales, jarabes, suspensiones orales, suspensiones tópicas y elixires, se realiza en el área de producción de líquidos. Esta área no solo se encarga de la fabricación del granel sino también es la responsable de la dosificación del producto en su empaque primario, velando para que los procesos productivos aprovechen todos los recursos disponibles, incluyendo la planificación, producción, control, verificación y aprobación de los productos terminados.

7.2. Optimización de procesos productivos

Se enfatiza en la optimización de procesos productivos porque en la realidad empresarial, y también en el ámbito personal, técnicamente se gestiona una serie de actividades repetitivas que constituyen una rutina que se adopta y permanece para la obtención de resultados. Cada uno de estos movimientos pueden percibirse como independientes, sin vínculo alguno, en cambio si se logran agrupar, darles sentido y enfocar a un resultado efectivo a través de diferentes técnicas y herramientas, se puede identificar los puntos deficientes y encontrar soluciones para perfeccionarlos. Cuando una organización asigna los recursos necesarios para analizar sus procesos, puede obtener como resultado procesos más eficientes y eficaces, reduciendo posibles errores, lo cual permite reducir o maximizar los tiempos en cada proceso.

7.2.1. Procesos productivos

Un proceso productivo se puede definir como un conjunto de actividades interrelacionadas a través de las cuales las entradas se transforman en salidas con mayor valor, a las cuales se les conoce como productos o servicios. Estos

representan el trabajo que hay que hacer para conseguir un determinado resultado. De forma más conceptual, Suñé, Gil y Arcusa (2004) definen “un proceso productivo como una secuencia definida de operaciones que transforman unas materias primas y/o productos semielaborados en un producto acabado de mayor valor” (p. 77).

7.2.1.1. Tipos de procesos

Los procesos buscan siempre la mejora continua con el objetivo de optimizar recursos y tiempos para ofrecer productos con mayor competitividad en cuanto a calidad y precio. Para los procesos productivos existen diferentes formas en las que pueden ser clasificados y esto dependerá del criterio de clasificación que se elija. Entre algunos de los tipos de procesos según su clasificación se pueden mencionar los siguientes:

- Según el grado de automatización
 - Manuales
 - Semiautomáticos
 - Automáticos

- Según el grado de ocurrencia
 - Cíclicos
 - Semicontínuos
 - Continuos

- Según el flujo productivo
 - Unidad por unidad
 - Por lotes
 - A velocidad constante (en línea)

7.2.2. Productividad

La productividad considera la medición, que a su vez es un paso esencial del proceso de control, y se define como el cociente producción-insumos en un ciclo, contemplando la calidad. “La productividad mide la cantidad que un proceso puede producir en relación con los recursos utilizados para ello. La productividad se mide en unidades por unidad de tiempo y por recurso consumido” (Suñé *et al.*, 2004).

La productividad se puede mejorar con las siguientes variaciones:

- Incremento de productos con los mismos insumos.
- Reducir los insumos manteniendo los mismos productos.
- Incrementar los productos, reduciendo los insumos para obtener una favorable relación entre ellos.

7.2.3. Eficiencia

La productividad supone efectividad en el cumplimiento individual y de organización, así pues, la efectividad es completar los objetivos sin importar el uso de los recursos materiales, humanos o financieros. “La eficiencia consiste en la medición de los esfuerzos requeridos para alcanzar los objetivos. El costo, el tiempo, el uso adecuado de factores materiales y humanos, cumplir con la calidad propuesta, constituyen elementos inherentes a la eficiencia” (Fleitman, 2007, p.98).

7.2.4. Eficacia

Enfocarse en la productividad es alcanzar una relación favorable entre producción e insumos en un periodo específico con la debida atención a la calidad. La eficiencia es alcanzar los fines propuestos con la menor cantidad de recursos. “La eficacia mide los resultados alcanzados en función de los objetivos que se han propuesto, presuponiendo que esos objetivos se cumplen de manera organizada y ordenada sobre la base de su prelación” (Fleitman, 2007, p. 98).

7.2.5. Estudio de tiempos

El estudio de tiempo tiene un rol importante en la efectividad y productividad de las industrias y sus productos o servicios. Sin embargo, puede definir criterios de tiempo para la programación, el costeo, la dotación de personal, la evaluación de la productividad, el desarrollo del plan de pago y otras actividades, por lo que cualquier empresa que busque competir a un alto nivel debe centrarse en metodologías de estudios de tiempo efectivas. Elegir la adecuada metodología para analizar la actividad elegida para el estudio de tiempos es muy importante para que los recursos asignados a dicha actividad sean utilizados de la forma más efectiva.

Hodson (2001) refiere que el estudio de tiempos es un procedimiento que se utiliza para medir el tiempo que tarda un operario calificado, trabajando en niveles normales de competencia, para realizar un trabajo de una manera particular. De hecho, el estudio del tiempo a menudo incluye el estudio del método. Además, argumenta, los profesionales deben monitorear los métodos a medida que realizan estudios de tiempo para buscar oportunidades de mejora.

7.2.5.1. Tiempo normal

El tiempo normal se define como el tiempo que le toma a un operador típico trabajar a una velocidad cómoda para fabricar una pieza. El tiempo normal se calcula de la siguiente manera: multiplicar la calificación del trabajador por el tiempo promedio que dura la actividad (Meyers, 2000). Los paros para que los productores compensen sus necesidades personales y descansen del cansancio causado por el propio trabajo no cuentan en el tiempo normal, estos deben eliminarse.

7.2.5.2. Tiempo estándar

El cálculo del tiempo estándar en el proceso de producción es una práctica indispensable. 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 y Aquilano, 2009). Esta es una herramienta que permite definir la carga de trabajo, eliminar todas las actividades que no generen valor a los procesos y reducir la variabilidad de los mismos. El tiempo estándar se relaciona con el tiempo *takt* o tiempo ritmo, el cual es un dato teóricamente aceptable para producir una pieza durante cada fase del proceso productivo. Contar con tiempos estándar de las operaciones es clave para:

- Eliminar el tiempo improductivo y estudiar las posibles mejoras
- Comparar las diferentes metodologías para una misma actividad
- Repartir el trabajo equitativamente a los equipos de trabajo
- Determinar variaciones y la carga de trabajo dentro de la organización
- Cálculo estándar de los procesos

7.3. *Lean manufacturing* en sistemas de producción

Lean manufacturing como sistema de gestión en producción tiene como objetivo disminuir los desperdicios y aumentar el valor agregado para el cliente. Es un sistema con orígenes en la industria del automóvil y que se extrapoló a todas las industrias. Su éxito en el aumento de la competitividad de la empresa demuestra que este es un valor esencial para la estabilidad de las organizaciones en el mercado.

7.3.1. Filosofía *lean manufacturing*

Lean manufacturing o manufactura esbelta es considerada una filosofía que representa excelencia en la manufactura, dado que tiene un enfoque en la eliminación de desperdicios. Es por tal razón que es una de las filosofías más utilizadas en la actualidad, ya que en su mayoría las empresas buscan herramientas que les permitan una mayor productividad en los procesos y de esta forma aumentar su competitividad en el mercado.

Según González, *lean* es un conjunto de herramientas que ayudan a la identificación y eliminación o combinación de desperdicios (*muda*), a la mejora en la calidad y a la reducción del tiempo y del costo de producción. En un segundo enfoque, considera el flujo de producción (*mura*) a través del sistema y no hacia la reducción de desperdicios. Algunas metodologías para mejorar el flujo de la producción nivelada son la reducción de *Muri*, *Kanban* o la tabla de *Heijunka* (González, 2007, p. 86).

