



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN EL DEPARTAMENTO DE
PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA FARMACÉUTICA EN VILLA NUEVA**

Hans Mack Alvarez

Asesorado por M.A. Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, enero de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN EL DEPARTAMENTO DE
PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA FARMACÉUTICA EN VILLA NUEVA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HANS MACK ALVAREZ

ASESORADO POR M.A. ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, ENERO DE 2020

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. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García (a.i)
EXAMINADOR	Ing. Álvaro Antonio Ávila Pinzón
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
EXAMINADOR	Ing. José Ismael Véliz Padilla
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN EL DEPARTAMENTO DE
PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA FARMACÉUTICA EN VILLA NUEVA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 17 de mayo de 2019.

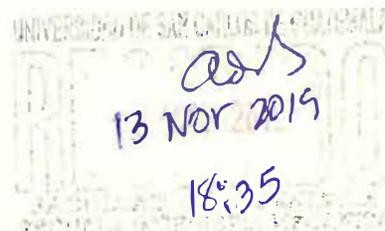


Hans Maek Alvarez

Ref. EEPFI-829-2019

Guatemala, 30 de septiembre de 2019

Director
Roberto Guzmán Ortiz
Escuela de Ingeniería Mecánica
Presente.



Estimado Ing. Guzmán:

Reciba un 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 **Hans Mack Alvarez** carné número **201114188**, 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 Gestión 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, se firma y sella la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular,

Atentamente,

Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Asesor

Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
Coordinador de Maestría
Gestión Industrial



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



Ref.E.I.M.285.2019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área de Gestión y Servicios de la Escuela de Estudios de Postgrado, modalidad Pregrado-Postgrado de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial** del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN EL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA FARMACÉUTICA, EN VILLA NUEVA** del estudiante **Hans Mack Alvarez**, CUI **2080355590101** y Registro Académico No. **201114188** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, noviembre 2019
/aej

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref.DTG.012.2020

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN EL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA FARMACÉUTICA EN VILLA NUEVA**, presentado por el estudiante universitario: **Hans Mack Alvarez** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, enero de 2020

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por iluminar mi camino y permitirme alcanzar esta meta.
Mi padre	Por ser mi ejemplo a seguir y apoyarme en todo momento.
Mi madre	Por ser mi inspiración, por su apoyo, paciencia y amor incondicional a lo largo de este camino.
Mi hermano	Por su apoyo y por ser un ejemplo de superación día a día.
Familia y amigos	A todos aquellos que estuvieron presentes y que de alguna forma me apoyaron para alcanzar este logro.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la <i>alma mater</i> que me permitió formarme a nivel profesional y personal.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los recursos necesarios para completar mi formación académica y ser ahora un egresado de tan prestigiosa facultad.
Mis padres	Por haberme brindado todo su apoyo durante este tiempo y estar para mí cuando los necesité.
Mi tía	Por ser mi segunda madre y apoyarme en todo.
Mi asesor	M.A. Ing. Carlos Pérez, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.
Familia y amigos en general	

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Descripción del problema	9
3.2. Delimitación del problema	10
3.3. Formulación del problema	11
3.4. Viabilidad.....	12
3.5. Consecuencias de la implementación de la investigación	12
4. JUSTIFICACIÓN	15
5. OBJETIVOS	17
5.1. General.....	17
5.2. Específicos	17
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	19
7. MARCO TEÓRICO.....	21

7.1.	Industria farmacéutica	21
7.1.1.	Industria farmacéutica de Guatemala.....	21
7.1.2.	Formas farmacéuticas	22
7.1.2.1.	Inyectables	22
7.1.2.2.	Sólidos.....	22
7.1.2.3.	Líquidos.....	23
7.1.3.	Normativa para la industria farmacéutica	23
7.1.3.1.	Reglamento Técnico Centroamericano.....	23
7.2.	Mantenimiento.....	24
7.2.1.	Objetivos del mantenimiento	25
7.2.2.	Tipos de mantenimiento	25
7.2.2.1.	Mantenimiento correctivo	26
7.2.2.2.	Mantenimiento preventivo	26
7.2.2.3.	Mantenimiento predictivo.....	27
7.2.2.4.	Mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM).....	28
7.2.2.5.	Mantenimiento proactivo	28
7.2.2.6.	Mantenimiento de clase mundial (WCM).....	29
7.3.	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	30
7.3.1.	Los 8 pilares del TPM.....	31
7.3.1.1.	Pilar uno: mejoras enfocadas (Kobetsu Kaizen).....	32
7.3.1.2.	Pilar dos: mantenimiento autónomo (Jishu Hozen)	32
7.3.1.3.	Pilar tres: mantenimiento planificado....	33
7.3.1.4.	Pilar cuatro: mantenimiento de calidad (Hinshitsu Hozen).....	33

7.3.1.5.	Pilar cinco: prevención del mantenimiento	33
7.3.1.6.	Pilar seis: actividades de departamentos administrativos y de apoyo.....	34
7.3.1.7.	Pilar siete: formación y adiestramiento	34
7.3.1.8.	Pilar ocho: gestión de seguridad y entorno	34
7.3.2.	Pasos para la implantación del TPM	35
7.3.2.1.	Paso 1: compromiso de la alta gerencia.....	35
7.3.2.2.	Paso 2: difusión del método.....	35
7.3.2.3.	Paso 3: crear una organización o comité de responsables del programa	35
7.3.2.4.	Paso 4: establecer políticas y objetivos	36
7.3.2.5.	Paso 5: diseño de plan piloto.....	36
7.3.2.6.	Paso 6: inicio de la implantación del proyecto TPM	37
7.3.2.7.	Pasos 7 al 11: implantación.....	37
7.3.2.8.	Paso 12: consolidación, afianzar los niveles logrados y mejorar las metas..	37
7.4.	Productividad.....	38
7.4.1.	Importancia de la productividad.....	38
7.4.2.	Indicadores de desempeño.....	39
7.4.3.	Función de la productividad.....	39
7.4.4.	Beneficios de la productividad	39

7.4.5.	Medición de la productividad	40
7.4.6.	Factores de la productividad	40
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	41
9.	METODOLOGÍA	45
9.1.	Variables e indicadores	46
9.2.	Fases de la metodología por aplicar	48
9.3.	Plan de muestreo	50
9.4.	Resultados esperados.....	51
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	53
10.1.	Técnicas de recopilación de datos	53
10.2.	Técnicas de análisis de datos	54
10.3.	Técnicas cualitativas	54
11.	CRONOGRAMA	55
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	57
12.1.	Recursos humanos	57
12.2.	Recursos físicos y materiales.....	57
14.	BIBLIOGRAFÍA	59
15.	APÉNDICES	65
Apéndice 1.	Árbol de problemas	65
Apéndice 2.	Entrevistas.....	66
Apéndice 3.	Registros	68

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mantenimiento proactivo	29
2.	Los ocho pilares del TPM.....	32
3.	Cronograma de actividades	55

TABLAS

I.	Operativización de variables	48
II.	Presupuesto	58

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Q	Quetzal
N	Tamaño de la población
η	Tamaño de la muestra
Z_{α}^2	Nivel de confianza
σ	Desviación estándar
E	Límite de error
Q	Quetzal
%	Porcentaje
s.f.	Sin fecha

GLOSARIO

A granel	Término utilizado para nombrar cargas que se efectúan en grandes cantidades o productos que se venden sin envasar o empaquetar.
Ambiente de trabajo no hostil	Ambiente de trabajo agradable, sin enemistades.
BPM	Buenas Prácticas de Manufactura.
Cadena de valor	Forma de análisis de la actividad empresarial mediante la cual se descompone una empresa en sus partes constitutivas con el fin de identificar fuentes de ventaja competitiva en aquellas actividades generadoras de valor.
Dotar	Brindar, dar, conocer.
Mantenimiento	Parte de la ingeniería dedicada al estudio y desarrollo de técnicas que faciliten o mejoren el mantenimiento de una instalación, que puede ser una planta industrial, un edificio, una infraestructura, etc.
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
Multidisciplinarios	Que abarca o afecta varias disciplinas.

OMS	Organización Mundial de la Salud.
Polivalente	Posee varios valores o que tiene varias aplicaciones, usos.
Principios activos	Sustancias o mezclas de sustancias de origen animal, vegetal o sintetizado de modo artificial por el hombre, utilizadas para la fabricación de medicamentos.
Procedimientos de lubricación	Se utilizan para aplicar lubricantes en periodos de tiempo determinados y en cantidades fijas en uno o más puntos de lubricación.
Productividad	Medida económica que calcula cuántos bienes y servicios se han producido por cada factor utilizado (trabajador, capital, tiempo, costes, etc.) durante un periodo determinado.
Tiempos muertos	Tiempo en el que no se está realizando un trabajo útil dentro de la empresa.
TPM	Mantenimiento Productivo Total.

RESUMEN

En cualquier empresa del sector industrial existe la necesidad de tener una producción con altos niveles de productividad, esto para poder utilizar los recursos de manera eficiente y poder ser competitivos en el mercado, en precios y sin dejar a un lado la calidad.

En una empresa farmacéutica ubicada en Villa Nueva se realizan paros en la producción de los medicamentos comúnmente, una de las causas más grandes y que afectan considerablemente la productividad es el paro por fallas de los equipos, paros por ajustes de los equipos, calibración de los equipos por parte del personal de mantenimiento y falta de conocimiento del personal operativo sobre los mantenimientos y ajustes de los equipos con los que trabaja normalmente.

La metodología Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un sistema de trabajo enfocado en la eliminación de todo desperdicio durante los procesos de manufactura, crea una mentalidad diferente y un sentido de compromiso por parte de todas las personas involucradas en los procesos, desde la alta gerencia hasta los operarios y técnicos de mantenimiento.

Utilizando el TPM es posible reducir pérdidas de tiempo, de materiales, de horas trabajadas y de recursos. En la implementación de la metodología se siguen una serie de pasos involucrando a todo el personal hasta lograr el objetivo y ver resultados, haciendo uso de los 8 pilares del TPM se puede desarrollar una filosofía de trabajo en la que las pérdidas serán cero o cercanas.

