



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

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE OEE (*OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS*),
EN PROCESOS DE CORTE DE TELA PARA UNA INDUSTRIA DE CONFECCIÓN DE
PRENDAS DEPORTIVAS EN VILLA NUEVA, GUATEMALA**

Elmer Leonel Tzirín Jocholá

Asesorado por M.A. Ing. Aurelio Reyes Meza

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE OEE (*OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS*),
EN PROCESOS DE CORTE DE TELA PARA UNA INDUSTRIA DE CONFECCIÓN DE
PRENDAS DEPORTIVAS EN VILLA NUEVA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ELMER LEONEL TZIRÍN JOCHOLÁ
ASESORADA POR M.A. ING. AURELIO REYES MEZA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

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	Inga. Ericka Nathalie López Torres
EXAMINADOR	Inga. Sherly Gabriela Herrera Escobar
EXAMINADOR	Inga. Lidia Valentina Jácome Cucú
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:

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE OEE (*OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS*),
EN PROCESOS DE CORTE DE TELA PARA UNA INDUSTRIA DE CONFECCIÓN DE
PRENDAS DEPORTIVAS EN VILLA NUEVA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 16 de noviembre del 2022.



Elmer Leonel Tzifin Jocholá



EEPMI-PP-0240-2022

Guatemala, 14 de enero de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

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: **PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS), EN PROCESOS DE CORTE DE TELA PARA UNA INDUSTRIA DE CONFECCIÓN DE PRENDAS DEPORTIVAS EN VILLA NUEVA, GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Excelencia operacional**, presentado por el estudiante **Elmer Leonel Tzírín Jocholá** carné número **201020207**, 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, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

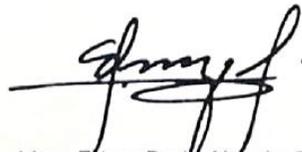

Mtro. Aurelio Reyes Meza
Asesor(a)

M.A. Ing. Aurelio Reyes Meza
Ingeniero Industrial
Col. 6950



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





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





EEP-EIMI-0240-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS), EN PROCESOS DE CORTE DE TELA PARA UNA INDUSTRIA DE CONFECCIÓN DE PRENDAS DEPORTIVAS EN VILLA NUEVA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Elmer Leonel Tzirín Jocholá**, 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. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2022

LNG.DECANATO.OI.055.2023

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 Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS), EN PROCESOS DE CORTE DE TELA PARA UNA INDUSTRIA DE CONFECCIÓN DE PRENDAS DEPORTIVAS EN VILLA NUEVA, GUATEMALA**, presentado por: **Elmer Leonel Tzirín Jocholá**, 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 permitirme la vida en este plano existencial y ayudarme en todas circunstancias de esta vida para mi crecimiento trascendental del ser.

Mis padres

María Jocholá Cumes de Tzirín y Leonardo Tzirín Mucía (q.e.p.d.). A mi madre por nunca soltar mi mano y por apoyarme absolutamente en todo. A mi padre, por ser esa persona ejemplar que necesité. Para ambos, por haber recibido de su ayuda más allá de sus posibilidades, y recibir su apoyo más allá de sus obligaciones.

Mi familia

A todos mis hermanos y hermanas, por ser siempre el soporte que necesito en todo momento, en especial a mi hermano mayor, Ing. Francisco Tzirín, por ser el modelo a seguir y haberme inspirado y apoyado en toda mi etapa de estudiante. A mi hijo primogénito Jullien Leonel Tzirín Blanco, por venir a apoyarme últimamente en mi aprendizaje de la vida y recordarme que el principal motivo de la misma, es ser feliz.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	<i>Alma mater</i> de la enseñanza superior y máxima casa de estudios del país. Por darme la oportunidad de superación profesional.
Facultad de Ingeniería	Por contribuir al desarrollo de los conocimientos adquiridos con la profesión, por la enseñanza académica y de vida obtenidos en sus salones.
Mis docentes	En general han sido todos los que han colaborado a mi proceso de aprendizaje en la academia, pero en especial a aquellos que han compartido más allá de las enseñanzas de la academia, y me han compartido las enseñanzas de vida que he necesitado.
Mi asesor	Al Ing. Aurelio Reyes Meza, por su apertura, apoyo constante, por haber recibido la atención, el seguimiento y la asesoría pertinente para la construcción del presente trabajo de graduación.
Mi familia	Agradecido con mi familia entera, mis padres, mis hermanos, a mis hijos y a mi compañera de vida, por acompañarme y recibir su paciencia, atención y apoyo en todo momento.

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. Contexto general	9
3.2. Descripción del problema	9
3.3. Formulación del problema	10
3.3.1. Pregunta central	10
3.3.2. Preguntas de investigación.....	10
3.4. Delimitación de estudio.....	11
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	15
5.1. General.....	15
5.2. Específicos	15
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN	17

7.	MARCO TEÓRICO	21
7.1.	Consideraciones generales.....	21
7.1.1.	La eficiencia en los procesos productivos	21
7.1.2.	Manufactura Esbelta	22
7.1.3.	La mejora continua.....	23
7.1.4.	La excelencia operacional.....	24
7.2.	Mantenimiento productivo total	25
7.2.1.	Objetivos del TPM.....	26
7.2.2.	Las 5's.....	27
7.2.3.	Las 6 grandes pérdidas	28
7.2.3.1.	Fallos en equipos	28
7.2.3.2.	Setup o configuración y ajustes.....	28
7.2.3.3.	Ciclo en vacío y paradas menores	30
7.2.3.4.	Velocidad reducida.....	30
7.2.3.5.	Defectos de proceso	31
7.2.4.	Beneficios del TPM	32
7.3.	Overall Equipment Effectiveness (OEE).....	34
7.3.1.	Factores	34
7.3.1.1.	Disponibilidad	35
7.3.1.2.	Rendimiento	35
7.3.1.3.	Calidad	36
7.3.2.	Las pérdidas.....	36
7.3.3.	Su aplicación	37
7.3.3.1.	Cálculo	37
7.3.3.2.	Clasificación	38
7.3.3.3.	Ventajas	39
7.4.	Análisis de causa raíz	40
7.5.	Diagrama de Pareto	41

8.	PROPUESTA DEL ÍNDICE DE CONTENIDOS	43
9.	METODOLOGÍA.....	47
9.1.	Características del estudio	47
9.2.	Unidad de análisis	48
9.3.	Variables e indicadores	49
9.4.	Fases del estudio	51
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	55
11.	CRONOGRAMA.....	57
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	59
12.1.	Factibilidad técnica	59
12.2.	Factibilidad económica	60
	REFERENCIAS	63
	APÉNDICE.....	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución	19
2.	Clasificación de las 6 grandes pérdidas y su objetivo/beneficio	33
3.	Representación de un indicador OEE de clase mundial	39
4.	Representación de un diagrama típico de Pareto	41
5.	Cronograma de actividades	57

TABLAS

I.	Factores para la determinación de la muestra	49
II.	Tabla de operacionalización de variables	50
III.	Variables	50
IV.	Recurso humano técnico.....	60
V.	Recursos financieros.....	60

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
Gmts	<i>Garments</i> / Prendas
Q	Quetzal guatemalteco
Yds	Yardas

GLOSARIO

FTT	<i>First Time Through</i> / Calidad a la primera. Este concepto de <i>Lean Manufacturing</i> , relaciona la cantidad de unidades que cumplen las especificaciones en un lote de producción.
JIT	<i>Just In Time</i> / Justo a tiempo. Es un concepto de <i>Lean Manufacturing</i> , que relaciona la planeación de la producción justa, o contra demanda.
<i>Kaizen</i>	Es una filosofía de <i>Lean Manufacturing</i> , para el mejoramiento continuo de procesos y sistemas adoptados a sistemas de producción.
KPI	<i>Key Performance Indicator</i> / Indicador clave. Es un concepto que se utiliza en las organizaciones para entregar un resultado porcentual clave.
<i>Lean Manufacturing</i>	Es un conjunto de herramientas, metodologías y sistemas cuyo enfoque es la eliminación de desperdicios basado en el mejoramiento continuo.
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> / Eficiencia global. Es una herramienta de <i>Lean Manufacturing</i> que se basa en la reducción de desperdicios y optimización de procesos productivos, con relación a equipos.

<i>Poka-Joke</i>	Es una metodología de <i>Lean Manufacturing</i> , que facilita la detección y corrección de errores en procesos productivos.
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i> / Mantenimiento confiable. Es una metodología de <i>Lean Manufacturing</i> , que se enfoca en la optimización de un plan de mantenimiento preventivo, sistémico y objetivo.
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i> / Cambios rápidos. Es una metodología de <i>Lean Manufacturing</i> , para el recambio de piezas de forma rápida y optimizada.
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> / Sistema productivo total. Es un conjunto de estrategias que buscan reducir los desperdicios en la producción y relaciona la optimización del estado de los equipos.
TPS	<i>Toyota Production System</i> / Sistema de Producción Toyotal. Es un sistema de <i>Lean Manufacturing</i> , que integra y responsabiliza a todo el equipo humano para la optimización de la productividad en general.
TQM	<i>Total Quality Management</i> / Gestión de Calidad Total. Es un modelo de gestión y de control de la calidad que integra a todos los equipos de la organización

RESUMEN

En la presente investigación se pretende establecer el diseño para una propuesta de implementación de un sistema de medición de eficiencia global en el área de corte de tela, en una industria de confección de prendas deportivas, con el fin de establecer los parámetros para la medición de la productividad del área. La falta de un sistema de medición adecuada, ocasiona una falta de seguimiento para las mejoras, y la objetividad de la medición de productividad, pudiéndose traducir en pérdidas económicas y complicaciones con los procesos internos del área.

La herramienta principal para este trabajo es la herramienta de *Lean Manufacturing*, un KPI para la medición de eficiencia de forma global denominada *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. Se realizará el análisis de los parámetros que inciden para la medición, para proyectar el resultado de medición de productividad y eficiencia del área, de forma que la medición sea objetiva.

Para lo cual se efectúa una investigación y elaboración del estado del arte, de forma que nos permita abordar los conceptos más centrados y con mejor lineamiento para el diseño de una propuesta de implementación de un modelo de medición de eficiencia a través de una herramienta de *Lean Manufacturing* en un sistema productivo. La finalidad es establecer los lineamientos para el abordamiento de la investigación y su posterior desarrollo, llegando a desarrollar el diseño de la investigación para una propuesta de implementación.