El principal objetivo de la filosofía *lean manufacturing* es la eliminación de desperdicios, es decir todas aquellas actividades que no agregan valor a los procesos ni al cliente. Magalhaes (2010) identifica 7 tipos de desperdicios:

reparación/rechazos, procesamiento incorrecto, sobreproducción, inventario, movimiento innecesario, espera y transporte.

Las empresas que se quieren adentrar en una cultura *lean* deben fomentar la colaboración y comunicación en todos los operarios y niveles dentro de la empresa, pues son los operarios quienes están en los procesos diarios y es por medio de ellos que se puede identificar los problemas y buscar propuestas de mejora en cada área de trabajo.

7.3.1.1. Principios lean manufacturing

Alrededor del mundo, los principios *lean* han revolucionado la percepción que las industrias tenían sobre el concepto de fabricación y no solo en las empresas de manufactura, sino también en las industrias de desarrollo de software y de servicios. Para la implementación de la metodología *lean*, Womack y Jones (1996) presentan cinco principios fundamentales:

- Identificar el valor desde la perspectiva del cliente: en todas las empresas se le debe dar prioridad al hecho de poder identificar y comprender el valor con el que los clientes califican los productos o servicios que se ofrecen, lo que también ayudará a identificar el pago que los clientes están dispuestos a hacer por dichos productos o servicios.
- Mapear el flujo de valor: para la identificación de las actividades que no agregan valor y oportunidades de mejora en los procesos se debe estimar detenidamente cada etapa del ciclo de producción, lo que implica el registro de información y análisis del flujo de materiales que son requeridos para elaborar un producto específico.

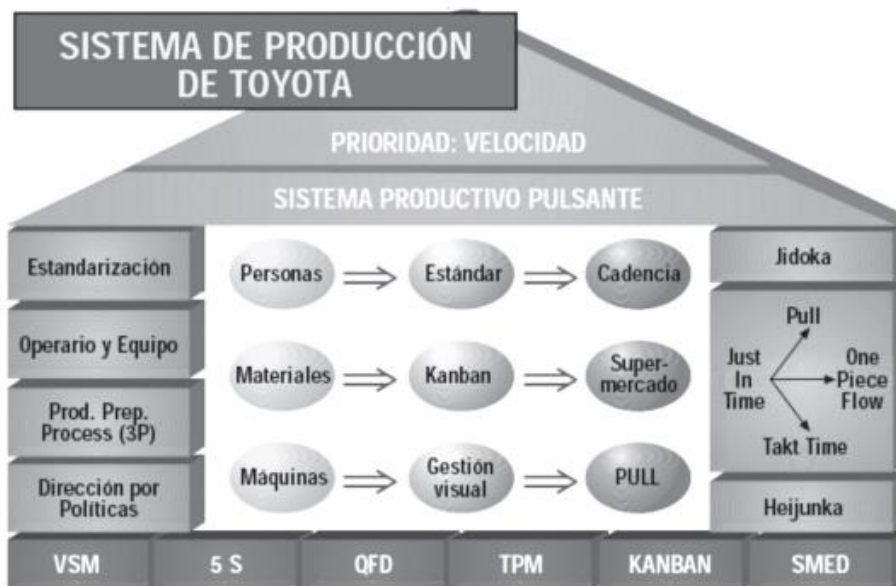
- Crear el flujo: la filosofía *lean* está basada en evitar los paros durante los procesos productivos, así como en la integración de los procesos para que las actividades se realicen a flujo constante, es por ello que este principio demanda la reducción de las barreras funcionales y la identificación de oportunidades para mejorar los tiempos de entrega y así garantizar un proceso fluido, desde la recepción de los pedidos hasta la entrega de los mismos con el cliente final.
- Establecer un sistema *pull*: a diferencia de un sistema *push*, un sistema *pull* está basado en la comunicación y flexibilidad en las áreas de trabajo y en la distribución equitativa de las órdenes de producción, por lo que las órdenes de producción se inician solo cuando es requerido, lo que significa que no se compra ni se fabrica nada hasta que existe una demanda que abastecer.
- Perseguir la perfección con la mejora continua del proceso: este principio inicia con la política que establece una visión del proceso ideal para alcanzar los objetivos. Todos los operarios de todos los niveles dentro de la empresa deben tener el conocimiento de las metas que se desean alcanzar y cuáles son las áreas de prioridad para ello, de esta forma se consigue que todos estén en la búsqueda de la mejora continua hasta alcanzar la perfección, identificando los problemas de calidad y las oportunidades de eliminación de desperdicios en la cadena de valor.

7.3.2. Herramientas de lean manufacturing

El sistema de producción Toyota es la base principal del *lean manufacturing*, el modelo TPS provocó una revolución industrial en Japón y es de ahí que se ha vuelto una de las metodologías más implementadas en las

industrias. Su propósito es aumentar la eficiencia de la producción mediante la eliminación total de los desperdicios y las pérdidas en los procesos. Todo ello se sustenta en dos pilares fundamentales: la innovación en la gestión del trabajo en los talleres y los mecanismos de control interno de la empresa. (Naylor *et al.*, 1999)

Figura 1. Sistema de producción Toyota



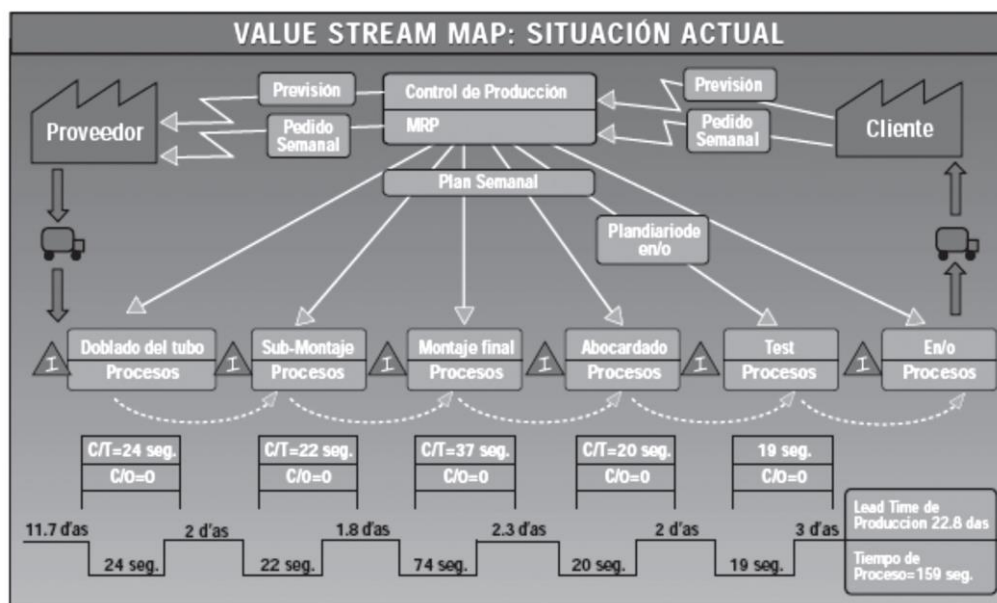
Fuente: Tornos y Bruno (2005). *Identificar el despilfarro: el mapa del flujo de valor.*

7.3.2.1. Mapa del flujo de valor (VSM)

Es necesario que, previo a la implementación de una cultura *lean* dentro de una empresa, se haga un mapeo de la situación actual de la misma en el que se presente detalladamente el flujo de información y el flujo de material para conocer la situación actual. Según Womack *et al.* (1996), el mapeo tiene como objetivo identificar todas las actividades que se realizan durante un flujo de valor

para un producto o conjunto de productos. Por ello es importante la recolección de información *in situ* y no basarse en informes pasados, así se trabajará en una implantación para el estado actual de la empresa y no para supuestos que ya han pasado.