1. INTRODUCCIÓN

En el sector industrial, el tema del mantenimiento es cada vez más importante y, aunque hay muchas empresas inconscientes de la importancia que se le debe dar al mantenimiento de los equipos, herramientas e infraestructura, existen muchas otras que tienen la necesidad de implementar técnicas y metodologías que sirvan para aumentar la productividad en la empresa y ser mucho más rentables. Por ello, en este trabajo de investigación se realizará una sistematización del mantenimiento en la empresa implementando una metodología basada en el aumento de la productividad.

La industria farmacéutica requiere de mantenimientos con altos grados de eficiencia porque es imposible proveer mantenimiento a equipos que se encuentran dentro del área productiva. Esto se debe a que los productos exigen cuidados para permanecer exentos de contaminación de productos. Por eso, los equipos deben funcionar de forma correcta durante sus horas productivas, evitando fallos inesperados y la intervención del Departamento de Mantenimiento.

La solución a esta problemática es la implementación de la metodología de mantenimiento TPM (mantenimiento productivo total) que garantice la disponibilidad de los equipos durante la producción. Esta metodología se basa varios pilares que se resumen en que el mantenimiento empieza desde la persona que opera el equipo y los responsables de cada área hasta llegar al Departamento de Mantenimiento el cual debe tener una organización de alto nivel en el cuál realice los mantenimientos preventivos de manera efectiva.

Este trabajo refleja los resultados obtenidos de la implementación de la metodología TPM, mejora en los índices de desempeño, reducción de horas extras, reducción de tiempos entre fallas y la eliminación de paros inesperados por fallas de equipos. Además, se observa un cronograma de mantenimientos preventivos que debe realizar el Departamento de Mantenimiento.

Los aportes a la empresa con la elaboración del presente trabajo serán que al implementar la metodología TPM se tendrá un incremento en la productividad de los procesos de manufactura llevados a cabo en el área de producción, incremento en el desempeño de los operarios, mejora de tiempo en la ejecución de los mantenimientos por parte de técnicos, eliminación de tiempos muertos de producción por fallas en los equipos, cumplimiento en la ejecución del programa de mantenimiento preventivo, entre otras.

Los beneficios la empresa los verá reflejados económicamente debido a que se obtendrán jornadas de trabajo productivas en las que se cumpla con la planificación, sin tener sorpresas como paros repentinos, baja productividad de los operarios y demoras que solo generan el uso y pago de horas extras, jornadas extras de trabajo, ventas caídas y posible contaminación de producto.

El esquema de solución para el este trabajo de investigación estará conformado por la identificación de la información que ya se tiene relacionada con los equipos, tiempos de producción, antecedentes de paros y de su resolución, seguido de la recopilación de datos por medio de entrevistas, encuestas y observaciones directas, por último, se realizará la implementación de la metodología TPM.

La metodología se basa en la obtención de datos necesarios para realizar la investigación, es decir, realizar un diagnóstico de la situación y se realiza de

manera experimental con un enfoque mixto, utilizando formatos previamente realizados para la realización de entrevistas y observación.

En el primer capítulo se realizará el marco teórico en el cual se detallan todos los conceptos relacionados con el tema de investigación, desde el ámbito del lugar en el cual se realiza la investigación que sirve para tener un panorama del tipo de industria en el cual se está trabajando, información acerca de mantenimiento y la metodología que se va a utilizar y de que es productividad y todo lo relacionado con ella. En el capítulo dos se hará la presentación de resultados y en el capítulo tres la discusión de resultados.

2. ANTECEDENTES

Gran cantidad de industrias han implementado la metodología Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la productividad. Se basa en la coordinación con el plan de mantenimiento de la empresa para mantener los equipos listos y reducir el tiempo medio entre fallas y entre paros.

Existen documentos e investigaciones que describen cómo, la implementación de esta tecnología, mejora considerablemente los indicadores de productividad.

Herrera en su investigación sobre el desarrollo de la metodología 5'S como pilar del TPM y mejora de la productividad en una empresa cosmética, demuestra que acciones simples de involucramiento del personal que labora en las áreas productivas pueden tener un efecto positivo en el mantenimiento de las áreas de trabajo, esto es debido a que se crea un sentido de pertenencia y no toda la responsabilidad cae en el Departamento de Mantenimiento. Además, demuestra cómo pequeños cambios que requieren de una inversión mínima, pueden incrementar el desarrollo de las actividades productiva de la empresa. Estas mejoras son necesarias para mantener el buen resultado durante las auditorías que se realizan periódicamente. (Herrera, 2018)

La investigación sobre el desarrollo de la metodología TPM para la mejora de la productividad en la empresa cosmética servirá de ejemplo de cómo, todo el personal en la línea de producción, desde el operario y técnico hasta los altos mandos deben involucrarse y comprometerse con la implementación de la

metodología para obtener resultados positivos que se reflejen en la productividad de la empresa.

Mansilla en su investigación de la aplicación de la metodología para la estandarización de procesos y reducción de pérdidas en la manufactura de chicle, demuestra cómo, centrando la metodología en la estandarización del proceso, se reducen las pérdidas de tiempo y recursos en la fabricación de chicle. Utilizando un medio de análisis estadístico identifica los procesos fuera de control donde se debía de enfocar y modificar sus valores y por medio de una inspección final, revisar el logro de la estandarización del proceso ya ajustado a los rangos y especificaciones para las capacidades y rendimientos del proceso. Luego, validó la implementación y demostró la reducción de productos no conformes, fallas en el proceso e identificó la causa principal del descontrol en la línea de producción. (Mansilla, 2013)

La aplicación de esta metodología utilizada para la reducción de pérdidas en la manufactura de chicle será ejemplo de cómo, por medio de modelos estadísticos se identifican los procesos que están fuera de control para enfocarse en ellos.

Valencia en su tesis aplicó el TPM para mejora de la productividad en una empresa dedicada para la fabricación de hilos acrílicos. Demostró que, cuando se evaluó las variables de eficiencia, eficacia y productividad, la empresa mostró datos preocupantes. Luego de implementar la metodología TPM estos indicadores se elevaron y evidenciaron una mejora significativa, muy provechosa para la empresa. (Valencia, 2017)

La investigación de Valencia servirá como referencia de la comparativa realizada para demostrar los resultados positivos obtenidos luego de la implementación de la metodología TPM como respuesta a la inversión realizada.

Escudero en su proyecto de implantación de la filosofía TPM en una planta de producción y envasado destaca muchos beneficios que obtienen al implementar, exitosamente, esta filosofía. Entre ellos, destaca el aumento de la productividad, la reducción considerable de reprocesos por mala calidad, la reducción de costos, un inventario preciso y de bajo costo, un ambiente libre de accidentes y un incremento en la motivación del personal involucrado. (Escudero, 2007)

El proyecto de implantación de la filosofía TPM en una planta de producción y envasado ejemplificará cómo, además de los números que demuestran el cumplimiento del objetivo de la metodología, esto se refleja en la alta motivación del personal y en la eliminación de barreras interdepartamentales.

Ávila en su investigación recaba toda información para una implementación de la metodología mantenimiento productivo total que va, desde realizar una inspección general de la situación actual de la empresa, hasta la realización de auditorías internas de cumplimiento del TPM. Además, realiza una propuesta de un plan de mantenimiento preventivo estructurado de forma cuidadosa, tomando criterios específicos de importancia que definen las actividades del plan de mantenimiento preventivo. (Ávila, 2007)

La investigación de Ávila servirá de guía para la implementación de la metodología, tomando los puntos necesarios para realizarlo y adaptándolo todo a los requerimientos específicos de una farmacéutica.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Bajos índices de productividad en la manufactura de medicamentos debido a la demora y largos tiempos medios entre fallas por equipos, herramientas e instalaciones en mal estado para su uso en la producción.

3.1. Descripción del problema

En 1978 se fundó la empresa farmacéutica dedicada a la manufactura de productos farmacéuticos, la cual cuenta con la planta de producción de medicamentos más grande de Guatemala.

Entre sus factores de éxito se encuentran su capacidad instalada de producción y su diseño innovador de instalaciones y sistemas.

La planta se encuentra en Villa Nueva y cuenta con las áreas de manufactura de inyectables, líquidos, sólidos y cuenta también con 4 líneas de empaque.

La creciente demanda y exigencias en el normativo del informe de la OMS requieren de un cumplimiento total del plan de mantenimiento para garantizar que los equipos, herramientas e instalaciones cumplan con los requisitos para la fabricación de productos farmacéuticos. Esto quiere decir que, de tener un equipo en mal estado, herramienta destruida o instalaciones deterioradas, recaen en un incumplimiento de los requisitos para la fabricación de productos.

Además, el Departamento de Mantenimiento está limitado en personal y la contratación de personal genera costo demasiado alto en planilla y por si fuera poco se ve reflejado en la productividad ya que llega un momento en que se estorban más de lo que se ayuda.

En ocasiones, la producción de medicamentos se ve afectada por no tener los equipos listos por algún desperfecto que requiere de un mantenimiento correctivo para su uso o simplemente por la programación de mantenimiento preventivo que es necesario realizar con la frecuencia que el equipo lo requiere y esto atrasa la producción y genera la necesidad de jornadas extras de trabajo.

3.2. Delimitación del problema

El proyecto se llevará a cabo en una empresa farmacéutica. La empresa no concedió el permiso de utilizar su nombre por confidencialidad. El proyecto será desarrollado en un plazo no mayor a un año y será aplicado en el Departamento de Mantenimiento.

- Alcance de tiempo: la implementación de la metodología se llevará a cabo en el periodo de tiempo entre enero a diciembre de 2019.
- Alcance de espacio: se realizará en el Departamento de Mantenimiento y Producción.
- Alcance metodológico: se desarrollará un método descriptivo al momento de determinar el estado actual del plan de mantenimiento y un método estadístico al momento de determinar tiempos medios y reincidencia de problemas.