1. INTRODUCCIÓN

En la presente propuesta de investigación, se documenta el proceso de investigación para desarrollar un modelo para la implementación de un sistema de medición de eficiencia en los procesos de corte de tela de una industria de confección de prendas deportivas, en la misma no se tiene una medición de la eficiencia en procesos de corte de tela y de forma objetiva; a través de la implementación de la herramienta OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), que pretende tomar en cuenta tres factores en un mismo indicador, disponibilidad, rendimiento y calidad; para proporcionar un resultado objetivo y de forma sistemática.

Se considera de suma importancia la implementación de la propuesta de investigación, debido a que, todo proceso industrial debe medirse de forma objetiva, y concretamente, medir la eficiencia de los procesos productivos; sin embargo, cuando un proceso carece de una medición de eficiencia, de forma objetiva, no pueden precisarse mejoras ni identificar las pérdidas y no sería posible establecer un seguimiento oportuno para la optimización de los procesos de producción.

Dentro de los beneficios esperados, principalmente se menciona a la empresa del sector industrial, ya que el estudio se enfoca en uno de los procesos críticos y de importancia, debido a que se tiene contemplado utilizar de escenario de estudio los procesos de corte de tela de una industria de confección de prendas deportivas.

También podrán beneficiarse, todos los interesados que busquen implementar la herramienta, en sus procesos productivos, debido a que, esta investigación pretende proponer la implementación de la herramienta desde un punto de vista de objetividad, en el proceso de medición de la eficiencia.

Este informe de investigación se desarrollará de la siguiente manera. En el primer capítulo se presenta una breve reseña de la investigación elaborada. El segundo capítulo describe el estado de arte, en el cual, se abordan los antecedentes de investigaciones previas relacionadas al concepto de esta investigación. En el tercer capítulo se define la problemática dentro de la empresa, con la cual se genera el interés por realizar esta propuesta de investigación.

En el cuarto capítulo, se sustentan los criterios justificables por los cuales se propone abordar la investigación. En el quinto capítulo se desarrollan los objetivos de la investigación que se propone, y los objetivos específicos que buscan solucionar el problema dentro de la empresa. El sexto capítulo describe las necesidades a cubrir, así como el esquema de solución propuesto con pasos secuenciales en orden lógico, de forma que consiga resolver el problema definido.

En el séptimo capítulo, se desarrollan los conceptos teóricos en los cuales la investigación se fundamenta para efectuar la propuesta del modelo de implementación de una medición sistemática de la eficiencia. En el octavo capítulo se detalla un bosquejo propuesto para el desarrollo del trabajo de investigación.

El noveno capítulo es de suma importancia, puesto que se define la metodología de investigación, el enfoque y alcance que se abordará, la definición de la unidad de análisis, las variables de estudio que considera y las fases secuenciales que se deberán abordar para el desarrollo de la propuesta de implementación

En el décimo capítulo se abordan conceptos relacionados a las técnicas para el análisis y procesamiento de la información a coleccionar para el desarrollo de la investigación. En el onceavo capítulo se establece a modo de objetivo a cumplir en el tiempo específico, el cronograma propuesto para el desarrollo completo de la investigación. En el doceavo capítulo se abordan los conceptos de factibilidad del estudio, y, por último, las referencias bibliográficas para el desarrollo del presente trabajo con la estructura de la normativa APA en su versión No. 6.

2. ANTECEDENTES

De acuerdo con Alarcón (2014), en el trabajo de investigación de maestría titulada: *Implementación de OEE y SMED, como herramientas de Lean Manufacturing* en una empresa del sector plástico, cuyo contexto de investigación se aplica a líneas de producción de procesos de termoformado en una industria de plásticos en Ecuador.

El objetivo de la investigación ha sido determinar a través de herramientas de *Lean Manufacturing*, los indicadores en los procesos de producción que mejoren la productividad. Para lo cual utilizó una metodología de investigación secuencial en la que se analizan las variables de mayor impacto en la productividad de los procesos de producción y se analiza la incidencia de las variables, una tras otra.

De los resultados obtenidos se enfocaron identificar la utilidad de la medición de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), para encontrar las causas que provocan una baja productividad. Así también, se define que una medición de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) será efectiva, deberá observarse en un plazo de un mes para la obtención del resultado objetivo. Utiliza también la herramienta SMED (*Single-Minute Exchange of Dies*), para la reducción de tiempos muertos, que afectan el resultado de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*).

Lara (2018), en la tesis magistral titulada *Fuentes de pérdidas en la eficiencia de los equipos en líneas de pelletizado*. Propuesta de implementación de un sistema OEE, (Eficiencia Global de Equipos), el contexto en el que se realiza la investigación, es en líneas de producción de alimentos para animales,

en una industria de alimentos para la nutrición animal en Quevedo, Santo Domingo, en Venezuela.

El objetivo de la investigación ha sido usar un sistema de medición de eficiencia global de equipos. Se ha utilizado la metodología de investigación hipotético-deductivo para refutar los resultados de las observaciones y deducciones realizadas en la investigación.

Dentro de los resultados del estudio de investigación, se resalta que, el cálculo de eficiencia se mide sólo en función de las velocidades de producción alcanzadas; sin embargo, no se consideraban las pérdidas, por paradas de máquina y las pérdidas de calidad del producto. Además, se analizan los registros de tiempos muertos. Para establecer las causas de paros de máquinas, a través de la aplicación de la técnica de Análisis de Pareto, se obtienen las causas más significativas que inciden en la medición del OEE (*Overall Equipment Effectiveness*).

Guillén (2015), en el trabajo de investigación de maestría, titulado: “Optimización de la efectividad global de los equipos (OEE), a través de estrategias de gestión de mantenimiento”. Estudio que se realiza en una industria de fabricación de carbón industrial, en Venezuela. El objetivo de la investigación ha sido principalmente proponer mejoras en la gestión de mantenimiento para mejorar la eficiencia global de los equipos (OEE). La metodología de investigación empleada ha sido de campo, debido a que la recolección de datos se dio a partir de datos históricos existentes de mantenimiento y producción.

Los resultados obtenidos de la investigación se centran en la implementación de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), para la gestión de mantenimiento, basada en el registro y medición de la eficiencia. Ha utilizado

herramientas de gestión de mantenimiento como el RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), para reducir los tiempos de entrega.

Casilimas y Poveda (2012), en la investigación doctoral titulada: *Implementación del sistema de indicadores de productividad y mejoramiento OEE, (Overall Effectiveness Equipment), en la línea tubería en CORPACERO S.A.* La investigación se desarrolla en las líneas de producción de tuberías, en una corporación de fabricación de aceros en Bogotá, Colombia.

El objetivo de la investigación fue implementar el sistema de indicadores de productividad y mejoramiento de eficiencia global de equipos (OEE), para determinar las principales causas de ineficiencia de la línea de tubería. La metodología de investigación empleada fue de carácter exploratorio para poder identificar las causas reales de la ineficiencia de la línea.

De los resultados obtenidos, se establece una forma inicial de recopilación de datos, para el cálculo de OEE, (*Overall Equipment Effectiveness*), a través de formatos de registro de tiempos de paro durante la jornada laboral; para identificar las fallas recurrentes en el proceso; sin embargo, en la obtención de datos se identifican desaciertos y poca objetividad en el resultado de medición. Debido a que no se registran los tiempos de paros en la producción. El estudio se enfocó específicamente en diferenciar resultados de OEE, (*Overall Equipment Effectiveness*), que se obtienen de registros manuales, en comparación con registros de información en soportes informáticos. Con ello, se demuestra la objetividad de la tecnología, para el registro de datos y su incidencia en la medición de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*).

Vergara et al. (2009), en la tesis doctoral titulada: *Mejora de cálculo del Indicador de Eficiencia General (OEE)*, utilizó la metodología Seis Sigma, en una planta productora de alimentos balanceados en Durán - Ecuador.

El objetivo principal que aborda la investigación se enfoca en el aumento de la exactitud en el cálculo del indicador de OEE (Overall Equipment Effectiveness), mediante la identificación de las causas raíces del problema. El tipo de investigación ha sido de carácter exploratorio ya que la investigación se enfoca en mejorar la exactitud de un resultado de medición que no está claramente definida.

Dentro de los resultados obtenidos se hace mención que, si no se establece un adecuado sistema de medición y de obtención de datos, no se podrá obtener un resultado objetivo; debido a la incorrecta clasificación de las causas de tiempos de paros de máquinas, en consecuencia, no se podrá distribuir adecuadamente los tiempos muertos, para su posterior análisis. Se utilizaron herramientas de análisis de causa raíz, de Pareto, para analizar a profundidad e identificar las causas que afectan, para la obtención de datos en el cálculo de OEE, (*Overall Equipment Effectiveness*).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este apartado se definirá el problema en base al contexto al que se aplica el estudio, a través del planteamiento del problema en forma de preguntas de investigación con énfasis en la importancia de la implementación de la propuesta de investigación y la delimitación de ésta.

3.1. Contexto general

La industria de confección en Guatemala es una de las principales actividades económicas e industriales que contribuyen al comercio internacional del país, y para considerar tal importancia, es necesario controlar los procesos industriales a través de la medición de la eficiencia y de forma objetiva.

El proceso de corte de tela es el arranque de las operaciones en la industria de confección, puesto que es la operación que suministra el material para el procesamiento en el proceso de confección de las prendas. Actualmente no se cuenta con una medición objetiva de la eficiencia para la sala de corte. Por lo que se hace presente la necesidad de desarrollar una metodología de implementación de un sistema de medición de la eficiencia en los procesos de corte de tela.

3.2. Descripción del problema

Actualmente en la empresa, el factor de eficiencia para los procesos de corte de tela, se mide bajo un indicador porcentual de la cantidad de piezas aceptadas de un lote de producción; sin embargo, este concepto de medición

está relacionado únicamente a la calidad del proceso de producción y no a la eficiencia del mismo.

Esta forma de medición de eficiencia dista de tener un enfoque en la productividad, en relación a la capacidad de producción, el recurso utilizado, tiempo de producción y entre otros factores, la calidad, pero no de forma exclusiva. Es necesario replantear el enfoque de medición de la eficiencia de y de forma objetiva a través de OEE, para que sea posible realizar un seguimiento oportuno, identificar los factores de pérdida y definir la capacidad de producción de los procesos de corte de tela.