Figura 2. Mapa del flujo de valor



Fuente: Tornos y Bruno (2005). *Identificar el despilfarro: el mapa del flujo de valor.*

Se debe realiza un VSM para proveedor, para cliente y para la planta en sí, que permita identificar cómo se están manejando los flujos de información y de materiales desde el inicio con los proveedores hasta entregar a un cliente final y cómo estos trabajan en conjunto para la transformación de materiales o información en productos o servicios, y así identificar la cadena de valor (Carreras y Sánchez, 2010).

Con el mapa del flujo de valor actual se identificarán las oportunidades de mejora y, por consiguiente, será necesario trazar un mapa del flujo de valor futuro, donde se deben plasmar los objetivos y la situación a la cual se quiere llegar al implementar la cultura *lean* para alcanzar la eficiencia de los procesos al nivel más alto que sea posible en cada etapa de la implementación.

7.3.2.2. Kaizen

Esta es una de las principales herramientas de la filosofía *lean*, “se puede decir que *kaizen* significa cambio para mejorar, (...) no es solamente un programa de reducción de costes, sino que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, es lo que se conoce como mejora continua” (Carreras y Sánchez, 2010, p.12).

Los eventos *kaizen* son cadenas de acciones que realizan equipos de trabajo multidisciplinarios que tienen como principal objetivo la mejora de los resultados aumentando la eficiencia de los procesos existentes dentro de la empresa. Por medio de estas acciones los encargados de los procesos y los operarios pueden identificar y trabajar en mejoras que aporten valor a los procesos. Por lo antes mencionado, entonces, la implementación de eventos *kaizen* reduce los desperdicios, mejora la calidad reduciendo la variabilidad y mejora las condiciones de trabajo.

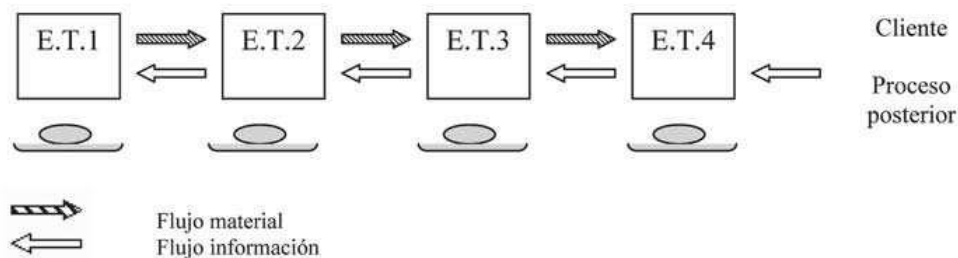
7.3.2.3. Kanban

Es un sistema de producción que se apoya de la programación y del control sincronizados para una producción justo a tiempo, lo que permite el aprovechamiento de las capacidades de los operarios. La utilización del sistema Kanban permite la reducción de costos durante el proceso de información, que el

conocimiento de los hechos sea rápido y preciso, además de limitar el exceso de capacidad de las áreas.

En este sistema se utilizan tarjetas de pedidos llamadas Kanban, las cuales tienen como objetivo retirar de cada proceso lo que requiere de los procesos anteriores y estos inician a producir únicamente lo que se ha retirado, sincronizando todo el flujo de materiales de las bodegas con el de las áreas. Hay dos tipos de tarjetas: Kanban de transporte, las cuales dicen qué y cuánto material será retirado del proceso anterior, y las tarjetas Kanban de producción, las cuales dicen qué y cuánto se debe fabricar para el proceso posterior (Carreras y Sánchez, 2010).

Figura 3. **Representación de una línea de producción de cuatro estaciones**



Fuente: Carreras y Sánchez (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad.*

Las tarjetas Kanban pueden ser sustituidas por otro tipo de sistema que permita una operación parecida. En la actualidad muchas empresas emplean tableros electrónicos u órdenes que han sido creadas en algún software de producción. El sistema Kanban, entonces, es un sistema que trabaja bajo órdenes de producción y órdenes de recolección de materiales desde los proveedores hasta las áreas de trabajo que intervienen en un proceso productivo específico.

7.3.2.4. Single Minute Exchange of Die (SMED)

Los arranques rápidos y las preparaciones en tiempos pequeños están entre las innovaciones *lean* que han aportado los japoneses a las organizaciones científicas enfocadas en el trabajo. *Single Minute Exchange of Die* (SMED), en definitiva, tiene como objetivo minimizar los tiempos de cambio de formato durante la producción, de manera que esta actividad no represente una obstrucción en un flujo continuo.

SMED introduce la idea de que cualquier cambio de formato, de máquina o arranque de un proceso no debe tener una duración de más de 10 minutos (Gómez, 2010). Este tiempo de duración de cambio de formato debe iniciar su conteo desde que la máquina es detenida para iniciar el cambio hasta que la máquina fabrica la primera pieza después del cambio.

Tejeda (2011) menciona que existen dos tipos de preparación: externa, la cual es la que se puede realizar con la máquina en marcha, e interna, para la cual es necesario que para el cambio de formato o mantenimiento la máquina se detenga. Lo que SMED busca es convertir la preparación interna en preparaciones externas para eliminar los tiempos improductivos que se generan cuando la máquina está detenida.

Según lo planteado por Williams, entre los:

Beneficios de la implementación de SMED se menciona el reducir el tiempo de preparación y convertirlo en tiempo productivo, reducir el tamaño de inventario, reducir el tamaño de los lotes de producción y producir durante el mismo día varios modelos en la misma máquina o línea de producción. (Williams, 2002, s/p)

Para la implementación de SMED en una línea productiva se deben tomar en cuenta cuatro etapas para alcanzar las mejores eficiencias de las líneas productivas.

- Etapa preliminar: en esta etapa se realiza una evaluación de la actividad de cambio. Esta etapa es muy importante pues, por medio de esa evaluación preliminar, se hace posible el conocimiento de la actividad que se realiza en la línea y esto permite identificar los fallos o desperdicios, y también permite identificar las oportunidades de mejora. Para toda implementación antes es necesario hacer una evaluación actual pues, si no se conocen los procesos, no se sabrá qué cambios serán funcionales.
- Primera etapa: se debe definir cuáles son las preparaciones internas y cuáles son las preparaciones externas, de manera que se puedan identificar rápidamente. Aquí debe priorizarse qué actividades realmente pueden realizarse mientras la máquina está en marcha y para qué actividades se debe detener la marcha de la máquina.
- Segunda etapa: esta etapa busca transformar las preparaciones internas en preparaciones externas. Para alcanzar este objetivo, mientras la máquina está en marcha se debe realizar la preparación de todo lo necesario para realizar el cambio y, cuando el lote finalice y la máquina se detenga, se proceda a realizar el cambio en el menor tiempo posible ya que ya se tendrá todo preparado para ello.
- Tercera etapa: es de suma importancia afinar todos los aspectos de las actividades que conforman una preparación ya sea interna o externa. También es útil acortar los movimientos que es necesario que los operarios realicen para completarlas o bien la implementación de

operaciones en paralelo. Son operaciones en paralelo aquellas en las que se involucra a más de un operario para realizar una actividad, con el fin de reducir el tiempo que esta demanda.

