



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Escuela de Estudios de Postgrado

**IMPLEMENTACION DE SOFTWARE FRACTAL ONE COMO MÉTODO DE MEDICIÓN DE
INDICADORES DE COSTOS POR MANTENIMIENTO PARA OBTENER MEJORAS EN EL
CONTROL**

José Pablo González Morales

Asesorado por Mtra. Flory María Valdez Rosales

Guatemala, abril de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACION DE SOFTWARE FRACTAL ONE COMO MÉTODO DE MEDICIÓN DE
INDICADORES DE COSTOS POR MANTENIMIENTO PARA OBTENER MEJORAS EN EL
CONTROL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA DIRECCIÓN DE LA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
POR

JOSÉ PABLO GONZÁLEZ MORALES
MTRA. FLORY MARÍA VALDEZ ROSALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, ABRIL DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO (a.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 Armando Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

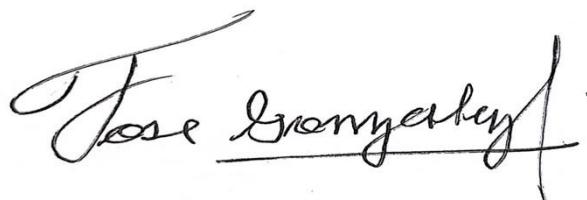
DECANO (a.i.)	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández
EXAMINADOR	Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

**IMPLEMENTACION DE SOFTWARE FRACTAL ONE COMO MÉTODO DE MEDICIÓN DE
INDICADORES DE COSTOS POR MANTENIMIENTO PARA OBTENER MEJORAS EN EL
CONTROL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado de Ingeniería Mecánica, con fecha 22 de abril de 2022.

A handwritten signature in black ink, reading "José Pablo González Morales". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath the name.

José Pablo González Morales



EEPFI-PP-0402-2023

Guatemala, 22 de abril de 2023

Director
Gilberto Morales Baiza
Escuela De Ingenieria Mecanica
Presente.

Estimado Ing. Morales

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: **IMPLEMENTACION DE SOFTWARE FRACTAL ONE COMO METODO DE MEDICION DE INDICADORES DE COSTOS POR MANTENIMIENTO PARA OBTENER MEJORAS EN EL CONTROL DE INVENTARIOS EN UNA PLANTA DE HILATURA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gerencia Estratégica - Inteligencia de negocios**, presentado por el estudiante **Jose Pablo Gonzalez Morales** carné número **201708937**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion Industrial.

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

Atentamente,

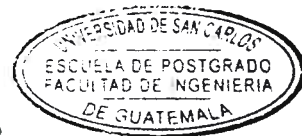
"Id y Enseñad a Todos"

FLORY MARÍA VALDÉZ ROSALES
INGENIERÍA INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 16.733


Mtra. Flory María Valdez Rosales
Asesor(a)


Mtro. Hugo Humberto Rivera Perez
Coordinador(a) de Maestría


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





EEP-EIM-0401-2023

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica 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: **IMPLEMENTACION DE SOFTWARE FRACTAL ONE COMO METODO DE MEDICION DE INDICADORES DE COSTOS POR MANTENIMIENTO PARA OBTENER MEJORAS EN EL CONTROL DE INVENTARIOS EN UNA PLANTA DE HILATURA**, presentado por el estudiante universitario **Jose Pablo Gonzalez Morales**, 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. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela De Ingenieria Mecanica

Guatemala, abril de 2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **IMPLEMENTACION DE SOFTWARE FRACTAL ONE COMO METODO DE MEDICION DE INDICADORES DE COSTOS POR MANTENIMIENTO PARA OBTENER MEJORAS EN EL CONTROL DE INVENTARIOS EN UNA PLANTA DE HILATURA**, presentado por: **Jose Pablo Gonzalez Morales** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, abril de 2024

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2024 Correlativo: 186 CUI: 3004817990101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por bendecirme y darme la oportunidad y sabiduría para llegar hasta aquí.
Mis padres	Patricia Morales y José Luis González, gracias por sus sacrificios e inspiración para seguir adelante.
Mi hermano	Christian González, por acompañarme, nunca dejarme solo y apoyarme de manera incondicional.
Mis abuelos	Elizabeth Franco, Hortensia y Odilio Morales, por su cariño y sabiduría a lo largo de mi vida.
Mis tíos	Por su apoyo durante este trayecto.
Mi novia	Por su cariño, apoyo y comprensión durante este trayecto.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme una oportunidad de educación superior de calidad.
Ingenieros	Por ser fuente de guía y enseñanza.
Facultad de Ingeniería	Donde aprendí mucho sobre ingeniería y sobre la vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
3.1. Planteamiento del problema.....	7
3.2. Contexto y descripción	8
3.3. Preguntas de investigación	9
3.3.1. Central.....	9
3.3.2. Auxiliares.....	9
3.4. Delimitación.....	10
4. JUSTIFICACION.....	11
5. OBJETIVOS.....	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA SOLUCION	15
7. MARCO TEORICO	17
7.1. Mantenimiento.....	17
7.1.1. Tipos de mantenimiento	17