- Exploración del problema: se demostrará el gran impacto que se tiene no contar con programas de concientización e incentivos para el personal que opera los equipos.
- Aplicabilidad de los resultados: referentes al Departamento de Mantenimiento y Producción.

3.3. Formulación del problema

Para llevar a cabo este trabajo de investigación se ha formulado la siguiente pregunta central:

- Pregunta central

¿Cómo se puede aumentar la productividad en el Departamento de Producción de una empresa farmacéutica al implementar la metodología TPM?

- Preguntas auxiliares
 - ¿Cuál es el estado del plan de mantenimiento preventivo y la ejecución de mantenimientos correctivos de la empresa en el Departamento de Mantenimiento?
 - ¿Qué procedimientos son los más importantes en el mantenimiento de equipos, herramientas e instalaciones en el Departamento de Producción?
 - ¿Qué beneficios tendrá la empresa al utilizar la metodología TPM en el Departamento de Producción?
 - ¿Cómo se medirá el aumento de la productividad y el cumplimiento del plan de mantenimiento?

3.4. Viabilidad

La empresa farmacéutica reconoce que su productividad es baja y las personas involucradas en el departamento de producción carecen de concientización. Como consecuencia, los gastos dedicados a la extensión de turnos extras y la falta de cumplimiento del plan de mantenimiento son excesivos. "Por ello, la empresa está dispuesta a realizar cambios estratégicos para mejorar, reducir y eliminar tiempos muertos entre fallas.

Se tiene información de equipos, áreas, herramientas, tiempos, planeación de la producción, entre otras, para poder realizar los análisis correspondientes y ejecutar la metodología.

Se cuenta con el permiso de la empresa, pero ha solicitado manejar la información de manera confidencial por lo que utiliza el nombre genérico de empresa farmacéutica ubicada en Villa Nueva.

Se cuenta con los recursos financieros para llevar a cabo el trabajo de investigación. Los gastos serán cubiertos por el investigador.

3.5. Consecuencias de la implementación de la investigación

Entre las causas que generan el problema está la falta de concientización de todo el personal operativo que usa los equipos, herramientas y áreas para la fabricación de productos farmacéuticos. Esto genera mal uso o que no se tenga el cuidado para manufacturar y limpiar los equipos.

Los equipos carecen de mantenimientos preventivos por lo cual presentan fallas significativas y al querer realizar una reparación se requiere de un servicio externo que lleva más tiempo y mayor gasto de reparación.

De implementar la metodología se tendrá un incremento considerable en la productividad del Departamento de Producción que se verá reflejada económicamente en las jornadas extras de trabajo que no se darán con tanta frecuencia y la baja en la contratación de empresas externas para la reparación de equipos dañados.

4. JUSTIFICACIÓN

La línea de investigación en la que se plantea el estudio es en metodología de la producción, en la sección de productividad total. Esto surge por la necesidad de reducir jornadas laborales extraordinarias en el área de producción, además del aprovechamiento máximo del tiempo que se requiere para fabricar productos farmacéuticos. Esto debe reducir el tiempo entre reparaciones.

La necesidad surge porque las organizaciones deben reducir costos para sobrevivir, esto va de la mano con el aumento de la productividad y el servicio al cliente.

Es importante porque la empresa que se desarrolla en el segmento de la fabricación y venta de medicamentos desea ser más competitiva en el mercado, mediante la atención a una buena parte de este y brindando al cliente la seguridad y confianza de que los productos que consumen son fabricados en un lugar con los más altos controles de calidad.

La motivación del investigador y de la empresa nace del deseo de mantener la acreditación del informe 32 dada por el MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social) y, al mismo tiempo, de ser una empresa más competitiva en el mercado reduciendo costos de tiempo perdido en la producción.

Los beneficios de esta investigación es que se tendrá una vista clara del panorama y de los puntos de mejora en la productividad del Departamento de Producción. Además, se elaborará un sistema de medición de la productividad

de los mantenimientos preventivos y correctivos con la planeación de la producción y costos de las actividades y paros de la producción.

Los beneficiarios de implementar esta metodología son los consumidores, estos obtienen un medicamento confiable, seguro y sin un costo muy alto debido a que se ha manufacturado con productividad y se han reducido los costos y se asegura que se tienen calificados todos los equipos, herramientas y áreas, cumpliendo con el normativo del informe 32 de la OMS.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Implementar la metodología Mantenimiento Productivo Total (TPM) para el aumento de la productividad del Departamento de Producción de una empresa farmacéutica en Villa Nueva.

5.2. Específicos

- Identificar el estado del plan de mantenimiento preventivo y la ejecución de mantenimientos correctivos.
- Determinar los procedimientos más importantes para su aplicación en el Departamento de Producción para los equipos, herramientas e instalaciones.
- Analizar los beneficios de la utilización de la metodología TPM en el Departamento de Producción.
- Evaluar el impacto de la productividad con la utilización de la metodología TPM en el Departamento de Producción.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La necesidad principal por cubrir en el Departamento de Mantenimiento es la reducción de los tiempos medios entre fallas que se tienen de los equipos que sirven para la manufactura de los medicamentos en el área de producción.

Este trabajo de investigación identificará y analizará las necesidades de cumplimiento del plan de mantenimiento e de implementar una metodología que garantice una mejora considerable en la reducción de desperfectos de equipos para la manufactura de medicamentos y el aumento del cumplimiento del plan de mantenimiento.

La propuesta de solución al problema del trabajo se desarrollaría por medio de la implementación de la metodología TPM que se enfoca en mantener un nivel óptimo de productividad y que los mantenimientos de equipos no sean un factor que altere los índices de productividad en la manufactura de medicamentos.

El esquema de solución consta de cuatro fases, iniciando con la fase de la identificación del plan de mantenimiento preventivo y la ejecución de mantenimientos correctivos. Esto se realizará por medio de modelos estadísticos que demuestren la línea de tendencia en el cumplimiento del plan de mantenimiento.

La segunda fase es determinar cuáles son los procedimientos más importantes de mantenimiento para su aplicación en el área de producción, esto es tanto para equipos, herramientas e instalaciones, en donde se realizará una inspección de que procedimientos existen y cuales son necesarios para que todo

el personal involucrado en la manufactura de medicamentos los conozca y esté capacitado.

La tercera fase es la analizar los beneficios y los aspectos en contra que la utilización de la metodología TPM le puede dar a la empresa. Esto se realizará por medio de un análisis de la implementación verificando el estado y la mejoría en cumplimiento del plan de mantenimiento y en la reducción de tiempos medios entre fallas.

Por último, se evaluará cuál es el impacto positivo y negativo que ha tenido la utilización de la metodología TPM en el Departamento de Mantenimiento.

7. MARCO TEÓRICO

En esta sección se llevará a cabo un estudio acerca de la metodología TPM y su evolución a través del tiempo. Se describe cómo, la implementación mediante los diferentes pilares y desarrollando un plan de mantenimiento correcto, esta metodología repercute considerablemente en la productividad, lo cual hace que la empresa sea más rentable y se tenga un mejor control del sistema de producción.

7.1. Industria farmacéutica

La industria farmacéutica es esencial en el desarrollo de sistemas sanitarios en todo el mundo y está constituida por diversas organizaciones, estas se dedican al desarrollo, investigación, manufactura e innovación de medicamentos para la salud del consumidor (Tait, s.f.).

7.1.1. Industria farmacéutica de Guatemala

Guatemala es un país con una gran cantidad de laboratorios farmacéuticos. “En el país operan alrededor de 75 laboratorios farmacéuticos, ... Los laboratorios que ofrecen el servicio de análisis de calidad son únicamente 4, que cubren las necesidades de las industrias que no cuentan con laboratorios de análisis propios”. (Oficina Comercial de ProChile en Guatemala, 2011, p. 16)

7.1.2. Formas farmacéuticas

Para el consumo de medicamentos, los principios activos se transforman para poder ser ingeridos, como lo describe Tait: “Los principios activos se transforman en formas galénicas antes de su dispensación o administración a humanos o animales. Para ello se mezclan con excipientes farmacéuticos, como aglutinantes, sustancias de carga, aromatizantes, diluyentes, conservantes y antioxidantes” (Tait, s.f., p. 12). El comité de Expertos de la Organización Mundial de la Salud también se refiere a las formas farmacéuticas como “es la forma física que se le da a un medicamento, la cual facilita la dosificación del o de los principios activos para que puedan ejercer su acción en el lugar y tiempo”. (Departamento de Regulación y Control de Productos Farmacéuticos y Afines, 2014, p. 7)

7.1.2.1. Inyectables

Un inyectable es muy común de observar en gran parte en hospitales en forma de inyecciones. Se encuentran en forma líquida y son de carácter estrictamente estéril. Estas soluciones estériles están formadas por sustancias químicas comunes como azúcares, aminoácidos o electrolitos, sustancias que son transportadas y asimiladas con gran facilidad por el sistema circulatorio (Gennaro, 2003).

7.1.2.2. Sólidos

Una forma farmacéutica sólida puede presentarse de diferentes formas como lo son polvos, papeles, granulados, cápsulas o las más comunes que son las tabletas o comprimidos. Los sólidos se presentan en un estado complicado por las fuerzas intermoleculares que acomodan las moléculas de diferentes

formas, esto puede provocar un estado sólido con diferentes propiedades físicas. (Gennaro, 2003)

7.1.2.3. Líquidos

Existen también medicamentos que son administrados de forma oral, pero de forma líquida, según Gennaro los jarabes son útiles para realizar la preparación de fármacos en formas líquidas orales y así tener la posibilidad de mezclar los principios activos con diluyentes en agua o como suspensiones. (Gennaro, 2003)

7.1.3. Normativa para la industria farmacéutica

En la actualidad toda industria farmacéutica debe cumplir normas específicas, dictadas por distintos organismos y entes de salud, nacionales e internacionales, con el fin de garantizar la seguridad y calidad de los productos manufacturados. Una de las normativas vigentes en Centroamérica, específicamente en Guatemala, es el Reglamento Técnico Centroamericano.