7.3.2.5. 5´S

Esta herramienta *lean* tiene definido un proceso de cinco fases, las cuales implican la adaptabilidad a la cultura empresarial y la concesión de recursos, pero también toma en cuenta todos los aspectos humanos para el desarrollo de cada fase de implementación. Carreras y Sánchez (2010) mencionan que los principios básicos de las 5S se conforman de cinco fases cuya fonética empieza por s: *seiri*, *seiton*, *siso*, *siketsy* y *shitsuke*, que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar (cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa), limpiar e inspeccionar, estandarizar y disciplina.

- Eliminar (*Seiri*): es la primera fase y tiene como principal objetivo organizar todos los insumos y herramientas que son utilizados en los procesos, al organizar esto se identificarán todo lo que es innecesario dentro de las áreas de trabajo, dejando únicamente lo que será útil para el desarrollo de las actividades.
- Ordenar (*Seiton*): ya definido lo que se desechará y lo que será útil en cada área de trabajo, se prosigue con la siguiente fase: ordenar. Esta demanda establecer un lugar definido para cada insumo y herramienta que se quedarán en el área de trabajo, de tal forma que lo que tiene un flujo de uso más constante esté situado más cerca del operario, para que este pueda ubicarlo con mayor facilidad.

- Limpiar (*Seiso*): con un área organizada y ordenada, la tercera fase de implementación requiere siempre mantener dicha área despejada, limpia y siempre lista para que las actividades dentro de ella fluyan con mayor rapidez. Un área sin focos de suciedad o desperdicios siempre permitirá un mayor aprovechamiento, lo cual permite alcanzar mejores eficiencias. Esta fase también es muy importante, pues se desarrolla la inspección de las áreas de trabajo y de los equipos, lo que permite detectar fallas en los mismos antes de ser utilizados.
- Estandarizar (*Seiketsu*): tiene como objetivo principal consolidar todo lo que se ha trabajado en las tres S anteriores y de esta forma crear un sistema de trabajo que permita desarrollar las actividades de una forma ágil y con efectos que perduren a lo largo del tiempo, sin importar quién sea la persona que realice las actividades dentro del área. Carreras y Sánchez (2010) afirman: “estandarizar supone seguir un método para aplicar un procedimiento a una tarea de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales” (p. 59).
- Disciplina (*Shitsuke*): con los métodos de trabajo estandarizados esta última fase tiene como meta crear un hábito de utilización de los mismos en los operarios, para que, ya formado el hábito, se pueda alcanzar una cultura de autocontrol y con ello la fase de implementación finalizará, pues ya no lo verán como algo que deben hacer sino lo harán de forma automática. Realizar el trabajo con disciplina demanda inspecciones y auditorías realizadas por el mismo equipo de trabajo para identificar oportunidades de mejora.

7.3.2.6. Heijunka

Es una metodología que propone planificar y nivelar la demanda de productos por volumen y variedad, esta es una metodología funcional para empresas con un amplio catálogo de productos. La implementación de esta se considera como una verdadera implementación de un sistema *pull* dentro de la empresa. Para disminuir el *time to market* y aumentar la flexibilidad se deben trabajar lotes más pequeños, buscando el tamaño mínimo de los lotes, los costos, esfuerzos en los cambios de formatos y los beneficios que proveerán esas economías de escala, trabajando bajo un método estandarizado y disciplinado (Carreras y Sánchez, 2010).

Heijunka propone trabajar bajo un flujo continuo, para que las piezas no se queden estancadas y de esta forma crear áreas de trabajo que mantengan constantes movimientos, disminuyendo el *stock* intermedio en cada estación de trabajo, lo que permitirá la reducción del tiempo de fabricación sin perder de vista que se tendrán desequilibrios entre las áreas de trabajo, pero estos paros deben ser los menores posibles, de tal forma que se trabaje a un ritmo fluido y constante. Para alcanzar ese ritmo de trabajo es importante tener en cuenta el flujo de información, el flujo de materiales y el flujo de operarios entre las áreas.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

OBJETIVOS

MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Industria farmacéutica

1.1.1. Productos farmacéuticos

1.1.2. Departamento de producción

1.1.2.1. Área de pesado de materia prima

1.1.2.2. Área de producción de sólidos

1.1.2.3. Área de producción de líquidos

1.2. Optimización de procesos productivos

1.2.1. Procesos productivos

1.2.2. Productividad

1.2.3. Eficiencia

1.2.4. Eficacia

1.2.5. Estudio de tiempos

1.2.5.1. Tiempo normal

1.2.5.2. Tiempo estándar

1.3. *Lean manufacturing* en sistemas de producción

1.3.1. Filosofía *lean manufacturing*

1.3.1.1. Principios *lean manufacturing*

1.3.2. Herramientas de *lean manufacturing*

1.3.2.1. Mapa del flujo de valor (VSM)

1.3.2.2. Kaizen

1.3.2.3. Kanban

1.3.2.4. *Single Minute Exchange of Die* (SMED)

1.3.2.5. 5´S

1.3.2.6. Heijunka

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Revisión documental

2.2. Determinación de condiciones iniciales

2.3. Análisis de las variables de control

2.4. Diseño del plan de optimización

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

La metodología del presente estudio tiene variables cuantitativas y cualitativas, por lo que tiene un enfoque mixto, con un diseño de investigación no experimental y su alcance es descriptivo. La recolección de datos de este estudio tendrá ocurrencia en un momento específico, por lo cual es de tipo transversal.

9.1. Características del estudio

El presente estudio de investigación tiene un enfoque mixto y diseño no experimental, pues busca evaluar los procesos productivos en el área de manufactura de líquidos y hacer una medición de tiempos de los mismos, por lo que se estudiarán variables cualitativas y cuantitativas por medio de encuestas a los operarios, observación sistemática de los procedimientos, bitácoras y fichas técnicas, también por medio de la recolección y análisis de datos estadísticos relacionados con la entrega de productos terminados al cliente interno. Toda la información recabada únicamente será analizada por medio de métodos estadísticos con fines de identificar las oportunidades de mejora.

Su alcance descriptivo tiene como objetivo definir las características de la optimización de los procesos dentro del área de manufactura de líquidos, por medio de la recopilación de información, tabulación de datos observados, análisis de variables. Este estudio permite que la información recopilada determine condiciones iniciales de los procesos dentro del área.

9.2. Variables e indicadores

A continuación se describen las variables de estudio que permitirán el alcance del objetivo principal de la investigación: diseñar un plan para la optimización de los procesos productivos del área de producción de líquidos.

9.2.1. Variables cuantitativas

- Eficiencia técnica: la eficiencia técnica permite demostrar si los recursos asignados a cada proceso están siendo aprovechados en su máxima capacidad o no.

$$\varepsilon = \frac{\textit{unidades producidas}}{\textit{orden de producción}}$$

[Ecuación 1]

- Eficiencia del plan propuesto: se refiere a la eficiencia obtenida después de la implementación de los indicadores propuestos para la mejora de los procesos dentro del área.

$$e = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_f}{\varepsilon_f} * 100$$

[Ecuación 2]

9.2.2. Variables cualitativas

- Evaluación de equipos: por medio de listas de chequeo se realizará la evaluación técnica de los equipos para la verificación de su estado y funcionamiento.