3.3. Formulación del problema

Para la formulación del problema, se formulan las siguientes preguntas:

3.3.1. Pregunta central

¿Cómo es un diseño de una propuesta de un modelo de implementación de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), en procesos de corte de tela para una industria de confección de prendas deportivas en Villa Nueva, Guatemala?

3.3.2. Preguntas de investigación

- ¿Qué procesos se utilizan actualmente para la medición de eficiencia en los procesos de corte de tela?
- ¿Cuáles son los factores que influyen en OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), para establecer un indicador que pueda englobar una medición de la eficiencia en corte de tela?

- Cuáles serán los beneficios de implementar un sistema de medición de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), en los procesos de corte de tela

3.4. Delimitación de estudio

El trabajo de investigación se realizará en una empresa de confección de prendas deportivas, en el área de corte de tela, de una industria de confección de prendas deportivas ubicada en el municipio de Villa Nueva del departamento de Guatemala, durante el período que corresponde el mes de junio de 2021 al mes de septiembre de 2022.

4. JUSTIFICACIÓN

La investigación propuesta se deriva de la línea de investigación de Excelencia Operacional, de la Maestría en Gestión Industrial de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Plantea una metodología para su aplicación en la industria de confección de prendas deportivas en los procesos de corte de tela.

Es necesario desarrollar esta investigación, debido a que refuerza la metodología del cálculo de eficiencia, a través de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), para un cálculo de eficiencia de forma objetiva en los procesos de corte de tela. La empresa se beneficiará con este estudio, ya que se especifica la metodología de aplicación, basado en los datos que se obtienen específicamente del departamento de corte de tela, para la implementación de la metodología en la industria de confección de prendas deportivas.

Para efectuar una medición de la eficiencia de forma objetiva en cualquier proceso industrial, es importante analizar los factores que influyen en la medición, que se utilizan para el cálculo respectivo. En la presente investigación, se propone un modelo sistemático, para la obtención de datos y propone una metodología para el cálculo de la eficiencia, que pueda englobar los factores que se consideran importantes, para una medición objetiva.

El beneficio que se obtendrá con el desarrollo de esta investigación, será la definición de la metodología de aplicación de una herramienta de manufactura esbelta para la medición de la eficiencia de los procesos de corte de tela en una

industria de confección en Guatemala, además de proponer un enfoque que busca la objetividad en el proceso de medición sistemática.

Por lo que se define como principal beneficiario, la empresa en la cual se realizará de escenario para el desarrollo de la investigación, así también, podrá ser de beneficio a todo investigador que busque implementar la herramienta en cualquier proceso productivo de forma objetiva.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar una propuesta de implementación de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), en procesos de corte de tela para una industria de confección de prendas deportivas en Villa Nueva, Guatemala.

5.2. Específicos

- Identificar el proceso de medición actual de eficiencia en los procesos de corte de tela.
- Analizar los factores que inciden en la medición de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), que integre todos los procesos relacionados al corte de tela.
- Evaluar los beneficios de la implementación de un sistema de medición de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), en los procesos de corte de tela.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN

A través del presente estudio de investigación, se busca solventar el principal problema que se presenta en los procesos de corte de tela en la empresa, respecto a la falta de objetividad de la medición de la eficiencia para dicho proceso. Debido a la falta de objetividad del porcentaje de eficiencia percibido en la actualidad desde la perspectiva del indicador porcentual de FTT (First Time Through), siendo éste un indicador únicamente de calidad y no un indicador de eficiencia.

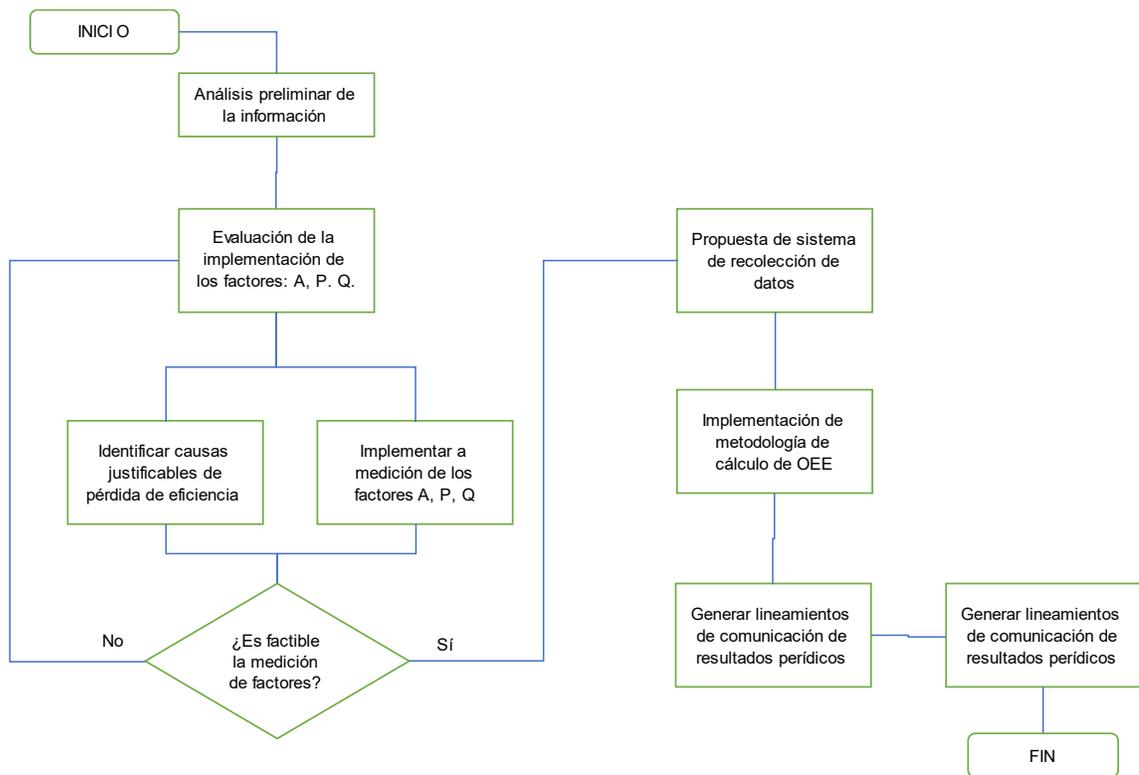
A continuación, se describe el esquema de solución del trabajo de investigación:

- Se analizará el FTT (*First Time Through*) que actualmente se utiliza como medida de la eficiencia.
- Se evaluará el método de implementación de los tres factores que conforman el cálculo de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*); Disponibilidad, Rendimiento y Calidad; a los procesos de corte de tela.
- Se definirán las causas de los tiempos muertos que afecten al factor Disponibilidad, y se clasificará de manera sistemática; con el fin de analizarlos objetivamente.
- Se establecerá el método para calcular el factor Rendimiento de las máquinas de los procesos de corte de tela, por tiempos de operación.

- Se analizará la forma actual de la medición del factor Calidad, a través del FTT (*First Time Through*), y se evaluarán mejoras y cambios que puedan aplicarse a la medición, para obtener resultados objetivos.
- Se evaluará una forma de sistematización para el registro y la obtención de datos, para el cálculo de la eficiencia en los procesos de corte de tela, de forma objetiva.
- Se aplicará la metodología de cálculo para OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), y se realizarán análisis de los resultados de distintos períodos de tiempo, para realizar inferencias y encontrar las causas que provocan una medición deficiente.
- Finalmente, se establecerá un lineamiento para la comunicación de resultados, que se obtendrán para el cálculo de eficiencias, a través de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*).

A continuación, se presenta el esquema de solución propuesto para el problema.

Figura 1. Esquema de solución



Fuente elaboración propia, realizado con Visio.

7. MARCO TEÓRICO

A continuación, se desarrollarán los conceptos teóricos en los que se fundamenta la investigación, para definir la metodología que deberá adoptar esta propuesta de investigación.

7.1. Consideraciones generales

Dentro de las consideraciones que deben considerarse deberá tomarse en cuenta los conceptos que a continuación se desarrollarán.

7.1.1. La eficiencia en los procesos productivos

Para poder mejorar la eficiencia en un proceso productivo, es necesario medir, por lo tanto, es importante definir las variables que inciden en la medición de la eficiencia, para que ésta sea objetiva.

La eficiencia tiene diferentes unidades de medida, dependiendo el enfoque, ya que puede ser una eficiencia parcial, enfocado a la evaluación de un proceso o grupo de procesos, como también puede ser global, que busca ser un factor definitivo y se expresa generalmente de forma porcentual.

Sin embargo, debe considerarse que la eficiencia siempre deberá considerar dos variables o factores en comparación, el objetivo a trazar y el recurso que se invierte para lograrlo.

7.1.2. Manufactura Esbelta

La manufactura esbelta es una metodología desarrollada en Japón para los sistemas productivos de producción, compone una serie de métodos y herramientas como filosofías para implementar de forma secuencial y ordenada, para poder mejorar la productividad y eficiencia, de forma general. Ha evolucionado desde el método de producción de Toyota (TPS), hasta conformar un modelo de gestión integral enfocado a la generación de valor en el flujo de producción de cualquier tipo de organización y desde cualquier perspectiva, aunque en principio, es considerada como una filosofía de aplicación en sistemas de producción.

Los 5 principios de la manufactura esbelta se fundamentan principalmente en la creación de valor con un enfoque de mejora en la eficiencia de los procesos, como lo define Schroeder (2008):

- Especificar precisamente que es aquello acerca de un producto o servicio que crea valor desde la perspectiva del cliente
- Identificar, estudiar y mejorar la corriente del valor del proceso para cada producto o servicio.
- Asegurarse de que el flujo de un proceso sea simple, uniforme y libre de errores, evitando con ello el desperdicio
- Solo lo que el cliente requiere
- Esforzarse en la perfección. (p. 132 – 135)

Así como puede mencionarse la importancia de la creación del mapa de valor de un proceso productivo para poder evaluar de forma visual y secuencial el diagrama de flujo del proceso y detectar aquellos procesos

que sí entregan valor, como detectar aquellos procesos que estén generando un desperdicio o que no aporten valor al flujo.