7.1.3.1. Reglamento Técnico Centroamericano

Todos los laboratorios farmacéuticos están regidos por normativas que establecen todos los puntos auditables que garantizan el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para la manufactura de medicamentos, como lo establece el objetivo del Reglamento Técnico Centroamericano: “El presente reglamento técnico establece los principios y directrices de las Buenas Prácticas de Manufactura que regulan todos los procedimientos involucrados en la manufactura de productos farmacéuticos a fin de asegurar la eficacia,

seguridad y calidad de los mismos”. (Departamento de Regulación y Control de Productos Farmacéuticos y Afines, 2014, p. 3)

7.2. Mantenimiento

A lo largo de la historia de la industria, se ha tenido la necesidad de mantener toda la maquinaria, equipos e infraestructura en óptimas condiciones para llevar a cabo todos sus procesos productivos. Es normal que se susciten descomposturas y fallos, pero se pueden reducir o evitar que sucedan inesperadamente.

La Real Academia Española define mantenimiento como: “Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente” (Real Academia Española, 2019).

Mientras que en el libro de texto *Organización y gestión integral de mantenimiento* lo define como “el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento”. (García, 2010, p. 1)

Existen otras definiciones como: “El mantenimiento industrial se define como el conjunto de procedimientos realizados con el fin de conservar en óptimas condiciones de servicio a los equipos , maquinaria, e instalaciones de una planta (fábrica), garantizando el correcto funcionamiento del proceso de producción industrial”. (Herrera, 2018, p. 3)

Por último de una manera muy sencilla en el libro *Mantenimiento, planeación, ejecución y control* definen mantenimiento como todas las tareas que se realizan antes de cualquier falla o problema (Mora, 2009).

7.2.1. Objetivos del mantenimiento

Entre los objetivos del mantenimiento se encuentran varios entre los que podemos encontrar:

- Alargar la vida útil del bien al que se le aplica el mantenimiento.
- Eliminar, evitar, reducir o solucionar cualquier falla que se presente en los bienes de la empresa.
- Disminuir el nivel de gravedad al momento de presentarse alguna falla que no se pueda evitar.
- Eliminar o reducir el tiempo en que para una máquina por mal funcionamiento o descompostura.
- Eliminar los accidentes que pueden provocar una máquina o equipo en mal estado.
- Eliminar cualquier inconveniente de la máquina o equipo durante su uso que afecte la producción.
- Conservar en un estado óptimo de operación los bienes que sirven para la producción.
- Reducir los costos de mantenimientos correctivos.

7.2.2. Tipos de mantenimiento

Existen 6 tipos de mantenimiento aplicados a la industria, cada uno se lleva a cabo según las necesidades que se presentan en la planta de producción. A continuación, se describen cada uno de los tipos de mantenimiento.

7.2.2.1. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se aplica cuando un equipo o máquina e incluso alguna instalación se descompone, en otras palabras, deja de cumplir con su función, por lo tanto, es necesario intervenir y llevarlo a su estado operativo normal. García define al mantenimiento correctivo como: “Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos” . (García, 2010, p. 17)

Las definiciones son muy parecidas como lo hace Céspedes : “Corresponde a aquel conjunto de acciones o labores necesarias para efectuar reparaciones o cambios de emergencia, al verse afectada la producción, ya sea por interrupción de la misma o por simple falla de equipos auxiliares de apoyo a la maquinaria principal”. (Céspedes, 1981, p. 23)

Así mismo Gómez define: “En este tipo de mantenimiento, también llamado mantenimiento “a rotura” (breakdown maintenance), sólo se interviene en los equipos cuando el fallo ya se ha producido. Se trata, por tanto, de una acción pasiva, frente a la evolución del estado de los equipos, a la espera de la avería o fallo”. (Gómez, 1998, p. 25)

7.2.2.2. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento se realiza para anticiparse a cualquier falla, se realiza periódicamente con el fin de prevenir que el equipo, máquina o instalación sufra de algún desperfecto o tenga algún problema que le impida realizar su función.

El mantenimiento preventivo es “el mantenimiento que tiene por misión mantener el nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno” (García, 2010, p. 17). En esta definición se menciona la preparación para realizar el mantenimiento preventivo. Para ello, se debe tener un panorama del equipo al cual se le realizará el mantenimiento preventivo con sus puntos mas propensos a fallar para tener una guía de lo que se va a revisar.

Además se puede decir que el mantenimiento preventivo es tener un alto índice de disponibilidad de los equipos, máquinas e instalaciones para poder contar con ellas al momento de ser requeridas y cumplan la función para la cual están diseñadas, obteniendo un desempeño óptimo en los sistemas de producción, en el personal y equipos destinados al mantenimiento (Gómez, 1998).

7.2.2.3. Mantenimiento predictivo

Consiste en realizar pruebas o ensayos no destructivos con equipos especializados a todas las partes de las máquinas que pueden ser blanco de desgastes, deterioros o fallas. Esta es una forma de anticiparse a que estos fallen catastróficamente. Estas mediciones, por lo general, se realizan con los equipos en funcionamiento sin afectar los procesos de productividad. Esto es una ventaja porque la producción se incrementa constantemente debido a la demanda. Por eso, es necesario implementar este tipo de mantenimiento que no afecta la producción de la planta.

El libro *Organización y gestión integral de mantenimiento* hace referencia que este tipo de mantenimiento es el más tecnológico porque, para realizar los ensayos, se requiere de equipos especializados y avanzados. (García, 2010)

Persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, entre otros) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. (García, 2010)

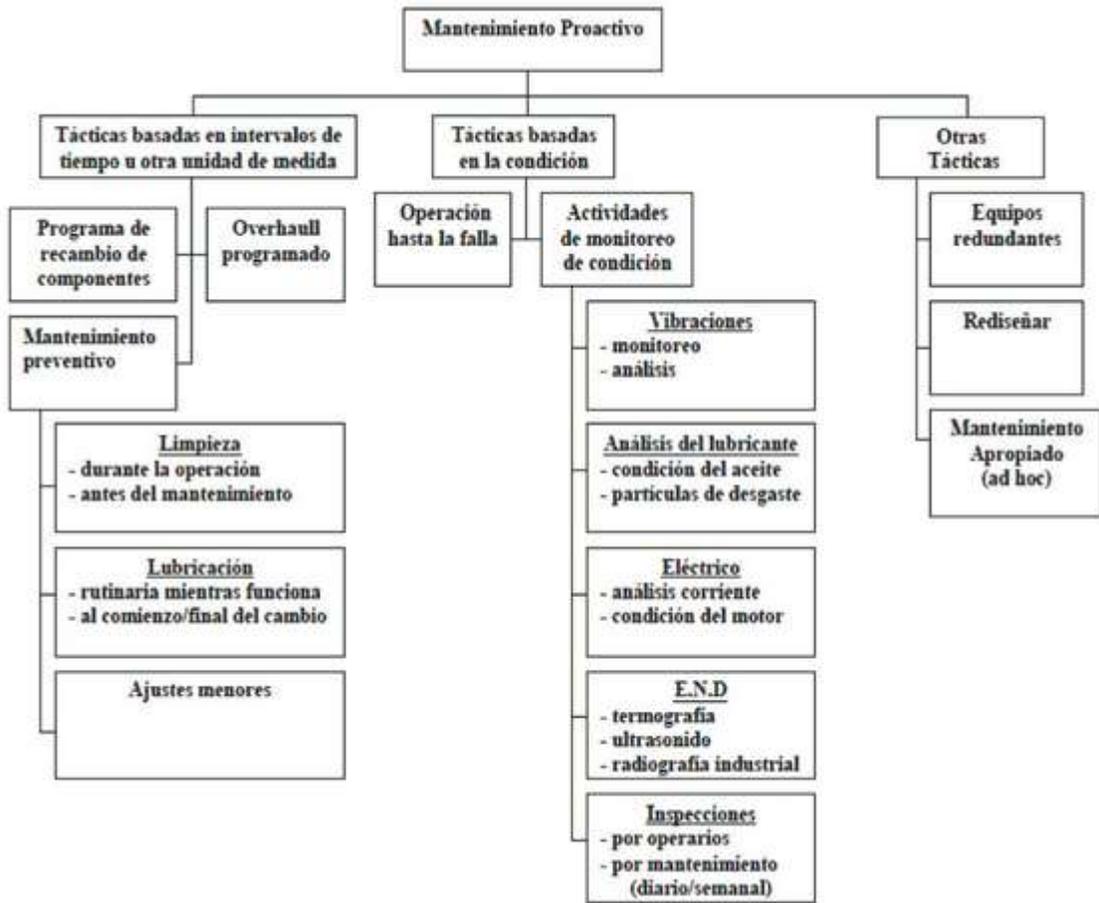
7.2.2.4. Mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM)

Este tipo de mantenimiento es una forma de realizar las actividades de mantenimiento sistemática, objetiva y documentada. Esto se puede aplicar a todo tipo de equipos o infraestructura industrial y es de mucha utilidad en la mejora del plan de mantenimiento preventivos. Cárcel plantea acerca de esta filosofía que “como criterio general, el mantenimiento prioritario de los componentes considerados como críticos para el correcto funcionamiento de la instalación, dejando operar hasta su fallo a los componentes no críticos, instante en el que se aplicaría el correspondiente mantenimiento correctivo”. (Cárcel, 2014, p. 131)

7.2.2.5. Mantenimiento proactivo

Es una estrategia en el mantenimiento que centra su atención en la detección y corrección de problemas que causan desgaste y que, con el paso del tiempo, propiciarán la falla del equipo. (Cárcel, 2014). En este mantenimiento se trata de llegar a la causa raíz del problema o situación y así realizar la corrección y para esto se pueden utilizar diferentes técnicas.