- Tiempo de limpieza y cambio de formato: el tiempo de limpieza es el empleado para despejar y limpiar el área de trabajo después de terminada una orden de producción, y el tiempo de cambio de formato es el tiempo empleado para el armado de las máquinas según la presentación de llenado a trabajar por orden de producción. Estos tiempos tienen su inicio desde que la máquina se detiene hasta que se produce la primera unidad del siguiente producto.
- Paros: es el tiempo durante el cual la máquina permanece detenida por alguna causalidad ajena al proceso de llenado.

9.3. Matriz de consistencia

La tabla I presenta los objetivos, variables, indicadores y técnicas de recolección que serán utilizadas para el presente estudio de investigación:

Tabla I. **Variables e indicadores**

OBJETIVO	VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	INDICADOR	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN
Analizar las condiciones iniciales de los procesos de manufactura de líquidos de una planta farmacéutica	Eficiencia técnica	Cuantitativa	Condiciones iniciales Ecuación 1	Observación Lista de chequeo Análisis de documentación
Determinar las variables que generan tiempos improductivos basados en la metodología <i>lean manufacturing</i> en el área de producción de líquidos de una planta farmacéutica	Evaluación de equipos Tiempo de limpieza Cambio de formato Paros	Cualitativas	Entrega a tiempo Cumplimiento de plan de producción Tiempo de limpieza / orden de producción	Lista de chequeo Observación Análisis de documentación Tabulación de datos

Continuación de la tabla I.

			Tiempo de cambio de formato / orden de producción Tiempo de duración de paro / orden de producción	
Diseñar los indicadores de los procesos de manufactura en el área de producción de líquidos de una planta farmacéutica mediante la utilización de la metodología <i>lean manufacturing</i>	Eficiencia del plan de optimización propuesto	Cuantitativa	Ecuación 2	Observación Tabulación de datos

Fuente: elaboración propia.

9.4. Fases del estudio

El estudio de investigación será desarrollado en cuatro fases o etapas, las cuales permitirán la evaluación desde las condiciones iniciales del área de producción de líquidos hasta la evaluación del diseño del plan propuesto para la optimización de los procesos productivos dentro de la misma, mediante la metodología *lean manufacturing*.

9.4.1. Fase 1: Revisión documental

Esta fase comprende toda la recolección de bibliografías sobre metodologías de optimización, estudios de tiempos y diagramas de procesos que permitan cumplir con los objetivos de este estudio, además de la recopilación del historial de datos sobre tiempos de procesos, paros, mantenimientos y diagramas

de procesos que ayuden a comprender las actividades desempeñadas en el área de producción de líquidos.

9.4.2. Fase 2: Determinación de condiciones iniciales

En esta fase serán determinadas las condiciones iniciales con las que se trabaja en el área de producción de líquidos, por medio de la recolección de información obtenida mediante observación de los procesos, encuestas y entrevistas al personal operativo y administrativo involucrado en los procesos productivos del área, además se reunirán las bitácoras que respalden las tareas ejecutadas dentro del área, así como toda la documentación de los procesos.

9.4.3. Fase 3: Análisis de las variables de control

Para esta fase es necesaria la búsqueda y evaluación de toda la documentación retrospectiva de los tiempos de producción dentro del área de producción de líquidos. Serán tabulados todos los tiempos de paro por mantenimientos no programados, limpiezas, cambios de formato y actividades que no agreguen valor al proceso. Por medio de listas de chequeo se evaluará el estado en el que se encuentran los equipos y si se tienen todos los insumos y herramientas necesarias para las actividades.

9.4.4. Fase 4: Propuesta del plan de optimización

La última fase es donde se desarrollará la propuesta de un plan de optimización y se diseñarán indicadores que permitan esta última en los procesos productivos dentro del área de producción de líquidos. Los datos recolectados en la fase 3 servirán como base para la creación de los indicadores de optimización que ayudarán a medir la eficiencia de los procesos productivos del área.

9.5. Unidad de análisis

La población objetivo serán los productos manufacturados en las líneas de llenado 1 y llenado 2 del área de producción de líquidos, específicamente se estudiarán 20 productos. Se recurrirá a un muestreo de forma estadística con un nivel de confianza del 95 % y con un error del 5 %, el tamaño de la muestra será definido a partir de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{e^2 * (N - 1) + \sigma^2Z^2}$$

[Ecuación 3]

Donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

σ = desviación estándar de la población (0.5 por convención)

Z = nivel de confianza (95 % para el presente estudio)

e = error de estimación máxima esperado (5 % para este estudio)

Teniendo en cuenta que el tamaño de la muestra para este estudio son 20 productos, se tiene:

$$n = \frac{20 * (0.5)^2 * (95\%)^2}{(5\%)^2 * (20 - 1) + (0.5)^2(95\%)^2} = 16.5 \cong 17 \text{ productos}$$

Para que la investigación sea representativa, se tomará como base de estudio el total de la población, la cual comprende 20 productos manufacturados en el área de producción de líquidos.

9.6. Técnicas y metodología

Para la recolección de datos e información en el presente estudio investigación se optará por las siguientes técnicas y herramientas de recolección:

- Observación:

Por medio de la observación de las actividades diarias dentro del área de producción de líquidos, específicamente en las líneas de llenado, se podrá obtener la información necesaria para mayor conocimiento de los procesos, el actuar de los operarios involucrados, las decisiones en situaciones de estrés y la identificación de desperdicios en los procesos.

- Encuestas:

Las encuestas a los operarios especializados serán una de las técnicas utilizadas para la recolección de información, por medio de estas se pretende crear contacto con las personas que tienen a su cargo los procesos que se realizan dentro del área de producción de líquidos, con el objetivo de obtener información por parte de los operarios sobre los procesos y saber cómo las variables involucradas influyen en los mismos.

- Listas de chequeo:

Por medio de listas de chequeo se realizarán inspecciones durante las fases 2 y 3 de la investigación, estas listas permitirán definir las condiciones iniciales tanto de los equipos utilizados como de los procesos productivos que se realizan en el área estudiada, esto también permitirá determinar cuáles son las normas dentro de esta y el grado de cumplimiento de las mismas.

- Análisis de documentos:

Con esta herramienta se buscará realizar una revisión documental del historial de condiciones con las que se ha trabajado dentro del área de producción de líquidos. Será esencial para la segunda fase de esta investigación y ayudará a la identificación de prioridades dentro del área, así como a conocer los tiempos no productivos y que no agregan valor a los procesos.

9.7. Resultados esperados

Con el presente trabajo de investigación se busca diseñar un plan para la optimización de los procesos productivos utilizando la metodología *lean manufacturing* en el área de producción de líquidos, esto brindará herramientas para la creación de indicadores de eficiencia y planes de mejora con la finalidad de eliminar los atrasos en los plazos de entrega al cliente interno de los productos manufacturados.

Al contar con un plan de optimización que pretende simplificar las tareas y eliminar todas aquellas que no agregan valor a los procesos productivos dentro del área se reducirán costos de operación y aumentará la productividad, lo cual aumentará también la disponibilidad de productos terminados y la demanda del cliente final será cubierta con mayor competitividad.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La metodología de las 5'S será aplicada desde la segunda hasta la cuarta fase de esta investigación, y será indispensable para la clasificación, orden y limpieza de las actividades y herramientas, las cuales están orientadas al entorno físico dentro del área, así como a la estandarización y creación de disciplina para el personal, tanto operativo como administrativo, dentro del área de producción de líquidos, lo cual permitirá la identificación y eliminación de desperdicios para la mejora continua que se busca dentro del área.