7.1.3. La mejora continua

La mejora continua es un precepto que se persigue en toda industria de manufactura que nace de un término japonés “*Kaizen*”, el cual, literalmente significa “mejora”.

Kaizen es un principio que da soporte a la estandarización de procesos que busca una mejora continua en el proceso de desarrollo de un sistema, que se basa en la generación de ideas con enfoque de reducción de desperdicios, se considera la filosofía en la que se basa Lean Manufacture (o manufactura esbelta), para los sistemas de producción.

Kaizen se define con el siguiente concepto: “Es el término japonés para el mejoramiento continuo, y es el proceso para hacer mejoras incrementalmente, no importa lo pequeñas que sean, y alcanzar las metas de Lean de eliminar todos los desperdicios, que generan un costo sin agregan valor.” (Villaseñor y Galindo, 2009, p.88)

El concepto de mejora continua o *Kaizen*, es aplicable en la vida personal, familiar, social y de trabajo. Villaseñor y Galindo (2009) Sin embargo, “cuando es aplicado al ámbito de trabajo en los procesos productivos se considera el mejoramiento continuo que considera a todas las personas involucradas a ser partícipes y responsables de la mejora continua” (p. 88).

Kaizen es la base en que se fundamenta la manufactura esbelta (*Lean Manufacturing*) en su aplicación y búsqueda de la mejora continua en los procesos de producción. Se puede decir, que este fundamento se relaciona con la mejora de la eficiencia, con la reducción de desperdicios y la búsqueda de la mejora continua.

7.1.4. La excelencia operacional

Es un concepto integral que se fundamenta en la mejora del desempeño y la eficiencia en general. “Se define como la gestión sistémica y sistemática de la seguridad, salud ocupacional, medio ambiente, productividad, calidad, confiabilidad, y excelencia para lograr un desempeño de Clase Mundial” (Rubio, 2015, p.5).

La excelencia operacional es un concepto integral que busca integrar la mejora continua en los diferentes procesos de la organización, podemos decir entonces, que la excelencia operacional es la concepción de la filosofía *Kaizen* que engloba a todos los procesos de la organización, así como lo define Rubio (2015):

La Excelencia Operacional es una filosofía, cultura, o estrategia de gestión basada en prácticas sobresalientes cuyo objetivo, es que la organización satisfaga de manera equilibrada las necesidades y expectativas de los clientes, de los empleados, de los accionistas y de la sociedad en general.
(p. 6)

La excelencia operacional se relaciona al tema de investigación ya que la implementación de mejora de eficiencia por medio de la implementación de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), surge de una planificación estratégica de

proyectos de mejora continua que se fundamenta en los conceptos TPM (*Total Productive Maintenance*), para a la reducción o eliminación de las 6 grandes pérdidas, con el objetivo de reducir los tiempos muertos, pérdidas de velocidad y desperfectos.

7.2. Mantenimiento productivo total

El mantenimiento productivo total se define como una filosofía parte de la manufactura esbelta que considera. Se fundamenta en tres principios específicos como lo describen Villaseñor y Galindo (2009).

- Maximizar la efectividad de cada pieza del equipo (la eficiencia global del equipo).
- Proveer un sistema de mantenimiento acorde al ciclo de vida del equipo.
- Involucrar a los departamentos en el plan, el diseño, el uso y el mantenimiento del equipo. (p. 66)

Otra definición relacionada al mantenimiento productivo total (TPM), se relaciona directamente con el concepto de gestión del mantenimiento, cuyos ámbitos de aplicación pueden definirse como lo generaliza Cuatrecasas (2011):

- Mantenimiento preventivo PM: como parte del mantenimiento planificado y basado en la previsión y la evitación de averías y cualquier tipo de problemas y por tanto evitar paros en el sistema productivo y las consiguientes reparaciones.
- Mantenimiento autónomo MA: llevado a cabo por los operarios en sus puestos de trabajo, pretende que las acciones básicas de

mantenimiento y prevención se hagan ya desde el propio puesto de trabajo.

- Previsión de mantenimiento MP: mantenimiento facilitado y minimizado desde la ingeniería de desarrollo y, por tanto, desde el propio diseño de los equipos. (p. 673)

7.2.1. Objetivos del TPM

Dentro de los objetivos del TPM pueden establecerse de la siguiente forma, como lo definen Villaseñor y Galindo (2009): “Eliminar las 6 grandes pérdidas. Planeación del mantenimiento. Mantenimiento autónomo. Ingeniería preventiva. Diseño de productos. Educación y práctica” (p.66 - 69). Entendiendo el enfoque principal sobre las seis grandes pérdidas, como el conjunto de desperdicios asociados a los equipos (máquinas) que impiden mejorar la eficiencia del flujo del proceso productivo.

Otra definición que también se le puede asignar al objetivo principal del TPM, según Cuatrecasas (2011): Es la maximización de la eficiencia global del equipo en los sistemas de producción, eliminando las averías, los defectos y los accidentes con la participación de todos los miembros de la empresa. El personal y la maquinaria deben funcionar de manera estable bajo condiciones cero averías y cero defectos, dando lugar a un proceso en flujo continuo regularizado. (p. 671)

Con la definición anterior, relacionamos la importancia del objetivo principal del sistema TPM en la implementación del sistema de eficiencia global de equipos, ya que es la solución relacionada directamente con la definición del problema de investigación. Además, también pueden mencionarse los objetivos específicos del TPM, que busca reducir: “Tiempos muertos o de paro del sistema

productivo. Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos. Productos defectuosos o malfuncionamiento de las operaciones en un equipo” (Cuatrecasas, 2011, p. 671).

7.2.2. Las 5's

El concepto de 5's nace específicamente del fundamento de la manufactura esbelta, como lo define Schroeder (2008):

Seiri – Clasificar. Decidir qué debe mantenerse y qué debe descartarse de modo que sólo permanezca lo esencial.

Seiton - Alinear o poner en orden. Arreglar lo indispensable de manera que se dé apoyo a un flujo de trabajo eficiente.

Seiso – Brillar, barrer o limpiar. Asegurar la limpieza regresando las cosas a sus lugares de almacenamiento y eliminando las cosas que no correspondan.

Seiketsu – Estandarizar. Estandarizar el trabajo y adoptar el *seiri-seiton-seiso* en todas partes de modo que todos los trabajadores sepan cuáles son sus responsabilidades.

Shitsuke – Sostener. Mantener el *seiri-seiton-seiso-seikutsu* como un hábito de trabajo y una forma de operar. (p. 136)

Bajo estas definiciones del autor, se puede atribuir que las 5's son un conjunto de preceptos que buscan generar valor en el proceso productivo a través de la mejora de la eficiencia eliminando y/o reduciendo desperdicios y procesos innecesarios.

7.2.3. Las 6 grandes pérdidas

Tal como se ha definido en el concepto de TPM y los objetivos de este sistema. Es importante considerar y definir las 6 grandes pérdidas, debido a que se puede asociar un beneficio al considerar reducir o eliminar éstas que ocasionan una baja eficiencia en el proceso de producción.

7.2.3.1. Fallos en equipos

Las fallas de los equipos se consideran como fallas que generan defectos que requieren de reparación y que el proceso de producción debe detenerse. Estas fallas generalmente están asociadas como la mayor causa de paradas de máquinas. “Las pérdidas por averías, errores o fallos del equipo, provocan tiempos muertos del proceso por paro total del mismo debido a problemas que impiden su buen funcionamiento” (Cuatrecasas, 2011, p.678).

Las pérdidas por fallos en el equipo se asocian con los fallos relacionadas a las personas, sean intencionadas o por desconocimiento, en el mantenimiento o en la operación de los equipos. Aunque estas pérdidas o paradas de máquina suceden de forma fortuita e inoportuna, es importante evaluar su periodicidad en la operación o el mantenimiento, ya que si la avería es repetitiva puede asociarse a una necesaria corrección o configuración en el equipo, aunque también puede asociarse al desconocimiento del personal en la operación.

7.2.3.2. Setup o configuración y ajustes

Las pérdidas por preparaciones iniciales o por configuración se presentan cuando se arrana la producción, al inicio del día, o al inicio de un lote de producción o de un producto específico distinto uno anterior, y se puede definir

como "tiempo empleado en la preparación o cambio de útiles y herramientas y los ajustes necesarios en las máquinas para atender los requerimientos de la producción de un nuevo producto o variante del mismo" (Cuatrecasas, 2011, p.679).

Esta clasificación de pérdida se considera como pérdidas por paradas de máquinas que requieran configuración o pequeños ajustes, ya sea que formen parte de un cambio de configuración, por cambio de producto, especificaciones o materiales.

Aquí, es importante mencionar otro concepto de manufactura esbelta, SMED (*Single Minute Exchange of Die*), que tiene una correlación con la filosofía JIT (*Just in Time*), en el sistema de producción, cuyo objetivo es centrarse en la reducción al máximo posible del tiempo invertido en el cambio de configuración de piezas en los equipos. SMED se enfoca en la identificación de operaciones internas y externas, entendiéndose por internas aquellas que son imprescindibles y necesarias realizarlas dentro del tiempo de para de máquina, y las operaciones externas son aquellas que pueden tener una preparación previo o posterior al tiempo de parada por cambio de configuración del equipo. SMED busca convertir las operaciones internas en externas, buscando métodos de optimización de los accesorios en el equipo reemplazarlos por piezas Poka-yoke (otro concepto de la filosofía de manufactura esbelta), de forma que las piezas sean universales, en su tamaño u operación para que cuando se realice el cambio de configuración sea más eficiente y de tiempos reducidos.

Para reducir los tiempos de paradas por cambios en la configuración del equipo por cambios de especificaciones del producto, se debe abordar con la implementación de la herramienta SMED (*Single Minute Exchange of Die*).

7.2.3.3. Ciclo en vacío y paradas menores

Estas pérdidas se consideran debido a micro paradas por rectificación en el proceso de producción, lo cual causa una reducción en la velocidad de producción de la misma, con la máquina en operación o ya sea deteniendo el proceso ocasionando paradas menores o micro paradas. Cuatrecasas (2011), define los tiempos muertos y paradas menores como “tiempos en los que la máquina opera, pero lo hace sin efectuar la producción de pieza alguna, debido a un problema temporal” (p. 680). Estas pérdidas tienen relación con el estado del equipo en cuestiones de mantenimiento, ya que generalmente los tiempos muertos se generan por fallos mecánicos o por avería de alguna pieza de la máquina, que impide el flujo de la operación del proceso de forma eficiente.