Figura 1. **Mantenimiento proactivo**



Fuente: Cárcel. (2014). *La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial.*

7.2.2.6. **Mantenimiento de clase mundial (WCM)**

Este tipo de mantenimiento se llama sin desperdicio, en él está la diferencia entre cómo debe ser el estado óptimo y como se realizan las operaciones. El término de *cero desperdicios* solo se logra mediante la anticipación de cualquier situación que se pueda dar en un futuro, y si se traduce a mantenimiento son las actividades que se realizan para evitar fallas

inesperadas a toda costa. Los pasos para implementar este mantenimiento como explica Cárcel son: “planeación, prevención, programación, fiabilidad, análisis de pérdidas de producción y de repuestos, información técnica y cubrimientos de los turnos de operación” (Cárcel, 2014, p. 135). Y todo esto no es posible si no se tiene una organización adecuada que respalde y apoye con sistemas de información, actitud del personal y una cultura de servicio.

7.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

La metodología TPM tuvo sus orígenes en Japón cuando el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) logró un sistema en el que eliminó las llamadas seis grandes pérdidas de los equipos para que la implementación de la forma de trabajo Just In Time (JIT) fuera sencilla (Cuatrecasas & Torrel, 2010)

El uso de la metodología TPM cada vez es más una realidad en las empresas del sector industrial que desean ser más competitivas, como lo dice Cuatrecasas & Torrel: “El Mantenimiento Productivo Total es una nueva filosofía de trabajo en plantas productivas que se genera en torno al mantenimiento”. (Cuatrecasas & Torrel, 2010, p. 33)

El uso de la filosofía engloba muchos resultados positivos en la empresa, así como Rey dice: “Mantenimiento Total de la Producción, el cual aparece, en principio, como una nueva filosofía del “mantenimiento”, integrando a éste en la función producción de manera global, no como un fin en sí mismo, sino como un medio de reducción de costes de producción”. (Rey, 2001, p. 17)

La utilización de esta metodología es algo que trae muchos beneficios a las empresas y los resultados no son solo numéricamente sino que también pueden verse reflejados físicamente como lo dice Suzuki explicando porque es tan

popular: “Hay tres razones por las que el TPM se ha difundido tan rápidamente en la industria japonesa y ahora lo está haciendo en todo el mundo: garantiza drásticos resultados, transforma visiblemente los lugares de trabajo, y eleva el nivel de conocimiento y capacidad de los trabajadores de producción y mantenimiento”. (Suzuki, s.f., p. 2)

7.3.1. Los 8 pilares del TPM

Para tener una idea de lo que se trata el TPM se cuenta con pilares que describen la base de la metodología. Estos pueden ser una guía para alcanzar los objetivos de la eliminación total o parcial de las pérdidas. Estas pérdidas pueden deberse a los paros no programados, a los ajustes de los equipos para producción, fallos inesperados en la maquinaria, malos procesos, mermas excesivas en la producción, mala calidad de los productos, reprocesos, entre otros. (Cárcel, 2014)

Figura 2. **Los ocho pilares del TPM**



Fuente: Cárcel. (2014). *La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial.*

7.3.1.1. Pilar uno: mejoras enfocadas (Kobetsu Kaizen)

Esta se enfoca en la eliminación de las más grandes pérdidas que se tienen en los procesos productivos, estas fallas pueden ser en los equipos, tanto los primarios como los secundarios o auxiliares, los cambios o ajustes necesarios programados y no programados, tiempos muertos, paradas por problemas, procesos improductivos, defectos, mala calidad, baja velocidad. (Cárcel, 2014).

7.3.1.2. Pilar dos: mantenimiento autónomo (Jishu Hozen)

En este tipo de mantenimiento se tiene que involucrar obligatoriamente al operador como responsable principal de las condiciones de operación de los

equipos, esta persona posee conocimientos del equipo y del proceso y es el más apto para detectar las fallas a tiempo, realizando revisiones y trabajos de mantenimiento preventivos y correctivos. (Cárcel, 2014).

7.3.1.3. Pilar tres: mantenimiento planificado

El mantenimiento planificado o planeado asegura que los equipos se encuentren en buenas condiciones. “Lograr que el equipamiento y el proceso se encuentren en las mejores condiciones, para lo que es necesario eliminar las fallas a través de acciones de mejora, prevención y predicción” (Cárcel, 2014, p.130). Cuando se da este tipo de mantenimiento se aseguran altos niveles de disponibilidad de los equipos.

7.3.1.4. Pilar cuatro: mantenimiento de calidad (Hinshitsu Hozen)

Este mantenimiento se trata de realizar acciones que prevean la variabilidad del proceso, quiere decir, que se trata de mejorar la calidad de los procesos y no tanto del funcionamiento del equipo como lo es el mantenimiento planificado, Cárcel explica que se realiza “mediante el control tanto de los componentes, como de los equipos, evitando así el cambio de las características del producto final” (Cárcel, 2014, p. 130). El resultado es un producto y procesos con una mejor calidad y con cero desperfectos.

7.3.1.5. Pilar cinco: prevención del mantenimiento

En este pilar se prevén los mantenimientos que se necesitarán para cada proceso, desde su fase de inicial o de diseño hasta su puesta en marcha de los

equipos, con esto se asegura el tener un costo bajo en un futuro a raíz de los mantenimientos. (Cárcel, 2014).

7.3.1.6. Pilar seis: actividades de departamentos administrativos y de apoyo

Como se ha mencionado, la metodología del mantenimiento productivo total se basa en el compromiso de todas las partes y de la dirección, por eso el apoyo de los distintos departamentos es indispensable. Cárcel indica que los procesos tienden a “aumentar la eficiencia, con la participación de planificación, desarrollo, administración y ventas, ofreciendo el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione con los menores costos, oportunidad solicitada y con la más alta calidad”. (Cárcel, 2014, p. 130)

7.3.1.7. Pilar siete: formación y adiestramiento

Es necesario que las habilidades de las personas que operan los procesos, las personas que supervisan y el personal de mantenimiento aumenten sus habilidades, esto con el fin de “actuar de acuerdo a condiciones establecidas, siendo entonces necesario definir quién hace qué y de la mejor forma posible”. (Cárcel, 2014, p. 130). Así se tiene un equipo de trabajo capaz de desarrollar las actividades de la mejor manera.

7.3.1.8. Pilar ocho: gestión de seguridad y entorno

En este pilar se tiene que entender dos cosas, el número de accidentes va en aumento con la cantidad de pequeños paros que se realicen y el hecho de asumir la responsabilidad de identificar los riesgos para mejorar las condiciones de salud y seguridad. (Cárcel, 2014). Con esto, se tiene que la salud y seguridad

de las personas se verá afectada de no tomar la responsabilidad de realizar mejoras contundentes e identificar los posibles riesgos.

7.3.2. Pasos para la implantación del TPM

Para implementar la metodología del TPM es recomendable seguir una serie de fases que al mismo tiempo se dividen en pasos a seguir, estos son 12 y se detallan a continuación.

7.3.2.1. Paso 1: compromiso de la alta gerencia

La alta gerencia no debe solo de estar comprometida con la implementación de la metodología sino también involucrada, esto quiere decir que comprende y es consciente de la necesidad de desarrollar la metodología y terminarla a pesar de las dificultades, el tiempo y la inversión inicial. (Suzuki, s.f.).

7.3.2.2. Paso 2: difusión del método

Es necesario crear un ambiente de trabajo en el que todos recuerden siempre y tengan presente la metodología, además, seguido del compromiso de la alta gerencia debe haber una educación y capacitación del personal de todos los niveles. (Suzuki, s.f.)

7.3.2.3. Paso 3: crear una organización o comité de responsables del programa

Se debe crear un comité encargado de velar por el cumplimiento de la metodología, este debe estar constituido por jefes de departamentos y a su vez

por su equipo de trabajo. Los resultados satisfactorios dependerán en gran medida del compromiso y el trabajo en equipo de las personas.

7.3.2.4. Paso 4: establecer políticas y objetivos

Es una parte importante debido a que en este paso se definen las metas que quieren ser obtenidas con la implementación de la metodología, Suzuki lo define como: “La política TPM básica debe ser parte integral de la política global de la empresa y debe indicar los objetivos y directrices de las actividades a realizar. Los objetivos TPM deben relacionarse con la planificación estratégica de la empresa”. (Suzuki, s.f., p. 11)

7.3.2.5. Paso 5: diseño de plan piloto

En este paso se definen los 8 pilares del TPM los cuales son actividades que se deben de poner en práctica para poder alcanzar los objetivos de la metodología, estos pilares son:

- Mejoras orientadas
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento planificado
- Formación y adiestramiento
- Gestión temprana de los equipos
- Mantenimiento de calidad
- Actividades de departamentos administrativos y de apoyo
- Gestión de seguridad y entorno

7.3.2.6. Paso 6: inicio de la implantación del proyecto TPM

En este paso se debe coordinar para realizar una reunión o un evento en el que se dé a conocer el inicio de la implantación de la metodología con todos los empleados y así motivar e incentivar a todo el personal a dar su mayor esfuerzo para que todos tengan una buena actitud hacia el programa y además dar a conocer los trabajos realizados durante su preparación y las metas que se quieren alcanzar. (Suzuki, s.f., p. 11)

7.3.2.7. Pasos 7 al 11: implantación

Suzuki describe esos pasos como la fase de implantación así: “Durante la fase de implantación, se realizan actividades seleccionadas para lograr los objetivos del plan maestro. Debe ajustarse el orden y plazo de las actividades de los pasos 7-11 para adaptarlos a las características particulares de la planta”. (Suzuki, s.f., p. 13)

7.3.2.8. Paso 12: consolidación, afianzar los niveles logrados y mejorar las metas

Se refiere a la mejora continua, la que a través de los resultados obtenidos reformula sus metas y así cada vez se exige más y esto, incluso, se puede ver reflejado en la visión de la empresa. También es posible involucrar a más departamentos, más equipos y más personal con metas más ambiciosas para el crecimiento de la empresa (Suzuki, s.f., p. 13).