La estadística descriptiva será una de las técnicas de análisis utilizadas para el presente estudio. La utilización de tablas y gráficos de control permitirá la interpretación de los datos recolectados de las condiciones iniciales de los procesos, lo cual facilitará el diseño de un plan para la mejora de los procesos dentro del área de producción de líquidos.

Los datos recolectados por medio de las listas de chequeo y análisis de documentos durante la segunda y tercera fase de esta investigación también serán analizados por medio de estadística descriptiva, utilizando la media y desviación estándar como factores esenciales para el diseño de indicadores de mejora y control estadístico de los procesos productivos dentro del área.

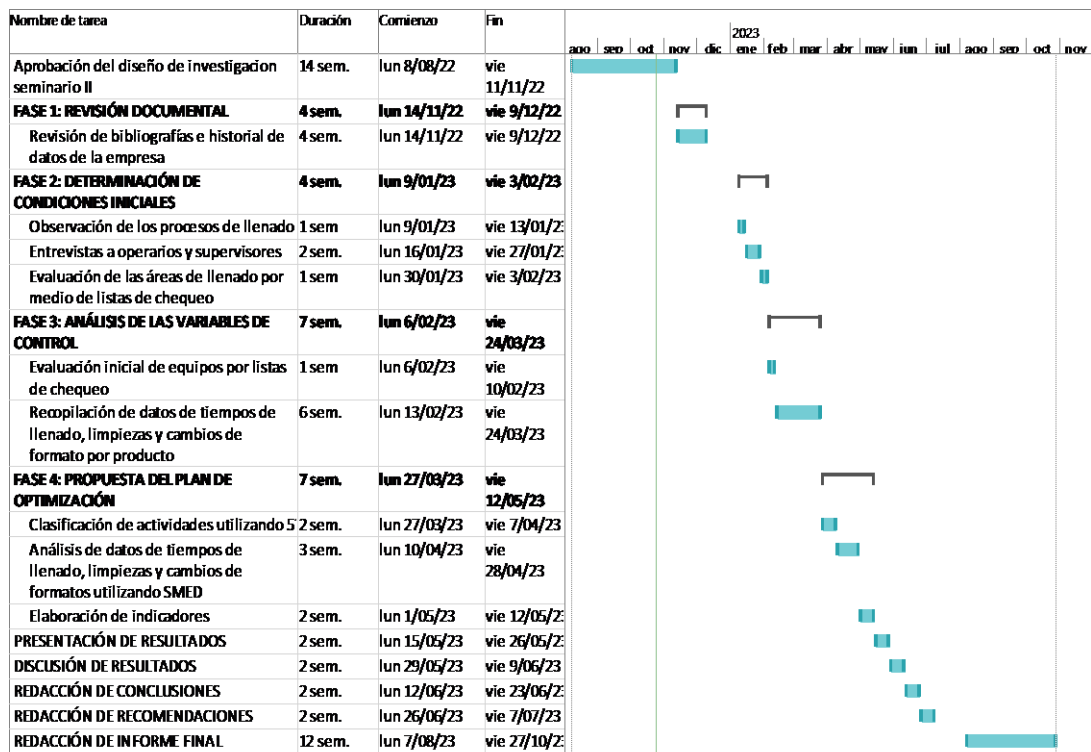
En las fases 2 y 3 se utilizarán diagramas de Pareto para identificar los desperdicios más comunes dentro de los procesos, lo cual también permitirá la identificación de las causas de mayor frecuencia de los desperdicios identificados, y será tomado como guía para identificar las desviaciones y proponer acciones para la eliminación de las mismas.

La metodología SMED será indispensable durante la tercera y cuarta fase de esta investigación, debido a que permitirá el análisis de los datos recolectados para identificar los tiempos improductivos durante la preparación de las líneas, los cambios de formatos en las mismas y los paros innecesarios y no planificados que se dan durante los procesos de llenado. Esta metodología servirá para la observación y análisis de las actividades y para identificar cuáles son actividades internas y cuáles son externas a los procesos, permitiendo el diseño de un plan de acción para convertir las actividades internas en actividades externas, con el fin de reducir tiempos de las actividades y obtener mayores eficiencias en las líneas de llenado en el área de producción de líquidos.

11. CRONOGRAMA

Las actividades para ejecutar el presente estudio se dividen en 4 fases de investigación, además de las fases de discusión y presentación de resultados, las cuales serán realizadas según el cronograma presentado a continuación:

Figura 4. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Project.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente estudio de investigación es factible, pues los recursos necesarios para su realización están al alcance tanto de la empresa donde se realizará como del investigador que la realizará con recursos propios.

Tabla II. Recursos necesarios para la investigación

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
RECURSO HUMANO			
Honorarios de asesor (<i>ad honorem</i>)	1	Q 0.00	Q 0.00
RECURSOS MATERIALES			
Impresiones	200	Q 0.25	Q 50.00
Sobres manila tamaño carta	12	Q 0.75	Q 9.00
Papel bond tamaño carta (resma)	4	Q 35.00	Q 140.00
Tinta para impresora	5	Q 125.00	Q 625.00
Lapicero marca BIC (caja)	1	Q 24.00	Q 24.00
Resaltadores (paquete)	1	Q 24.00	Q 24.00
Post-it (paquete)	1	Q 24.00	Q 24.00
SERVICIOS			
Servicio de Internet	6	Q 354.00	Q 2,124.00
Servicio telefónico	6	Q 350.00	Q 2,100.00
Transporte	6	Q 750.00	Q 4,500.00
TOTAL			Q 9,620.00

Fuente: elaboración propia.

REFERENCIAS

1. Buzón, J. (2019). *Lean manufacturing*. Madrid, España: Editorial Elearning S.L. Recuperado de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=vMfIDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=lean+manufacturing&ots=QW6upLsJD4&sig=S7DvC3bY4OnMYuWxhVxSwvCR18w#v=onepage&q&f=true>
2. Carreras, M. y Sánchez J. (2010). *Lean manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de https://www.academia.edu/28685140/Lean_Manufacturing_La_Evidencia_de_Una_Necesidad
3. Chase, R., Jacobs, F. y Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. México D.F.: McGraw Hill. Recuperado de https://www.academia.edu/36074469/Chase_R_Jacobs_R_and_Aquilano_N_2009_Administraci%C3%B3n_de_Operaciones_12_edici%C3%B3n
4. Colcha, A. (2018). *Propuesta de medidas de mejor que permitan aumentar la productividad de la línea de envasado en una planta comercializadora de pinturas* (tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Matriz, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14926/Tesis%20PUCE%20Alvaro%20Colcha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

5. Del Pozo, L. (2018). *Propuesta de mejora para incrementar la productividad del área de producción de sólidos y empaque, en el laboratorio Euro LTD, Santo Domingo, D.N, 2018* (tesis de maestría). Universidad APEC, República Dominicana. Recuperado de:
https://bibliotecaunapec.blob.core.windows.net/tesis/TPG_CI_MG_P_28_2018_ET171000.pdf.

6. Espina, W. (2020). *Implementación de la herramienta de Manufactura Esbelta (SMED) en un departamento de costura, para reducir tiempos muertos* (tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de:
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/14807/1/Werner%20Heberto%20Espina%20Garc%C3%ADa.pdf>.