Se considera que es posible reducir al máximo estos tiempos muertos relacionadas a fallas y averías en el equipo realizando una limpieza diaria y aplicando el concepto del mantenimiento preventivo calendarizado, puesto que en éste mantenimiento podemos prever con anticipación para evitar próximas averías por fallas en el equipo, aunque también como se mencionó con anterioridad, un programa de limpieza diario es necesario considerar, con una inspección breve en el arranque de las operaciones, para evitar éstas paradas por fallas en la máquina causando tiempos muertos y paradas menores.

7.2.3.4. Velocidad reducida

Las pérdidas por velocidad reducida son intencionadas, y son en ocasiones, parte del proceso de producción, a veces necesarias, ya que depende de las especificaciones de producción, la configuración de la velocidad de la máquina para la producción.

Tal como la definición de Cuatrecasas (2011), para las pérdidas por velocidad reducida como: “pérdidas de producción ocasionadas por la diferencia que hay entre la velocidad prevista (de diseño) para el equipo en cuestión y la velocidad de operación real” (p. 680). Esta definición puede asociarse con el tiempo estándar o velocidad estándar de operación, ya que si ésta está mal definida puede que estemos considerando una velocidad reducida erróneamente.

O bien, se presentan cuando el medio de operación del equipo es distinto a la configuración con el que esté operando, por lo cual, por naturaleza, será necesario reducir la velocidad de la operación del equipo para poder procesar sin producir desperfecto en los productos. En la mayoría de casos, el operario no es consciente de la reducción o pérdida de la velocidad de operación, lo cual implica, no reportar con lo que puede generar esta reducción en la velocidad del equipo para la producción.

7.2.3.5. Defectos de proceso

Estas paradas están relacionadas a la calidad de producto, y el proceso de producción se detiene por la rectificación de especificaciones en el proceso de producción por no cumplir con los parámetros de especificación aceptables. El tiempo de paro producido por los defectos de calidad de proceso se define como: “tiempo perdido en la producción de productos defectuosos, de calidad inferior a la exigida, las pérdidas de los productos irrecuperables y las pérdidas provocadas por el reprocesado de productos defectuosos” (Cuatrecasas, 2011, p.681).

Es oportuno mencionar otro concepto de la filosofía de manufactura esbelta, TQM (*Total Quality Management*), que es la gestión de calidad total enfocada a la reducción de desperfectos en la producción a través del control de

los procesos de calidad, enfocado a la mejora de la calidad, por lo tanto, mejora de la eficiencia, en general, englobando a los involucrados a tomar parte de la responsabilidad de la calidad que se requiere para el producto final, en todo el flujo del proceso de producción.

Esta casusa está relacionada directamente con la pérdida de la eficiencia de la producción, y se debe a algún ajuste menor o los relacionados con calidad del producto y de los procesos de producción. Cuatrecasas (2011), asocia las pérdidas por rendimiento reducido como: “nivel de producción que se da en ocasiones en el arranque, y puesta en funcionamiento de determinadas máquinas, situado por debajo de la capacidad” (p.681). También relacionado con la pérdida de velocidad, logrando reducir o eliminar este desperdicio a través considerar el funcionamiento del equipo libre de obstáculos y de procesos innecesarios en el proceso de arranque y en la operación.

7.2.4. Beneficios del TPM

Como ya hemos definido anteriormente, el objetivo y beneficio del TPM es eliminar las 6 grandes pérdidas que evitan maximizar la eficiencia global de los equipos, basado en la reducción y/o eliminación de los tiempos muertos, funcionamiento reducido y defectos. Pero es necesario considerar los efectos de éstas 6 pérdidas, como lo acuña Cuatrecasas (2011) “Es necesario descubrir, clasificar y eliminar los principales factores que merman las condiciones operativas ideales de los equipos, lo que es un objetivo fundamental del TPM.” (p. 676). Por lo que se definirán los objetivos de la reducción o eliminación de las 6 grandes pérdidas, que serán los beneficios que se obtienen al implementar el TPM.

En la figura que se presenta a continuación, se ilustran las 6 grandes pérdidas del enfoque del TPM, las pérdidas con las que se asocia, sus características y el objetivo con el que se debe enfocar su reducción o eliminación para obtener los beneficios.

Figura 2. **Clasificación de las 6 grandes pérdidas y su objetivo/beneficio**

Tipo	Pérdidas	Tipo y características	Objetivo
Tiempos muertos y de vacío	1. Averías	Tiempos de paro del proceso por fallos, errores o averías, ocasionales o crónicas, de los equipos	Eliminar
	2. Tiempos de reparación y ajuste de los equipos	Tiempos de paro del proceso por preparación de máquinas o útiles necesarios para su puesta en marcha	Reducir al máximo
Pérdidas de velocidad del proceso	3. Funcionamiento a velocidad reducida	Diferencia entre velocidad actual y la de diseño del equipo. Mejoras en el equipo para superar su velocidad de diseño	Anular o hacer negativa la diferencia con el diseño
	4. Tiempo en vacío y paradas cortas	Intervalos de tiempo en que el equipo está en espera para poder continuar. Paradas cortas por desajustes varios	Eliminar
Productos o procesos defectuosos	5. Defectos de calidad y repetición de trabajos	Producción con defectos crónicos u ocasionales en el producto resultante y consecuentemente, en el modo de desarrollo de sus procesos	Eliminar productos y procesos fuera tolerancias
	6. Puesta en marcha	Pérdidas de rendimiento durante la fase de arranque del proceso, que pueden derivar de exigencias técnicas	Minimizar según técnica

Fuente: Cuatrecasas (2011). *Organización de la producción y dirección de operaciones* (p. 677)

Tal como observamos en la gráfica anterior, las 6 grandes pérdidas se pueden asociar a los objetivos específicos del TPM, que de eliminarlas o reducirlas, podemos obtener mejoras y reducción en los factores de tiempos muertos, pérdidas de velocidad, calidad del producto

Por lo que ahora nuestro enfoque deberá ser en los siguientes factores:

- Disponibilidad de tiempo.
- Rendimiento del equipo
- Calidad del producto.

7.3. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), es una herramienta de manufactura esbelta (*Lean Manufacturing*), que engloba la medición de eficiencia a través de tres factores definidos en el TPM (*Total Productive Maintenance*) como objetivos para reducir o eliminar las 6 grandes pérdidas.

Stamatis (2011), define la herramienta de esta manera: “OEE es una jerarquía de métricas que se enfoca en cuán eficiente es un proceso de manufactura” (p. 21). Las cuales se pueden obtener comparativas de los factores, aplicables al departamento o a sector específico de la industria. Y se resume en los siguientes preceptos: “OEE es una métrica que identifica el potencial de los equipos. OEE identifica y da seguimiento a las pérdidas que ocasionan la baja eficiencia. OEE identifica ventanas de oportunidad.” (Stamatis,2011, p. 21)

7.3.1. Factores

Como se ha definido previamente, OEE es una herramienta que evalúa las restricciones en un proceso productivo a causa de no utilizar el potencial máximo del equipo, y como un indicador, mide cuánto incide en la medición de dichos factores de restricciones. Los factores son los siguientes:

- Disponibilidad (*Availability*).

- Rendimiento (*Performance*).
- Calidad (*Quality*).

Tal como se puede analizar, estos factores que definen al indicador de OEE, son los mismos factores que se definieron como los factores de enfoque en TPM, los cuales fueran: Disponibilidad de tiempo, Rendimiento del equipo, Calidad del producto. Con lo cual llegamos a la definición que OEE es un indicador que mide la eficiencia de forma global en los equipos y que evalúa los factores que restringen dicha eficiencia, tales factores son la disponibilidad de tiempo, rendimiento del equipo y calidad del producto.

7.3.1.1. Disponibilidad

El factor de Disponibilidad se asocia con el tiempo de operación o de uso del equipo (máquina) para la producción. Como lo define Stamatis (2011): “representa el porcentaje del tiempo programado en el que la operación está disponible para operar” (p. 25). En otras palabras, el factor de disponibilidad es el indicador que representa el porcentaje del tiempo disponible que se tiene para operar dentro del tiempo programado para producir.

Su fórmula es la siguiente:

$$Availability (A) = \frac{Available Time}{Scheduled Time}$$

7.3.1.2. Rendimiento

Stamatis (2011) define el factor de rendimiento como: “representa la velocidad a la que la máquina opera como un porcentaje de su velocidad de diseño” (p. 26). En otras palabras, el factor de rendimiento es el indicador que

representa el porcentaje de la configuración en la que la máquina está configurada para operar en relación con su capacidad máxima de operación.

Su fórmula es la siguiente:

$$Performance (P) = \frac{Actual Rate Production}{Potential Rate Production}$$

7.3.1.3. Calidad

Stamatis (2011) define el factor de calidad como: “representa las unidades buenas producidas como porcentaje del total de unidades iniciadas” (p.26). En otras palabras, el factor de calidad es el indicador que representa el porcentaje de piezas resultantes que cumplen con las especificaciones requeridas en relación con el total de piezas producidas en la máquina.

Su fórmula es la siguiente:

$$Quality (Q) = \frac{Good units}{Total units started}$$

7.3.2. Las pérdidas

Relacionadas a cada uno de los factores, OEE segmenta las pérdidas en 6 conceptos, que guardan relación con las 6 grandes pérdidas definidas en el TPM, en OEE se consideran las pérdidas siguientes, como o define Stamatis (2011), de esta forma: “Averías. Configuración / ajustes. Inactivos / paros. Velocidad reducida. Defectos. Proceso de ignición “ (p.22).

7.3.3. Su aplicación

Habiendo definido los conceptos relacionados a OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), es necesario segmentar y delimitar su aplicación, ya que al definir los conceptos de disponibilidad, rendimiento y calidad, se puede identificar que es aplicable a la industria de manufactura, y sin embargo existe una limitación del concepto de la aplicación del indicador, ya que OEE es aplicable únicamente a procesos que son operados por equipos (o máquinas), ya que para evaluar las pérdidas relacionadas al tiempo de paro, es asignable específicamente a máquinas, y no a personas que es otro concepto de tiempo muerto. Además, tanto el rendimiento está asociada también específicamente a los equipos, ya que en teoría debería ser graduable o configurable. Asimismo, la calidad está enfocada en la capacidad de la máquina de producir dentro de las especificaciones configuradas.