7.4. Productividad

La Real Academia Española define productividad como: “Capacidad o grado de producción por unidad de trabajo, superficie de tierra cultivada, equipo industrial, etc.” (Real Academia Española, 2019).

La productividad es la realización tareas con el menor esfuerzo y recursos posibles, como lo dice Fernández: “La productividad es la capacidad de lograr objetivos y generar respuestas de máxima calidad con el menor esfuerzo humano, físico y financiero”. (Fernández, s.f., p. 21)

También se puede definir en términos generales como lo hace Alamar & Guijarro como: “la productividad es el cociente entre la producción y el número de personas empleadas para lograrla”. (Alamar & Guijarro, 2018, p. 5)

En términos de lo que se usa para realizar las actividades, se puede definir también como la relación entre la producción obtenida y los recursos o insumos utilizados para obtenerla, así se puede decir que es el uso eficiente de todos estos recursos para la obtención de una producción de calidad (Prokopenko, 1989).

7.4.1. Importancia de la productividad

El aumento de la productividad es un elemento clave para el crecimiento económico de un país o una organización, esto se debe a que, con el aumento de la productividad, se puede alcanzar una mejor competitividad en el mercado llevando a la reducción de costos o el aumento de ganancias (Alamar & Guijarro, 2018).

7.4.2. Indicadores de desempeño

Los indicadores de desempeño, también conocidos como KPI (Key Performance Indicators) son muy utilizados para la medición del desempeño, rendimiento, disponibilidad y calidad de cualquier proceso productivo en una empresa, de los equipos utilizados en producción y de las personas, con el único objetivo de determinar qué tan eficiente es una empresa en la persecución de sus objetivos y en la utilización de todos sus recursos (Alamar & Guijarro, 2018).

7.4.3. Función de la productividad

La importancia de la productividad está en el aumento de las ganancias generadas para la empresa en todos sus recursos. No existe ninguna actividad humana que no tenga un beneficio con el aumento de la productividad.

La productividad determina en gran modo el nivel de competitividad de las empresas. Con mayor productividad las empresas tienen una mayor capacidad de introducirse en el mercado como competidores. (Prokopenko, 1989)

7.4.4. Beneficios de la productividad

Los beneficios de tener un incremento de productividad en la organización se verán reflejados en el aumento de los beneficios económicos. Para Paredes (2010, p.40) “El instrumento fundamental que origina una mayor productividad es la utilización de métodos, el estudio de tiempos y un sistema de pago de salarios”.

La productividad tiene relación directa con la rentabilidad de una empresa lo cual indica el nivel de vida que tiene la empresa. Ros (2008, p. 26) “Repercute

en más potencial de incrementar los sueldos y más rentabilidad para el capital invertido”.

Es lógico que el aumento de la productividad dé como resultado un incremento en la rentabilidad de la empresa. Esto generará más ingresos por lo que superaran cada vez más los gastos, que es el fin de cualquier empresa en estos tiempos debido a la alta competitividad. La productividad se resume en disminuir los desperdicios y hacer un buen uso del tiempo.

7.4.5. Medición de la productividad

El desempeño de las empresas se puede medir mediante la productividad, la medición está basada en la medición del alcance de objetivos y metas junto a los logros obtenidos y los recursos utilizados para alcanzarlos (Carro & González, s.f.).

$$Productividad = \frac{Cantidad\ de\ productos\ y\ servicios\ realizados}{cantidad\ de\ recursos\ utilizados}$$

Esto también se puede escribir de las siguientes formas:

$$Productividad = \frac{Producción\ obtenida}{Insumos\ utilizados} \approx \frac{Desempeño\ alcanzado}{recursos\ consumidos} \approx \frac{Efectividad}{Eficiencia}$$

7.4.6. Factores de la productividad

Para alcanzar una buena o el incremento de la productividad en una empresa existen varios factores, entre los que se pueden mencionar: estructurales, economía internacional, naturales, administración pública, infraestructura social. (Prokopenko, 1989)

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS
ORIENTADORAS

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Industria farmacéutica

1.1.1. Industria farmacéutica de Guatemala

1.1.2. Formas farmacéuticas

1.1.2.1. Inyectables

1.1.2.2. Sólidos

1.1.2.3. Líquidos

1.1.3. Normativa para la industria farmacéutica

1.1.3.1. Reglamento Técnico Centroamericano

1.2. Mantenimiento

1.2.1. Objetivos del mantenimiento

1.2.2. Tipos de mantenimiento

1.2.2.1. Mantenimiento correctivo

1.2.2.2. Mantenimiento preventivo

1.2.2.3. Mantenimiento predictivo

- 1.2.2.4. Mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM)
- 1.2.2.5. Mantenimiento proactivo
- 1.2.2.6. Mantenimiento de clase mundial (WCM)
- 1.3. Mantenimiento Productivo Total
 - 1.3.1. Los 8 pilares del TPM
 - 1.3.1.1. Pilar uno: mejoras enfocadas (Kobetsu Kaizen)
 - 1.3.1.2. Pilar dos: mantenimiento autónomo (Jishu Hozen)
 - 1.3.1.3. Pilar tres: mantenimiento planificado
 - 1.3.1.4. Pilar cuatro: mantenimiento de calidad
 - 1.3.1.5. Pilar cinco: prevención del mantenimiento
 - 1.3.1.6. Pilar seis: actividades de departamentos administrativos y de apoyo
 - 1.3.1.7. Pilar siete: formación y adiestramiento
 - 1.3.1.8. Pilar ocho: gestión de seguridad y entorno
 - 1.3.2. Pasos para la implantación de TPM
 - 1.3.2.1. Paso 1: compromiso de la alta gerencia
 - 1.3.2.2. Paso 2: difusión del método
 - 1.3.2.3. Paso 3: crear una organización o comité de responsables del programa
 - 1.3.2.4. Paso 4: establecer políticas y objetivos
 - 1.3.2.5. Paso 5: diseño de plan piloto
 - 1.3.2.6. Paso 6: inicio de la implantación del proyecto TPM
 - 1.3.2.7. Pasos 7 al 11: implantación
 - 1.3.2.8. Paso 12: consolidación, afianzar los niveles logrados y mejorar las metas
- 1.4. Productividad
 - 1.4.1. Importancia de la productividad
 - 1.4.2. Indicadores de desempeño
 - 1.4.3. Importancia y función de la productividad

1.4.4. Beneficios de la productividad

1.4.5. Medición de la productividad

1.4.6. Factores de la productividad

2. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA MANTENIMIENTO
PRODUCTIVO TOTAL EN EL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

El enfoque de la investigación propuesta es enfoque mixto. El enfoque es cualitativo porque se vale de la observación directa y revisión documental y porque los datos de las muestras se recolectan en un tiempo determinado conforme se efectúa el muestreo. Es transversal porque está delimitada en tiempo, existe una fecha de inicio y una de finalización del proyecto.

La investigación propuesta se aborda con un alcance descriptivo y tipo analítica, puesto que se dan a conocer las características observables de la unidad de análisis en este punto en concreto la importancia del mantenimiento autónomo para la implementación de la metodología TPM, así como los fenómenos percibidos durante la obtención de la información; discutiendo los resultados obtenidos de los análisis realizados.

Luego se planteará una solución al problema poniendo un sistema de control de la implementación de la metodología.

Se seguirá una metodología para la solución del problema, sustentada en la revisión de la literatura. La metodología de investigación se desarrollará en fases, cada una correlacionada con su pregunta de investigación y objetivo específico. La finalidad es ensayar la solución, buscando la resolución del problema planteado. Se iniciará por la fase de revisión documental que proporciona las bases para la elaboración de la investigación, desde la fase metodológica, teórica y práctica.

Para determinar la información necesaria se usará el método científico en fases.

- Indagadora: se utilizará en los procesos de recopilación de información directamente con el Departamento de Mantenimiento, departamento de producción, jefes de áreas, personal operativo, técnicos y personal administrativo. Se obtendrá información para realizar un diagnóstico de la situación actual de los mantenimientos y productividad de la empresa. Se utilizarán también libros, textos, manuales y fichas técnicas existentes.
- Demostrativa: en esta fase se realizará una demostración del planteamiento del problema previamente descrito, como la implementación de la metodología TPM ayudará al aumento de la productividad.
- Expositiva: se realizará un informe final donde se presenten los datos como hallazgos, conclusiones y recomendaciones. Este trabajo de investigación no es experimental porque no se realizarán ensayos de laboratorio para determinar cualquier tipo de información.

9.1. Variables e indicadores

Las variables e indicadores para llevar a cabo la implementación de TPM en la industria farmacéutica de Villa Nueva se describen a continuación:

- Variables dependientes
 - Estado del plan de mantenimiento.
 - Procedimientos importantes en el Departamento de Producción.

- Beneficios de la implementación del TPM.
- Impacto en la productividad.

- Variables independientes
 - Plan de mantenimiento preventivo.
 - Equipos, herramientas e instalaciones en el Departamento de Producción.
 - Metodología TPM.
 - Departamentos de aplicación.

Tabla I. Operativización de variables

Objetivos	VARIABLES	Tipo de variable	Indicador	Plan de Tabulación
Identificar el estado del plan de mantenimiento preventivo y la ejecución de mantenimientos correctivos.	Plan de mantenimiento preventivo. Ejecución de mantenimientos correctivos.	Independiente/ Cuantitativa	$D = \frac{TPEF}{TPEF + TPDR}$ D= Disponibilidad TPEF= Tiempo promedio entre fallas TPDR= Tiempo promedio de reparación. Porcentaje de cumplimiento de mantenimiento.	Registros Entrevistas Tabulación de datos estadísticos.
Determinar los procedimientos más importantes para su aplicación en el Departamento de Producción para los equipos, herramientas e instalaciones.	Procedimientos importantes en el Departamento de Producción para equipos, herramientas e instalaciones.	Independiente/ Cualitativa	Valoración de la importancia de procedimientos llevados a cabo en el Departamento de Producción.	Entrevistas
Analizar los beneficios de la utilización de la metodología TPM.	Beneficios de la utilización de la metodología TPM.	Independiente/ Cualitativa	Mejoras en la productividad por la utilización de la metodología.	Análisis estadístico
Evaluar el impacto de la productividad con la utilización de la metodología TPM.	Impacto en la productividad.	Independiente/ Cuantitativa	Cambios favorables obtenidos con la utilización de la metodología.	Tabulación de datos estadísticos

Fuente: elaboración propia.