7. Fleitman, J. (2007). *Evaluación integral para implementar modelos de calidad*. México D.F.: Pax México. Recuperado de
<https://books.google.com.pe/books?id=j-B7FE7eWAYC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

8. García, E. y Serrano, C. (noviembre 2003). Competitividad y eficiencia. *Estudios de economía aplicada*, Vol. 21-3,423-450. Recuperado de
[https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/8933/17.+Esteban+Garc%C3%ADa,+J._Estudios+de+Econom%C3%ADa+Aplicada+\(e+d.+el.pdf?sequence=1](https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/8933/17.+Esteban+Garc%C3%ADa,+J._Estudios+de+Econom%C3%ADa+Aplicada+(e+d.+el.pdf?sequence=1)

9. Gómez, P. (diciembre 2010). Lean Manufacturing: flexibilidad, agilidad y productividad. *Gestión y Sociedad*, No. 2, Artículo 7, 1-12. Recuperado de

<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1049&context=gs>

10. González, F. (enero, 2007). Manufactura esbelta (Lean manufacturing). Principales herramientas. *Revista Panorama Administrativo*, 1 (2), 86-112. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/46531895_Manufactura_Esbelta_Lean_Manufacturing_Principales_Herramientas
11. Herrera, C. (2018). *Desarrollo de la metodología 5'S para el área de colonias como pilar del manejo productivo total (TPM) y mejora de la productividad, en una empresa cosmética* (tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10311/1/Carolina%20Herrera%20Rosales.pdf>
12. Hodson, W. (2001). *Manual del ingeniero industrial*. México D.F.: McGraw Hill. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/423863987/MAYNARD-Manual-Del-Ingeniero-Industrial-I-William-K-Hodson>
13. Magalhaes, J. (2010). *Los 7 desperdicios en la manufactura esbelta*. Recuperado de <http://manufacturaesbelta.blog.com/2010/11/15/los-7-desperdicios-en-la-manufactura-esbelta-2/>
14. Meyers, F. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*. México D.F.: Pearson Educación. Recuperado de

https://www.academia.edu/28556729/Meyers_Estudio_de_Tiempo_s_y_Movimientos_para_la_Manufactura_Agil_2_ed

15. Morales, A. (2020). *Aplicación de la metodología SMED para mejorar la productividad del área de impresión del departamento de etiquetas en una industria de productos plásticos agroindustriales* (tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/14666/1/Anny%20Antonia%20Morales%20Mendoza.pdf>
16. Naylor, J., Naim, M. y Berry, D. (1999). Leagility: Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain. *International Journal of Production Economics*, 62, 107-118. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527398002230>
17. Orjuela, A. (2016). *Diseño metodológico de las Cinco S's en la línea 6 de refrescos de fruta de gaseosas Lux Bogotá S.A.* (tesis de maestría). Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Colombia. Recuperado de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3810/OrjuelaMendozaAngelaCristina2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
18. Reyes, H. (2021). *Propuesta de mejora de los procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa – Perú aplicando la metodología Lean manufacturing* (tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. Recuperado de:

https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16392/Reyes_ph.pdf?sequence=3&isAllowed=y

19. Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a paso*. Barcelona, España: Marge Books. Recuperado de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rjyeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=lean+manufacturing&ots=DIFPyUuk7O&sig=I6qxQl3x5JIAzkR6O6n5587bisY#v=onepage&q&f=true>
20. Suñé, A., Gil, F. y Arcusa, I. (2004). *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, S.A. Recuperado de https://www.academia.edu/12353298/Manual_practico_de_dise%C3%B1o_de_sistemas_productivos
21. Tejeda, A. (abril, 2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia y Sociedad*, XXXVI, No. 2. 276-305. Recuperado de <https://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/bitstream/handle/123456789/1364/CISO20113602-276-310.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
22. Tornos, I. y Bruno, J. (junio, 2005). Identificar el despilfarro: el mapa del flujo de valor. *Socios Directores del Grupo Galgano*, 2 (1), 24-25. Recuperado de <https://eddymercado.files.wordpress.com/2013/05/identificar-el-despilfarro-el-mapa-de-flujo-de-valor.pdf>

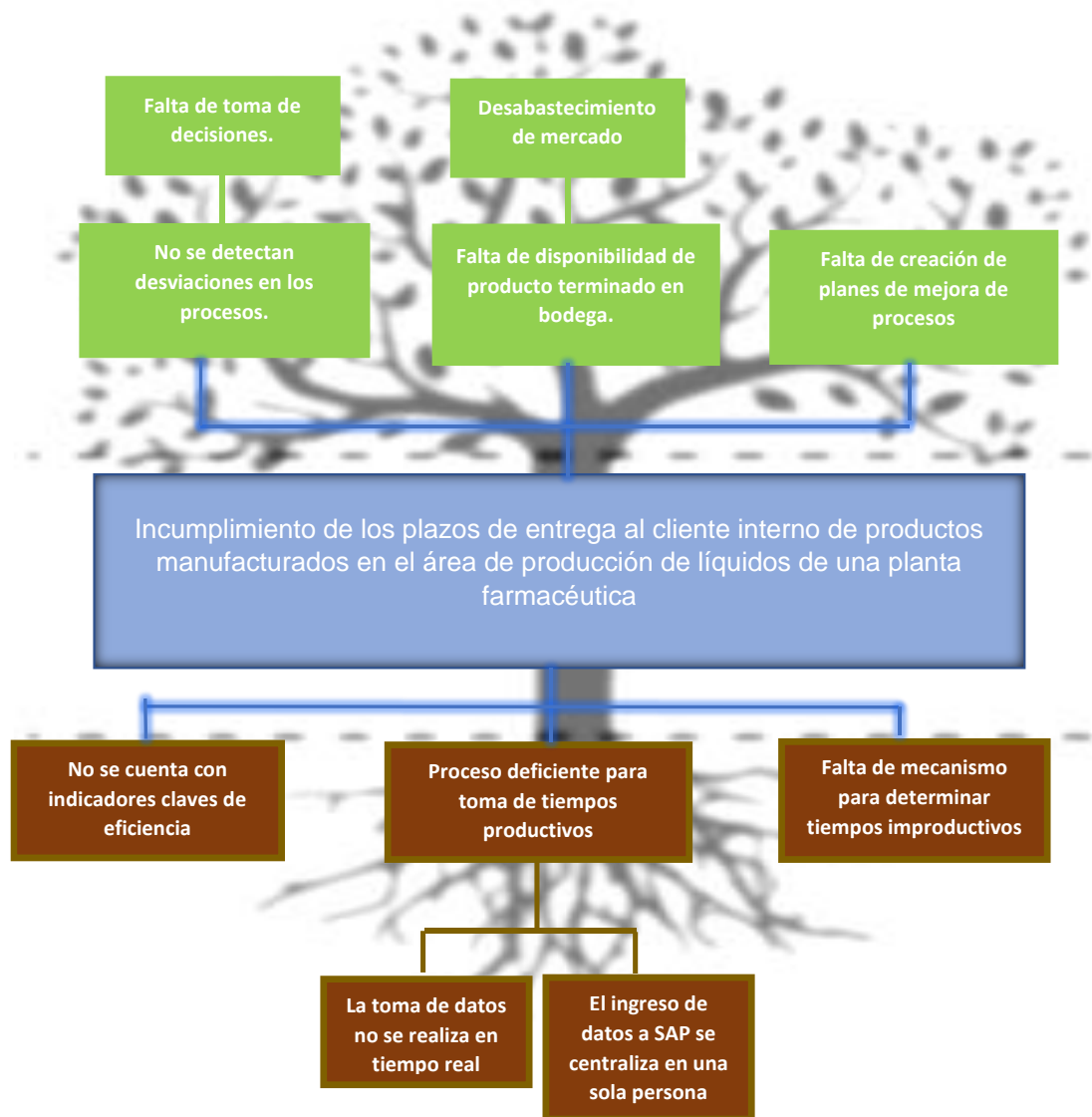
23. William, M. (2002). *Lean Manufacturing. Tools, techniques, and how to use them*. New York: St. Lucie Press. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=BcYgCAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ViewAPI&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true