Aunque hay estudios previos que han efectuado la aplicación de OEE en procesos productivos que no incluyen máquinas, sino únicamente personas, y aunque los factores son perfectamente aplicables, generan mucha variabilidad en la evaluación de los factores, y por ende en la incidencia de los resultados de OEE.

7.3.3.1. Cálculo

Habiendo definido los factores que engloba la medición de OEE, que son disponibilidad, rendimiento y calidad. Definimos que OEE es la herramienta en forma de indicador KPI (*Key Performance Indicator*) que nos permite englobar dichos factores para medición de una eficiencia global de los equipos.

Y su fórmula será:

$$OEE = A * P * Q$$

Donde

- A = Disponibilidad
- P = Rendimiento
- Q = Calidad

7.3.3.2. Clasificación

OEE es un indicador de clase mundial por lo que puede clasificarse la eficiencia un proceso según el resultado de KPI. Aunque se clasifican los indicadores obtenidos sobre el 85% son considerados de clase mundial (*World Class OEE*).

Y se puede representar en la siguiente figura:

Figura 3. **Representación de un indicador OEE de clase mundial**

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Equipment ID: _____ Date: _____
 Part ID: _____ Shift: _____

Equipment Availability:

A. Total available time _____ minutes
 B. Planned Downtime _____ minutes
 C. Net available time (A-B) _____ minutes
 D. Unplanned downtime (from downtime reports)
 # of breakdowns _____ Total Minutes _____ +
 # of setups & adjustments _____ Total Minutes _____ +
 # of minor breakdowns _____ Total minutes _____ = _____ minutes
 E. Operating time (C-D) _____ minutes
 F. Equipment availability (E/C)x100 _____ % [90%]

Performance Efficiency:

G. Total parts run (good + bad) _____ parts
 H. Ideal cycle time _____ minutes/part
 I. Performance efficiency (HxG)x100 _____ % [95%]

Quality Rate:

J. Total defects (rework + scrap) _____ parts
 K. Quality rate [(G-J)/G]x 100 _____ % [99%]

Overall Equipment Effectiveness:
 (F x I x K) x 100 _____ % [85%]

Fuente: Stamatis (2011). *The OEE Primer* (p. 23).

7.3.3.3. **Ventajas**

Dentro de las ventajas principales del indicador de OEE se puede mencionar, que engloba los tres factores de disponibilidad, rendimiento y calidad, en un solo indicador de eficiencia global de los equipos. Y de igual forma, puede evaluarse las restricciones de cada uno de los parámetros por individual, para determinar cuáles son tales restricciones que estarían ocasionando en alguna de las 6 grandes pérdidas, tal reducción en la eficiencia global.

Otra ventaja importante de la evaluación de la eficiencia de forma global a través del indicador de OEE, es que al analizar las causas que ocasionan pérdidas, podremos determinar otras herramientas y metodologías para la mejora

de la eficiencia, tal como lo es, implementar un sistema de seguimiento de las 5's, implementar dispositivos *poka-yoke*, implementar la metodología SMED (*Single Minute Exchange of Die*), e inclusive diseñar una metodología de mejora con la metodología *Kaizen* de mejora continua.

7.4. Análisis de causa raíz

El análisis de causa raíz es una herramienta de recolección y análisis de datos e información, que es imprescindible a la hora de reunir la información necesaria relacionadas a la identificación de causas que estén generando problemas o pérdidas en cualquier tipo de operación o proceso. Cuyo objetivo es identificar y asociar las causas que generan el problema, Stamatis (2011), emplea los siguientes criterios:

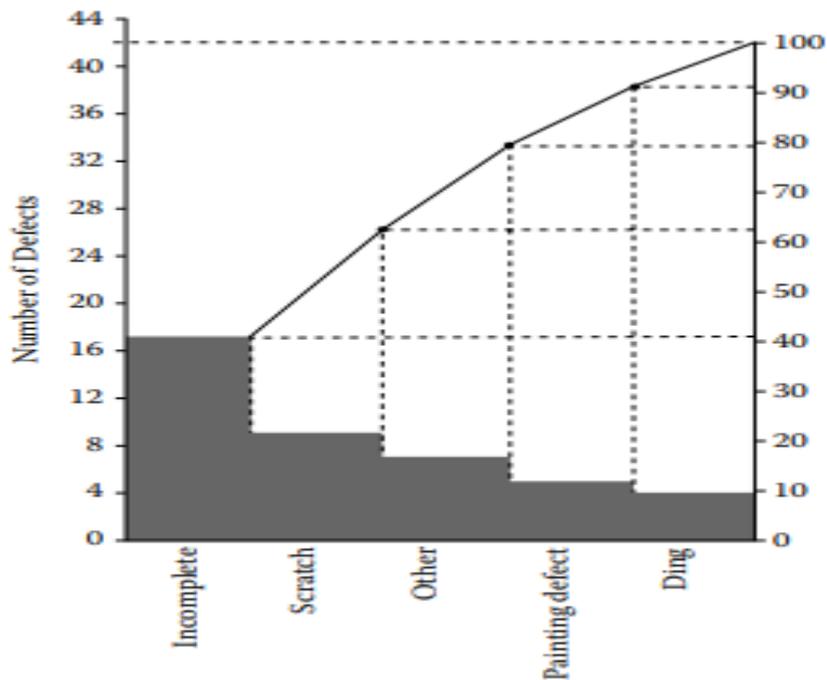
- Técnico: ¿Qué problemas con la maquinaria o los materiales causaron la falla?
- Detección: ¿Qué sistema de detección falló (o no existía) que debería haber detectado el problema antes de que escapara?
- Sistémico: ¿Qué fallas en el proceso de fabricación y los sistemas de gestión causaron el problema y permitieron que no se solucionará?
(p. 50-51)

Con lo que se le da un enfoque de análisis y la evaluación de posibles vías de solución e identificación de herramientas que pueden implementarse para la solución de un problema, el mejoramiento de un proceso o la reducción y eliminación de desperdicios o defectos de un proceso productivo.

7.5. Diagrama de Pareto

Es otra herramienta que, de igual forma como el análisis de causa raíz, es utilizado para asociar las causas más significativas en el proceso de identificación de problemas o análisis de la información. Stamatis (2011) define que: “el principio de Pareto establece que hay pocas causas que representan a la mayoría” (p. 59).

Figura 4. Representación de un diagrama típico de Pareto



Fuente: Stamatis D.H. (2011). *The OEE Primer*. (p.60)

Se puede determinar que, con atacar unas pocas causas podemos encausar la mayor parte de los problemas o defectos, tal como lo define Stamatis (2011):

El principio es de aplicación universal. De hecho, es tan común que se llama la regla 80:20 (el 80% de todos los problemas provienen del 20% de las fuentes).

Otra forma de decirlo es que los "pocos vitales" son más importantes que los "muchos triviales". (p 60)

La herramienta de Pareto como se ha mencionado anteriormente, tiene varios campos de aplicación, como el análisis de datos, resolución de problemas, reducción de pérdidas, o cualquier situación que se quiera analizar, y esta herramienta es esencial ya que encausa el enfoque en unas pocas causas para poder lograr una gran mejora o reducción. En la gráfica, en el eje horizontal deben colocarse las variables de análisis y en el eje vertical la frecuencia o el porcentaje que representa en total.

8. PROPUESTA DEL ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

JUSTIFICACIÓN

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Consideraciones generales

1.1.1 La eficiencia en los procesos productivos

1.1.2 La eficiencia en los procesos productivos

1.1.3 Manufactura esbelta

1.1.4 La mejora continua

1.1.5 La excelencia operacional

1.2 Mantenimiento productivo total

1.2.1 Objetivos del TPM

1.2.2 Las 5's

1.2.3 Las 6 grandes pérdidas

1.2.3.1 Fallos en equipos

1.2.3.2 *Setup* o configuración y ajustes

1.2.3.3 Ciclo en vacío y paradas menores

1.2.3.4 Velocidad reducida

1.2.3.5 Defectos en proceso

- 1.2.3.6 Rendimiento reducido
- 1.2.4 Beneficios del TPM
- 1.3 *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*
 - 1.3.1 Factores
 - 1.3.1.1 Disponibilidad
 - 1.3.1.2 Rendimiento
 - 1.3.1.3 Calidad
 - 1.3.2 Las pérdidas
 - 1.3.3 Aplicación
 - 1.3.3.1 Cálculo
 - 1.3.3.2 Clasificación
 - 1.3.3.3 Ventajas

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- 3.1. Identificación del proceso de medición actual de eficiencia en los procesos de corte de tela
 - 3.1.1. Contexto de la organización
 - 3.1.2. Análisis del proceso de corte
 - 3.1.3. Descripción del proceso productivo
 - 3.1.4. Identificación de variables del proceso productivo
 - 3.1.5. Medición actual de la eficiencia
- 3.2. Análisis de los factores que inciden en la medición de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)
 - 3.2.1. Enfoque de medición
 - 3.2.2. Objetividad de la medición
 - 3.2.3. Mediciones del proceso productivo
 - 3.2.4. Factores de evaluación de parámetros

- 3.3. Evaluación de los beneficios de la implementación de un sistema de medición de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)
 - 3.3.1. Análisis interno de beneficios
 - 3.3.2. Análisis externo de beneficios
- 3.4. Diseño de una propuesta de implementación de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), para la medición de la eficiencia de forma objetiva
 - 3.4.1. Medición de la disponibilidad en el proceso productivo
 - 3.4.2. Medición del rendimiento del proceso productivo
 - 3.4.3. Medición de la calidad del proceso productivo
 - 3.4.4. Medición de OEE para la eficiencia global

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

9. METODOLOGÍA

En este apartado se definirá la metodología de investigación que se desarrollará en el estudio, como la definición de las variables a analizar, el diseño experimental que se adoptará en esta propuesta de investigación, asimismo se desarrollarán la secuencia de las fases de estudio con que se propone abordar el tema, la definición del plan de muestreo y los instrumentos de recolección de información, para la propuesta del desarrollo de la investigación que pretende resolver el problema que se ha definido.