9.2. Fases de la metodología por aplicar

El proceso para cumplir con los objetivos del diseño de investigación se llevará a cabo de la siguiente manera:

- Fase 1: identificar el estado del plan de mantenimiento correctivo y preventivo

Corresponde a la revisión documental para realizar la investigación de antecedentes sobre el cumplimiento del programa de mantenimientos correctivos y preventivos.

- Fase 2: determinación de los procesos más importantes en la aplicación del TPM

Para el cumplimiento del primer objetivo, se realizará la recolección de toda la información referente al estado del plan de mantenimientos preventivos y la ejecución de mantenimientos correctivos a la fecha de elaboración de este proyecto. Se incluirá en qué áreas se está revisando y todos los datos referentes a los mantenimientos que se les da a los equipos de producción realizando una entrevista a los diferentes jefes y supervisores de áreas y a los técnicos del Departamento de Mantenimiento junto a los operarios de los equipos del Departamento de Producción. Luego se determinará que procedimientos son los más importantes para llevar a cabo la implementación de la metodología y así saber sus puntos de mejora y sus fortalezas para aprovecharlas.

- Fase 3: análisis de los beneficios al utilizar la TPM

Luego de tener implementada la metodología, se procederá a la recopilación de los datos, estos se analizarán profundamente para determinar qué beneficios está dando a la empresa como aumento en la productividad de los procesos.

- Fase 4: evaluación del impacto en la productividad

En esta última fase, se evaluará si la implementación de la metodología ha sido favorable para la empresa y hasta qué punto es rentable la utilización de la misma si se quisiera ampliar a más áreas.

9.3. Plan de muestreo

Los datos se recabarán en áreas estratégicas previamente identificadas donde se generan la mayor cantidad de pérdidas de manera inesperada.

La muestra a trabajar se obtendrá con la siguiente ecuación:

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

Fuente: Bolaños, 2012

$$n = \frac{1000(0,5^2)(1,96^2)}{(1000-1)(0,05^2) + (0,5^2)(1,96^2)} = 57$$

Donde

n: es el tamaño de muestra.

N: evaluaciones totales en el mes.

v: desviación estándar de la población a un valor constante de 0.5.

Z: valor obtenido mediante niveles de confianza. Se toma en relación con el 95% de confianza que equivale a 1.96.

e: límite aceptable de error, en el presente caso se tomará igual a 0.05.

9.4. Resultados esperados

Con este trabajo de investigación se espera obtener en la industria farmacéutica, un plan de producción que opere de manera óptima sin sufrir atrasos y pérdidas por los fallos o desperfectos ocasionados por el mal estado de la maquinaria. Aumento de la productividad y mejora del ambiente laboral.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para las técnicas de análisis de información que se aplicarán se realizará una observación directa de los procesos productivos, así como de la ejecución de mantenimientos, para la obtención de la información se realizarán evaluaciones de desempeño por puesto de trabajo para medir la capacidad de todo el personal involucrado.

Las técnicas de análisis de la información del estudio son las siguientes:

10.1. Técnicas de recopilación de datos

Para la recopilación de datos se cuentan con diversas herramientas como las siguientes:

- Observación: se realizará una observación de todos los procesos productivos de la empresa, se verificará que las acciones se correspondan con los procedimientos escritos y la buena ejecución de los mantenimientos del personal operativo y de los técnicos.
- Entrevistas: se utilizarán para conocer los puntos de vista de todo el personal involucrado en cada proceso para encontrar los puntos de mejora y conocer la reincidencia de fallas. De esta manera se tendrá un panorama de la situación que se tiene antes y después de la implementación.
- Registros: utilización de todos los registros como manuales, procedimientos, fichas técnicas, formatos, entre otros.

10.2. Técnicas de análisis de datos

Se utilizarán técnicas de estadística descriptiva posterior a la recolección de datos tales como:

- Análisis de gráficos de control utilizando porcentajes de cumplimiento.
- Análisis mediante histogramas de frecuencias, para poder saber el nivel de reincidencia de los problemas y la mejora de estos.
- Tabulación de datos estadísticamente para demostrar el promedio de mejora y cumplimiento de los programas de mantenimiento.

10.3. Técnicas cualitativas

Se utilizará solamente una técnica cualitativa, que será la investigación documental.

- Investigación documental: utilización de referencias, como estudios anteriores en otros ámbitos para la obtención de la información que servirán para ejecutar el trabajo de investigación y su desarrollo.

11. CRONOGRAMA

Figura 3. Cronograma de actividades

NOMBRE DE TAREA	DURACIÓN	COMIENZO	FIN
Fase 1	65 días	Mar 01/01/19	Lun 01/04/19
Entrevistas a operarios	15 días		
Entrevistas a técnicos	13 días		
Tabulación de datos	37 días		
Fase 2	23 días	Mar 02/04/19	Jue 02/05/19
Entrevistas sobre procesos manejados	10 días		
Toma de datos iniciales	5 días		
Aplicación de método	8 días		
Fase 3	67 días	Vie 03/05/19	Sáb 03/08/19
Tabulación de datos	15 días		
Análisis de datos	20 días		
Presentación de datos en forma gráfica	32 días		

Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Este trabajo de investigación será factible ya que cuenta con todos los recursos para realizarse, en cada una de las fases propuestas y cumplirá con los objetivos fijados.

La empresa farmacéutica autoriza la realización del trabajo de investigación y proporciona los recursos.

12.1. Recursos humanos

Los recursos humanos que se emplearán para la investigación son:

- Un investigador
- Un revisor
- Un técnico de mantenimiento
- Tres operarios

12.2. Recursos físicos y materiales

Los recursos físicos y materiales para la investigación son:

- Computadora
- Hojas
- Impresora
- Materia prima
- Instrumentos de medición

- Producto final

El investigador aportará el recurso financiero para realizar la investigación.

A continuación, se presenta un cuadro con el presupuesto estimado para la ejecución de todas las tareas que conlleva el trabajo de investigación.

Tabla II. **Presupuesto**

Recurso	Descripción	Monto
Humano	Investigador, revisor, operarios y técnico	Q.10,000.00
Material	Hojas, lapiceros, tablas, impresiones	Q.200.00
Tecnológico	Computadora, impresora	Q.1500.00
Transporte	Combustible y depreciación del vehículo	Q.2000.00
Varios	Gastos imprevistos, comida	Q.1000.00
TOTAL		Q.14,700.00

Fuente: elaboración propia.

13. BIBLIOGRAFÍA

1. Alamar, J., & Guijarro, R. (2018). *Cómo mejorar la productividad en tu empresa*. Recuperado de <http://www.resultae.com/wp-content/uploads/2018/04/resultae-ebook-capitulo-2.pdf>
2. Ávila, C. (2007). *Análisis, estructuración organizacional e introducción de mantenimiento total productivo (TPM) para el departamento de troqueles de litografía Byron Zadik, S.A.* Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0408_Ml.pdf
3. Bolaños, E. (2012). *Estadística para el Desarrollo Tecnológico*. Recuperado de Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo: https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/tizayuca/gestion_tecnologica/muestraMuestreo.pdf
4. Cárcel, J. (2014). *La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial*. Recuperado de Omniascience: <https://www.omniascience.com/books/index.php/monographs/catalog/view/73/284/409-1>
5. Carro, R., & González, D. (s.f.). *Productividad y Competitividad*. Recuperado de http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf
6. Céspedes, A. (1981). *Principios de mantenimiento*. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=DYE2jPk6WYAC&pg=PA3&>

lpg=PA3&dq=Principios+de+mantenimiento+arturo+cespedes&source=bl&ots=78RD_A7fft&sig=ACfU3U162SLJ9KgBP3K0ZPjaISjW0ZfuBw&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwjb1ojsyrjIAhVBnFkKHf4LAIgQ6AEwBHoECAkQAQ#v=onepage&q=

7. Cuatrecasas, L., & Torrel, F. (2010). *TPM en un entorno Lean Management: Estrategia Competitiva*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/414397395/Tpm-en-Un-Entorno-Lean-Management-1>
8. Departamento de Regulación y Control de Productos Farmacéuticos y Afines. (2014). *Reglamento técnico centroamericano RTCA 11.03.42:07*. Recuperado de <https://medicamentos.mspas.gob.gt/index.php/legislacion-vigente/resoluciones-comieco>
9. Escudero, A. (2007). *Implantación de la Filosofía TPM en una Planta de Producción y Envasado*. Recuperado de https://www.academia.edu/24883147/PROYECTO_FIN_DE_CARRERA_Implantaci%C3%B3n_de_la_Filosof%C3%ADa_TPM_en_una_Planta_de_Producci%C3%B3n_y_Envasado_UNIVERSIDAD_PONTIFICIA_COMILLAS_ESCUELA_T%C3%89CNICA_SUPERIOR_DE_INGENIER%C3%8DA_ICAI
10. Fernández, R. (s.f.). *La mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa*. Recuperado de <https://books.google.co.cr/books?id=8crnCgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