24. Womack, J. y Jones, D. (1996). *Lean Thinking. Banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Free Press / Simon & Schuster, Inc. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/200657172_Lean_Thinking_Banish_Waste_and_Create_Wealth_in_Your_Corporation

25. Zambrano, J. y Zambrano, L. (2021). *Optimización de las líneas de líquidos y sólidos orales de un laboratorio farmacéutico de la ciudad de Guayaquil* (tesis de maestría). Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21369/1/UPS-GT003513.pdf>

APÉNDICES

Apéndice 1. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

Tema	Título	Problema	Pregunta Central	Preguntas Secundarias	Objetivo Central	Objetivos Secundarios
Optimización de operaciones y procesos	Diseño de investigación de un plan para la optimización de procesos productivos utilizando la metodología <i>Lean manufacturing</i> en el área de manufactura de líquidos en una planta farmacéutica	Incumplimiento de los plazos de entrega al cliente interno de productos manufacturados en el área de producción de líquidos en una planta farmacéutica	¿Cómo diseñar un plan para la optimización de procesos productivos utilizando la metodología <i>Lean manufacturing</i> en el área de manufactura de líquidos en una planta farmacéutica?	<p>¿Cuáles son las condiciones iniciales de los procesos de manufactura de líquidos de una planta farmacéutica?</p> <p>¿Cuáles son las variables que generan tiempos improductivos basados en la metodología <i>Lean manufacturing</i> en el área de producción de líquidos de una planta farmacéutica?</p> <p>¿Cómo evaluar el desempeño de los procesos de manufactura en el área de producción de líquidos de una planta farmacéutica mediante la utilización de la metodología <i>Lean manufacturing</i>?</p>	Diseñar un plan para la optimización de procesos productivos utilizando la metodología <i>Lean manufacturing</i> en el área de manufactura de líquidos en una planta farmacéutica	<p>Analizar las condiciones iniciales de los procesos de manufactura de líquidos de una planta farmacéutica</p> <p>Determinar las variables que generan tiempos improductivos basados en la metodología <i>Lean manufacturing</i> en el área de producción de líquidos de una planta farmacéutica</p> <p>Diseñar los indicadores de los procesos de manufactura en el área de producción de líquidos de una planta farmacéutica mediante la utilización de la metodología <i>Lean manufacturing</i>.</p>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Toma de tiempos de actividades

REPORTE DE HORAS

NOMBRE DEL PRODUCTO _____

LOTE _____ ORDEN _____ CANTIDAD _____

FECHA	CÓDIGO	NOMBRE DEL PERSONAL	ACTIVIDAD	HORA	
				DE	A

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Reporte de paradas

REGISTRO DE PAROS DE EQUIPOS DE PRODUCCIÓN

Nombre del equipo: _____

Código del equipo: _____

Ubicación: _____

FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	RAZÓN DEL PARO	OPERARIO	MECÁNICO

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Toma de tiempos improductivos

FECHA	PERSONAL	HORA INICIAL	HORA FINAL	ACTIVIDAD	TOTAL HH

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. *Check list* de estado de equipos

Nombre del equipo: _____

Código del equipo: _____

Ubicación: _____

CÓDIGO	NOMBRE	UBICACIÓN	FECHA DE ÚLTIMO MANTENIMIENT O	TIPO DE ÚLTIMO MANTENIMIENTO

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta de diagnóstico inicial

Área de producción de líquidos

Cargo: _____

Evaluación				
1	2	3	4	5
Muy mal	Mal	Regular	Bueno	Excelente

SEIRI - SELECCIONAR		1	2	3	4	5
1.	¿Cómo califica la ubicación de sus herramientas de trabajo?					
2.	¿Cómo califica la distribución de su área de trabajo?					
3.	¿Cómo es el grado de clasificación de las herramientas, materiales y equipos en su lugar de trabajo?					
4.	¿Cómo califica la capacidad para distinguir lo necesario e innecesario en su lugar de trabajo?					

SEITON - ORGANIZAR		1	2	3	4	5
5.	¿Cómo califica el orden en general de su lugar de trabajo?					
6.	¿Cómo califica la facilidad con la que encuentra usted sus herramientas de trabajo?					
7.	Cuando usted termina de utilizar una herramienta, ¿la devuelve al lugar designado?					
8.	¿Cómo es el nivel de estandarización (guía) para el orden de las herramientas, materiales y equipos en su lugar de trabajo?					
		Sí		No		
9.	¿Existe un lugar designado para las herramientas que debe usar en la realización de sus labores?					
10.	Cuando usted termina de utilizar una herramienta, ¿la devuelve al lugar designado?					

SEISO - LIMPIAR		1	2	3	4	5
11.	¿Cómo califica la limpieza de su lugar de trabajo?					
12.	¿Cómo califica la separación de residuos en su lugar de trabajo?					
13.	¿Cómo es el mantenimiento que se realiza a herramientas, maquinaria y equipos en su lugar de trabajo? (Tenga en cuenta calidad y periodicidad)					

SEIKETSU - ESTANDARIZAR		1	2	3	4	5
14.	¿Cómo califica la señalización para ubicar sus herramientas de trabajo?					
		Sí		No		
15.	¿Existe un método o guía para la limpieza de los equipos, herramientas, maquinaria y lugares de trabajo?					
16.	¿Existe señalización y delimitación de las áreas de trabajo, maquinaria, equipos y herramientas?					
17.	¿Existe un método o guía para el orden de los equipos y herramientas en su lugar de trabajo?					
18.	¿Existe un método o guía para seleccionar y clasificar los equipos y herramientas en su lugar de trabajo?					

SHITSUKE - SEGUIMIENTO		1	2	3	4	5
19.	¿Cómo es el seguimiento realizado a la clasificación de materiales y equipos en su lugar de trabajo?					
20.	¿Cómo es el seguimiento realizado al orden de materiales y equipos en su lugar de trabajo?					
21.	¿Cómo es el seguimiento realizado a la limpieza de materiales y equipos en su lugar de trabajo?					
		Sí		No		
22.	¿Hay un cumplimiento constante de las normas de seguridad, higiene y salud en el trabajo?					

OTROS ASPECTOS A EVALUAR		1	2	3	4	5
23.	¿Cómo considera la idea de implementar una herramienta que mejore las condiciones de orden y limpieza en las líneas de llenado del área de producción de líquidos?					
24.	¿Cómo es su conocimiento acerca de los indicadores de desempeño de su área?					
25.	¿Cómo es, según usted, el nivel de accidentalidad en las líneas de llenado del área de producción de líquidos?					

Fuente: Orjuela (2016). *Preguntas de las 5S.*

Anexo 2. Porcentaje de plagio



Fuente: PlagScan (2022). *Resultados de análisis de plagio.*

<https://www.plagscan.com/doc?147398367&sharekey=x02h8B2f3FPtLv74OGRD>