9.1. Características del estudio

El enfoque del estudio de la investigación propuesta es de carácter cuantitativo como cualitativo, por lo que puede definirse como una investigación de enfoque mixto, esto es debido a que se utilizan variables numéricas como cuantitativas en el procesamiento de datos históricos así también se plantea utilizar variables cualitativas como factores relacionados específicamente al personal y de forma cualitativa como también lo relacionados a las cualificaciones en el proceso de la observación, para la determinación de causas que afectan la medición de la eficiencia global de los equipos.

El alcance metodológico es de carácter exploratorio debido a que no se ha definido previamente una metodología para efectuar el cálculo de eficiencia global de los equipos en los procesos de corte de tela dentro de una industria de confección de prendas deportivas. También es de carácter explicativo, ya que pretende identificar y detallar las causas y consecuencias de los resultados de la medición de eficiencia global de los equipos a través del análisis de los factores

que influyen en la medición de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), para los procesos de corte de tela en la empresa de confección de prendas deportivas.

El diseño adoptado será no experimental, puesto que se efectúa una propuesta de implementación de medición de eficiencia global y de forma objetiva, por lo cual se analizarán las variables y factores en su estado original sin manipulación, además será longitudinal puesto que se define el seguimiento al estudio durante un período definido desde el mes de noviembre del año 2021 hasta el mes de junio del año 2022., para poder evaluar los cambios en las variables a analizar.

9.2. Unidad de análisis

Para poder definir la unidad de análisis de este estudio de investigación, será necesario recurrir al cálculo del tamaño de muestra que necesitaríamos para poder efectuar el estudio y observación, la cual se define a través de la siguiente fórmula estadística:

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

Donde los parámetros y/o de la fórmula son los siguientes:

Tabla I. **Factores para la determinación de la muestra**

Variables	Descripción	Valor
n	Tamaño de la muestra	Objetivo
N	Tamaño de la población	32
Z	Parámetro estadístico en la distribución de probabilidad normal, según el nivel de confianza	1.96 para un 95% de confianza (97.5% de probabilidad)
e	Margen de error	3%
p	Probabilidad de ocurrencia	50%
q	Probabilidad de no ocurrencia	50%

Fuente: elaboración propia, 2021.

Por lo que, al operar la fórmula nos resulta lo siguiente.

$$n = \frac{32}{1 + \frac{0.05^2(32 - 1)}{1.96^2(0.5)(0.5)}} = 29.61 \approx 30 \text{ individuos}$$

Para poder efectuar la unidad de análisis, se deberá considerar la información de 30 individuos como muestra, para un grado de confiabilidad del 95% de los datos (con la evaluación de un 97.5% de probabilidad), a considerar un error del 5% con una población total de 32 individuos, que corresponden al departamento de producción en el proceso de corte de tela de la empresa.

9.3. Variables e indicadores

Las variables de análisis en este estudio se definen en la siguiente tabla de esta forma:

Tabla II. **Tabla de operacionalización de variables**

Tabla III.	Variables	Definición conceptual	Definición operativa	Indicador
Tendido (cuantitativa)		Es la cantidad de pliegos o de tendidos de tela al que se le efectúa el proceso de corte.	Se utilizarán los datos de las distintas secciones de corte para determinar el tamaño de lienzos de tendido en yardas.	Tamaño de lienzo o de tendido
		Es la cantidad de pliegos o de tendidos de tela al que se le efectúa el proceso de corte	Se procesará información de las boletas de secciones de corte para determinar la cantidad de lienzos.	Cantidad de lienzos de tendido
Corte (cuantitativa)		El tiempo de producción será el tiempo de aprovechamiento de la máquina de corte para efectuar la operación respectiva de corte de telas.	Se aprovechará la información del software de operación de la máquina cortadora para determinar el tiempo de producción.	Tiempo de producción
		El tiempo de pausa es el tiempo muerto de la máquina ya que no en este tiempo no estaría en operación.	Se definirá el tiempo disponible y sustraerá el tiempo de producción para determinar tiempo de pausa.	Tiempo de pausa
Separación (Cuantitativa)		La cantidad de cuerpos por sección es la cantidad de tallas de una prenda completa que se cortará a lo largo de la sección	Se obtendrá de hoja de azorado de la orden de corte que se procesa, para determinar los bundles o paquetes que se obtienen de la sección a cortar segmentado en diferentes tallas.	Cantidad de cuerpos por sección
		Cada estilo de prenda deportiva tendrá componentes o partes que deberán cortarse en una forma y tamaño específica para su confección.	De igual forma, con a hoja de azorado se aprovechará la información de la cantidad de componentes de ese estilo que corresponde la orden de corte.	Cantidad de componentes por estilo

Continuación de la tabla II

<i>Garments</i> (cuantitativa)	Es el total de piezas que ya procesadas en la confección se obtendría una prenda completa.	Aprovechar la información de cuerpos por sección, y cantidad de lienzos se determinará la cantidad de <i>garments</i> , y la suma de todas las secciones obtendremos la cantidad de piezas o prendas de la orden de corte.	Cantidad de <i>garments</i>
Experiencia del operario (cualitativa)	Para cada proceso de corte, puede resultar una eficiencia distintiva de entre una persona y otra, por lo que es necesario asociar un factor de experiencia.	Un factor porcentual a los factores a analizar definido por el tiempo de experiencia del operador.	Factor de experiencia
Competencia del operario (cualitativa)	Así también, como lo definido anteriormente, la eficiencia se vería afectada por un factor de competencia intrínseca de cada operario.	Será un factor porcentual aplicado al factor que se analiza derivado de las competencias del personal, como su capacidad de trabajo en equipo, proactividad, motivación, etc.	Factor de competencia

Fuente: elaboración propia.

9.4. Fases del estudio

Son las etapas por la cual, se pretende desarrollar la investigación y se definen a través de la siguiente secuencia:

- Fase 1. Revisión documental
 - Se revisará literatura e información concerniente a la medición de eficiencia por OEE, y se considerarán temas de carácter importante como los factores que inciden en una medición objetiva, también se revisará información concerniente a investigaciones previas con la realización de un análisis de las técnicas y metodologías de

investigación como antecedentes para el desarrollo de la investigación que se pretende abordar.

- Fase 2. Gestión y recolección de información
 - Se analizará la documentación existente con relación al proceso de corte de tela en la empresa, datos históricos existentes y un levantamiento de datos a través de las técnicas de recolección de información que se definirá más adelante.

- Fase 3. Análisis de información
 - Se evaluarán los procesos actuales, de los tiempos de producción y de pausa de las máquinas del departamento de corte, y el método actual del cálculo de eficiencia para determinar su objetividad.

- Fase 4: Interpretación de la información
 - Se identificarán las causas de parada que tengan el tiempo más significativo, dentro del proceso de corte de tela y se creará un sistema de clasificación de paradas de máquina de forma sistemática para poder encausar y asociar los tiempos muertos en los que no se opera la máquina, de forma que posteriormente se le pueda dar un seguimiento.

- Fase 5: Propuesta de metodología
 - Se establecerá una metodología para la captura de datos, de los tiempos de operación y de pausa de las máquinas del departamento de corte, de forma que se pueda definir la Disponibilidad, el primer

factor de OEE. Se aprovechará la información de las boletas de corte y las hojas de azorado para la determinación y evaluación de las variables cuantitativas definidas para poder asociar al Rendimiento, el segundo factor de OEE. Y por último se aprovechará la información de FTT que ya se tiene definido para asociar al tercer factor de OEE, Calidad.

- Fase 6: Cálculo de eficiencia
 - Se procesará la información colectada y se efectuará el cálculo de la eficiencia a través de la herramienta OEE con la concatenación de los tres factores definidos previamente, disponibilidad, rendimiento y calidad, con el análisis de las variables cuantitativas y cualitativas definidas para la obtención de un resultado objetivo.

- Fase 7: Seguimiento
 - Se definirán períodos de evaluación concretos para análisis de resultados de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), a fin de comparar el resultado a obtener de distintos períodos y evaluar la objetividad, con los comparativos y análisis respectivos.

- Fase 8: Mejora continua
 - Establecer mejoras del indicador de eficiencia OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), como método de mejora continua en la implementación del proyecto, de forma que sea sostenible en el tiempo

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

En el presente capítulo se desarrollarán las diferentes técnicas para el análisis y procesamiento de la información que se pretenden abordar en la investigación propuesta. Para que pueda encausar el problema de investigación y desarrollar las técnicas para poder determinar la solución al problema definido.

Datos históricos

Los datos o registros históricos es una técnica de procesamiento y análisis de información que sirve de arranque en un análisis previo a la implementación de una metodología, ya que se aprovecha información ya disponible del comportamiento de las variables y será posible determinar comportamientos futuros que apoyarán en el curso de la investigación.

Es importante mencionar que con los datos históricos no pueden definirse completamente las variables de estudio, puesto que el enfoque que se busca en la investigación puede diferir de los factores de registro histórico. Sin embargo, es necesario considerar la información que podemos aprovechar para proceder con la investigación.

Observación

Es otra técnica o método de recolección de información, y este es más específico para analizar el comportamiento de las variables y procesos en la actualidad, de forma que puede determinarse el estado actual del proceso para

poder ser comparado cuando ya sea implementada la propuesta de la metodología en el desarrollo de la investigación.

Efectuando anotaciones y registros con el objetivo de obtener información requerida para que posteriormente se pueda analizar. Esta puede adaptarse a los procedimientos manejados en el departamento, de tal forma que se consiga identificar los aspectos más importantes a considerar durante el desarrollo de la investigación.