11. García, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Recuperado de Academia: https://www.academia.edu/15914307/Organización_y_gestión_integral_de_mantenimiento
12. Gennaro, A. (2003). *Farmacía. Remington*. Recuperado de <http://bookparadise.online/pdf?title=Remington.+Farmacia.+Tomo+1&geo=es&i=OTc4LTk1MDA2MTg2NjM%3D&src=google-sites#read>
13. Gómez, F. (1998). *Tecnología del mantenimiento industrial*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/141288820/libro-demantenimiento-industrial-pdf>
14. 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*. Recuperado de Repositorio USAC: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10311/1/Carolina%20Herrera%20Rosales.pdf>
15. Integra Markets. (2017). *Gestión y planificación del mantenimiento industrial*. Recuperado de <https://issuu.com/integramarkets/docs/gestion-y-planificacion-del-manteni>
16. Mansilla, N. (2013). *Aplicación de la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la estandarización de procesos y reducción de pérdidas en la fabricación de goma de mascar en una*

industria nacional. Recuperado de Repositorio Académico de la Universidad de Chile: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/115896>

17. Mora, A. (2009). *Mantenimiento - planeación, ejecución y control*. Recuperado de Academia: https://www.academia.edu/37071909/Libro_Mantenimiento_Alberto_Mora_1ed_1_
18. Oficina Comercial de ProChile en Guatemala. (2011). *Estudio de Mercado Medicamentos en Guatemala*. Recuperado de https://www.prochile.gob.cl/wpcontent/files_mf/documento_06_20_11172536.pdf
19. Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la productividad*. Recuperado de <https://www.ingenieriademetodos.com/app/download/9185588769/La+gesti%C3%B3n+de+la+productividad+OIT.pdf?t=1509937247&mobile=1>
20. Real Academia Española. (2019). Recuperado de <https://dle.rae.es/?id=OH9tS8F>
21. Rey, F. (2001). *Mantenimiento Total de la Producción (TPM): Proceso de Implantación y Desarrollo*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=t05vRBKtkQcC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

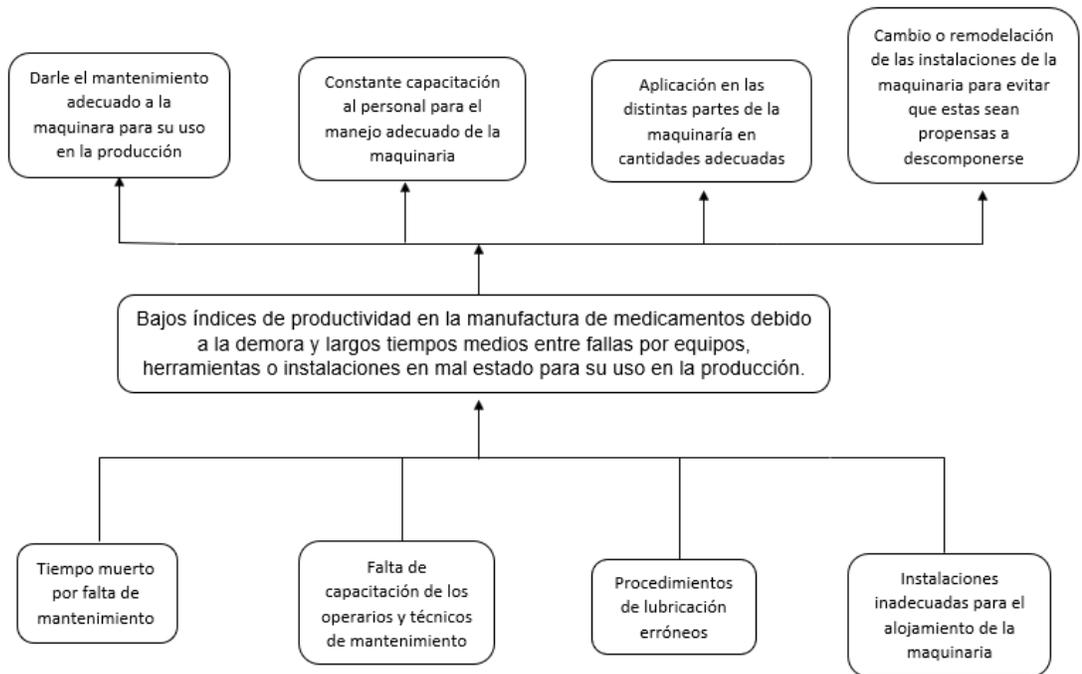
22. Suzuki, T. (s.f.). *TPM en industrias en proceso*. Recuperado de Academia: https://www.academia.edu/37482596/TPM_en_Industrias_de_Procesos.pdf

23. Tait, K. (s.f.). *Industria Farmacéutica*. Recuperado de Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo: <http://paginas.facmed.unam.mx/deptos/sp/wpcontent/uploads/2013/12/Enciclopedia-de-salud-y-seguridad-en-el-trabajo.pdf>

24. Valencia, S. (2017). *Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la productividad en la línea de fabricación de hilos acrílicos de la empresa Hilados Cheviot E.I.R.L., San Juan de Lurigancho, 2016*. Recuperado de Repositorio Digital Institucional. Universidad César Vallejo: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/1965>

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Entrevistas

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gestión Industrial

Elaborado por: Hans Mack Alvarez

Carnet: 999000538



Entrevista a técnicos

1. ¿Conoce usted el plan de mantenimiento de los equipos de producción?
2. ¿Sabe usted si los planes de mantenimiento se realizan a cabalidad?
3. ¿Es usted consciente de la importancia de los mantenimientos a los equipos?
4. Cuando realiza los mantenimientos a los equipos ¿cuenta con la documentación adecuada?
5. Cuando realiza los mantenimientos ¿tiene alguna medición del tiempo en que lo realiza?

Fuente: elaboración propia

Continuación apéndice 2

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gestión Industrial

Elaborado por: Hans Mack Alvarez

Camet: 999000538



Entrevista a operarios

1. ¿Conoce usted el plan de mantenimiento de los equipos que opera?
2. ¿Sabe usted si los planes de mantenimiento se realizan a cabalidad?
3. ¿Es usted consciente de la importancia de los mantenimientos a los equipos?
4. ¿Alguna vez ha realizado un mantenimiento a los equipos que opera?
5. ¿Alguna vez ha visto cómo se le realiza un mantenimiento a los equipos?

Fuente: elaboración propia

Continuación apéndice 3



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Facultad de Ingeniería
 Maestría en Gestión Industrial
 Elaborado por: Hans Mack Álvarez



DONOVAN WERKE
 INTERNACIONAL

ÁREA : INYECTABLES

EQUIPO	HERRAMIENTA NECESARIA	HERRAMIENTA DISPONIBLE
LLENADORA DE VIALES/ COZZOLLI		
LAVADORA DE AMPOLLAS MARCA CIONI		
LLENADORA DE AGUA PARA SUSPENSIÓN FILAMATIC		
LLENADORA DE VIALES COZZOLI 2008		
SELLADORA DE VIALES TURBOFILL		
LLENADORA Y SELLADORA DE AMPOLLAS SD4/ LOTORTO		

EQUIPO	CORRECCIONES NECESARIAS
LLENADORA DE VIALES/ COZZOLLI	
LAVADORA DE AMPOLLAS MARCA CIONI	
LLENADORA DE AGUA PARA SUSPENSIÓN FILAMATIC	
LLENADORA DE VIALES COZZOLI 2008	
SELLADORA DE VIALES TURBOFILL	
LLENADORA Y SELLADORA DE AMPOLLAS SD4/ LOTORTO	

Fuente: elaboración propia

Continuación apéndice 3



Instrucciones: Completar el documento marcando con una "x" en la casilla correspondiente a cada columna y equipo.

NOMBRE DEL EQUIPO	Código	FRECUENCIA DE USO			EQUIPO MÓVIL		CRÍTICO	IMPORTANTE	MENOR
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SI	NO			
MEZCLADOR V-140 / HOBART	S-01								
MOLINOTAMIZADOR OSCILANTE / ESTOKES	S-02								
MOLINO OSCILANTE-TAMIZADOR/ HERNÁNDEZ	S-04								
MEZCLADOR DE DOBLE CONO / T. HERNÁNDEZ	S-05								
MEZCLADOR DE L800/ HOBART	S-07								
TABLETEADORA ROTATIVA / LAWES	S-08								
TABLETEADORA ROTATIVA BBZ / STOKES	S-09								
TABLETEADORA MONOPUNSON/ F.	S-10								
BASE PARA BOMBOS / STOKES	S-12								
MOLINO COLOIDAL ME-50 / FRIMA	S-24								
SELLADORA DE VIAL / SPIDER (ÁREA DE LÍQUIDOS)	S-25								
HORNO DE SECADO / MECELSA	S-27								
MOLINO TORNADO / STOKES	S-28								
EXTRACTOR DE POLVO MARCA TORIT 2000	S-30								
RAMACOTA RECUBRIMIENTOS NUMERO 1 / 2000	S-31								
TABLETEADORA BB2 2003	S-49								
HORNO DE SECADO MARCA GRIEVE 2000	S-51								
SISTEMA DE CARGA DIRECTA (MARCA INDUSTRIA)	S-56								
DESEPOLVADOR DE TABLETAS/ RIVA DEDUSTER	S-57								
TABLETEADORA COMPACTAPRESS C3 RIVA	S-58								
MOLINO CALIBRADOR CPS UNE	S-59								
SISTEMA DE CARGA DIRECTA (MARCA INDUSTRIA)	S-60								
BOMBA PERISTALTICA ("D") MASTERFLEX	S-62								
COLECTOR DE POLVO	S-72								
TABLETEADORA ROTATIVA RIVA 8 ESTACIONES	S-90								
SISTEMA DE CARGA DIRECTA (MARCA INDUSTRIA)	S-91								
AGITADOR LIGHTNIN "B"	S-97								
BOMBA PERISTALTICA ("E") MASTERFLEX	S-110								
MAQUINA DE RECUBRIMIENTO FC-29 (RAMACOTA NUEVA)	S-113								
BOMBA PERISTALTICA WATSON MARLOW	S-114								

CRÍTICO: Máquina absolutamente necesaria para garantizar la continuidad de operación de la planta. Su falta ocasiona graves perjuicios a la

IMPORTANTE: Es necesario para operar en planta, pero puede ser parcial o es totalmente reemplazable.

MENOR: No es esencial para operar en planta, fácilmente reemplazable.

Fuente: elaboración propia