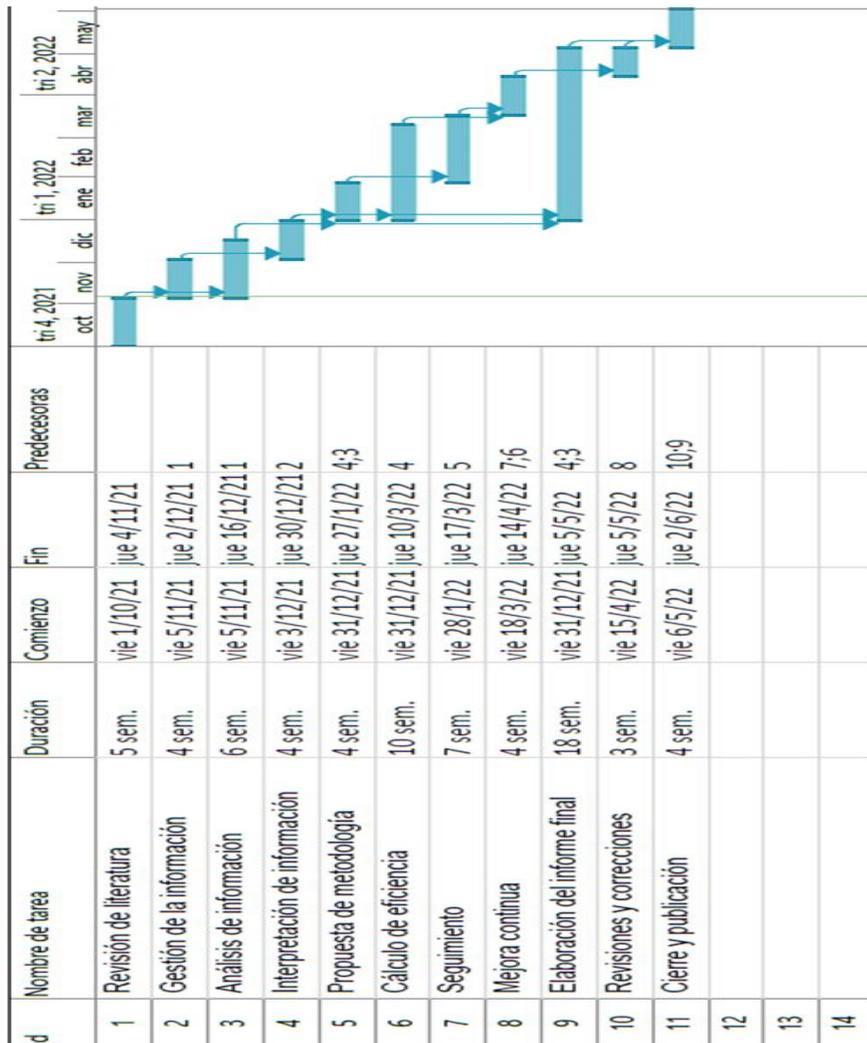
Entrevistas

Se basa precisamente en la recolección de la información por medio de preguntas estructuradas en orden lógico y secuencial, de forma que se desarrolle una investigación de campo para determinar y asignar las variables y su comportamiento, de forma que puede complementarse la información de la observación y de los datos históricos previamente colectados.

11. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta la programación de actividades para el presente trabajo de investigación:

Figura 5. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

En este apartado se detallará la factibilidad de la implementación de la propuesta de investigación, desde la perspectiva técnica y económica para que pueda se pueda considerar y analizar los recursos necesarios para el desarrollo de la investigación. Se analizarán los recursos estimados que se requieren en el desarrollo del proyecto de investigación

12.1. Factibilidad técnica

Para presentar la factibilidad técnica de esta propuesta de investigación, se tomará en cuenta el recurso humano principalmente ya que los detalles técnicos están asociados específicamente al conocimiento del investigador, los involucrados y del profesional de asesoría técnica.

Para el uso de herramientas específicas como equipo de cómputo, software y otros accesorios tecnológicos, el investigador proveerá para efectuar la investigación. De igual forma para la infraestructura, la empresa proveerá un espacio en sus instalaciones, así como dispondrá el conocimiento y la disponibilidad de las personas involucradas en los procesos objetos de estudio e investigación.

Por lo que no se requiere invertir en recurso material o de herramientas e infraestructura, sino del conocimiento y tiempo del investigador para desarrollar la propuesta de investigación. Como también del personal involucrado en los procesos de corte de tela en la empresa de confección de prendas deportivas ubicada en el municipio de Villa Nueva, Guatemala.

Así también, es necesario considerar el recurso humano y tiempo de calidad asociado al profesional especializado para la asesoría de este trabajo de investigación propuesto. A continuación, se describirá el recurso humano requerido asociado a la factibilidad técnica que se pretende desarrollar.

Tabla IV. **Recurso humano técnico**

No.	Nombre	Descripción
1	Investigador	Profesional a cargo de desarrollar la investigación.
2	Personal de la empresa	Persoas involucradas en el proceso productivo objeto de análisis para la propuesta del desarrollo de la investigación.
3	Asesor profesional	Profesional especializado en el tema de investigación y con reconocimiento y dominio del tema de investigación.

Fuente: elaboración propia.

12.2. Factibilidad económica

La factibilidad económica de este estudio de investigación contempla el recurso financiero que implica el abordar la investigación desde la revisión de la literatura hasta la elaboración del informe final, e cual se detalla a continuación:

Tabla V. **Recursos financieros**

No.	Categoría	Descripción	Unidades	Valor (Q)	%porcentaje
1	Alimentación	Tiempo de comida	31 días	Q 1,578.57	7%
2	Transporte	Gasolina	31 viajes	Q 3,200.00	15%
3	Transporte	Depreciación de vehículo	220 días	Q 3,836.81	18%
4	Tecnología	Depreciación de laptop	220 días	Q 690.63	3%
5	Tecnología	Depreciación de smartphone	220 días	Q 230.21	1%
6	Materiales	Papelería y útiles	total	Q 350.00	2%
7	Imprevistos	Varios	estimado	Q 1,000.00	5%
8	Investigación	Tiempo del investigador	estimado	Q 8,000.86	37%
9	Asesoría	Asesoría profesional	total	Q 2,500.00	12%
Total				Q 21,386.22	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se define lo que sería el recurso con el que el investigador debería contar, puesto que se pretende que la empresa no deberá invertir en recursos financieros, sino el investigador sufragará todos los costos asociados con el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS

1. Alarcón, A. (2018). *Implementación de OEE y SMED como herramientas de Lean Manufacturing en una empresa del sector plástico*. (Tesis de maestría) Universidad de Guayaquil. Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8043>
2. Belohlavek, P. (2006). *Overall Equipment Effectiveness su abordaje unicista*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Blue Eagle Group.
3. Casilimas, L., y Poveda, R. (2012). *Implementación del sistema de indicadores de productividad y mejoramiento OEE (Overall Equipment Effectiveness) en la línea tubería en CORPACERO S.A.* (Tesis de maestría) Universidad Distrital Francisco José Caldas. Colombia. Recuperado de: <https://studylib.es/doc/6848871/implementaci%C3%B3n-del-sistema-de-indicadores-de-productividad-y>
4. Cuatrecasas. L. (2011). *Organización de la producción y dirección de operaciones. Sistemas actuales y gestión eficiente y competitiva*. Madrid, España: Editorial Diaz de Santos.
5. Greiner, M. (2015). *Overall Equipment Effectiveness (OEE) - Approaches for Improvement*. Bratislava, Eslovaquia: Editorial GRIN Verlag.
6. Guillén, A. (2015). *Optimización de la efectividad global de los equipos (OEE) a través de estrategias de gestión de mantenimiento*. (Tesis de maestría) Universidad de Carabobo. Venezuela. Recuperado de: <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/handle/123456789/2428>

7. Kennedy, R. K. (2017). *Understanding, Measuring, and Improving Overall Equipment Effectiveness: How to Use OEE to Drive Significant Process Improvement*.
8. Lara, A. (2018). *Fuentes de pérdidas en la eficiencia de los equipos en líneas de peletizado. Propuesta de implementación de un sistema OEE (Eficiencia Global de Equipos)*. (Tesis de maestría) Universidad Técnica de Cotopaxi. Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6316>
9. Rodríguez, A. (2018). *Estudio de la efectividad global de los equipos (OEE) y propuesta de mejoramiento basada en el uso de herramientas de manufactura esbelta en la empresa Inemflex S.A.S.* (Tesis de maestría) Universidad Agustiniiana. Colombia. Recuperado de: <https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/handle/123456789/599>
10. Rubio, R. (Julio, 2015). *Excelencia Operacional*. GRUPOMEXICO. 1 (1), 5-7. Recuperado de: <https://docplayer.es/35430245-Excelencia-operacional.html>
11. Schroeder, R. (2018). *Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporáneos*. México: Editorial McGraw Hill
12. Stamatis, D. (2011). *The OEE Primer - Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability*. Florida, Estados Unidos: Editorial CRC Press.
13. Villaseñor, A., y Galindo, E. (2009). *Manual de Lean Manufacturing*. Guía básica. México: Editorial LIMUSA. Florida, Estados Unidos: Editorial CRC Press.

APÉNDICE

Apéndice 1. Árbol de problema



Fuente: elaboración propia, realizada con Visio.

Apéndice 2. **Matriz de coherencia**

Título	Preguntas de Investigación	Objetivos de investigación
<p>Diseño de investigación para una propuesta de implementación de OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>), en procesos de corte de tela, en una fábrica de confección de prendas deportivas en Villa Nueva, Guatemala</p>	Pregunta Central	Objetivo general
	¿Cómo es un diseño de una propuesta de implementación de OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>), en procesos de corte de tela para una industria de confección de prendas deportivas en Villa Nueva, Guatemala?	Diseñar una propuesta de implementación de OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>), en procesos de corte de tela para una industria de confección de prendas deportivas en Villa Nueva, Guatemala
	Preguntas Auxiliares	Objetivos específicos
	Pregunta 1 - Diagnóstico	Objetivo 1 - Diagnóstico
	¿Qué procesos se utilizan actualmente para la medición de eficiencia en los procesos de corte de tela?	Identificar el proceso de medición actual de eficiencia en los procesos de corte de tela.
	Pregunta 2 - Análisis	Objetivo 2 - Análisis
	¿Cuáles son los factores que influyen en OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>), para establecer un indicador que pueda englobar una medición de la eficiencia en corte de tela?	Analizar los factores que inciden en la medición de OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>), que integre todos los procesos relacionados al corte de tela.
Pregunta 3 - Propuesta	Objetivo 3 - Propuesta	
¿Cuáles serán los beneficios de implementar un sistema de medición de OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>), en los procesos de corte de tela?	Evaluar los beneficios de la implementación de un sistema de medición de OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>), en los procesos de corte de tela.	

Fuente: elaboración propia, realizado en Word.