7.1.2.	Mantenimiento correctivo (MC)	18
7.1.2.1.	Correctivo no programado	18
7.1.2.2.	Correctivo programado o planificado ...	18
7.1.3.	Mantenimiento preventivo.....	18
7.1.3.1.	Ventajas de mantenimiento preventivo	19
7.1.4.	Mantenimiento predictivo	20
7.1.5.	Mantenimiento clase mundial	20
7.2.	Pilares del mantenimiento	21
7.3.	Industria textil	22
7.3.1.	Plantas de hilatura	23
7.3.1.1.	Apertura y limpieza	24
7.3.1.2.	Cardado	25
7.3.1.3.	Manuar	26
7.3.1.4.	Mechera.....	27
7.3.1.5.	Continua de hilar.....	28
7.3.1.6.	Conera	29
7.4.	Indicadores de mantenimiento.....	30
7.4.1.	Eficiencia	30
7.4.2.	Costos	31
7.4.3.	Tiempo de inactividad	31
7.4.4.	Gestión de órdenes de trabajo.....	32
7.4.5.	Gestión de inventarios	33
7.4.6.	Confiabilidad	34
7.5.	Fractal One.....	35
7.5.1.	Interfaz de Fractal One	35
7.5.2.	Inventarios en Fractal One.....	37
7.5.3.	Análisis en Fractal One.....	39
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	41

9.	METODOLOGÍA	45
9.1.	Enfoque.....	45
9.2.	Diseño	45
9.3.	Tipo de estudio.....	46
9.4.	Alcance de investigación.....	46
9.5.	Variables e indicadores	47
9.6.	Fases	48
9.7.	Resultados esperados.....	49
9.8.	Población y muestra.....	50
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	53
11.	CRONOGRAMA	55
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	57
	REFERENCIAS	59
	APÉNDICES.....	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Los pilares del mantenimiento (WCM)	22
Figura 2.	Apertura y limpieza de fibras	24
Figura 3.	Carda	25
Figura 4.	Manuar.....	26
Figura 5.	Mechera.....	27
Figura 6.	Continua de hilar.....	28
Figura 7.	Conera	29
Figura 8.	Página principal de Fracttal One.....	36
Figura 9.	Menú de Fracttal One	37
Figura 10.	Inventarios o almacenes de Fracttal One	38
Figura 11.	Inteligencia de negocios de Fracttal One.....	40

TABLAS

Tabla 1.	Variables e indicadores.....	47
Tabla 2.	Población y muestra	50
Tabla 3.	Análisis estadístico-descriptivo a utilizar en la investigación	53
Tabla 4.	Cronograma de tesis.....	55
Tabla 5.	Presupuesto.....	58

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<i>S</i>	Desviación estándar
\$	Dólar
=	Igualdad
Kg	Kilogramo
<i>Mantto.</i>	Mantenimiento
$\bar{x}$	Media aritmética
<i>OT</i>	Orden de trabajo
<i>n</i>	Población
<i>Q</i>	Quetzales
<i>Q/dia</i>	Quetzales por día
<i>s</i>	Segundo
<i>TON</i>	Toneladas

GLOSARIO

Análisis	Estudio detallado de un sujeto, objeto, situación u objetivo, con el fin de obtener información clara y concisa de sus fundamentos, bases o motivos de origen.
<i>Check list</i>	Lista que se utiliza para control de tareas.
Confiabilidad	Probabilidad de que una parte de la máquina o producto funcione de manera correcta en un determinado tiempo y bajo condiciones establecidas.
Demanda	Petición o solicitud.
Disponibilidad	Porcentaje de tiempo en que un componente o máquina funciona adecuadamente en un determinado tiempo.
Evaluación	Atribución de determinar el valor de un objeto o de alguna acción.
Lubricación	Acción de lubricar.
Mantenimiento	Acción de mantener.

Maquinaria industrial	Máquinas y equipos utilizados por un fabricante en una planta de manufactura.
Monitoreo	Proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar información.
Orden de trabajo	Encargo que se debe ejecutar.

1. INTRODUCCIÓN

Los costos por mantenimiento para muchas empresas significan únicamente gastos, para otras significan una inversión para mantener su maquinaria en óptimas condiciones. Lo importante a tener en cuenta en el área de mantenimiento es el manejo y flujo de efectivo, ya que bien significa un gasto para una empresa, pero manejado de la forma correcta puede optimizar los procesos productivos de la misma.

Este proyecto de sistematización y de rastreo de costos permite identificar varios temas dentro del área de mantenimiento que posteriormente permitan a la empresa tomar decisiones que beneficien en largo plazo y permitan grandes cambios en la forma en la que se hace mantenimiento actualmente, ya que esto posibilita el rastreo de cada repuesto o inversión monetaria en los activos.

Mediante el uso de técnicas de estudio en este trabajo de investigación mixto de tipo exploratorio descriptivo se busca realizar un análisis de los indicadores de mantenimiento de forma cuantitativa para mejorar el control en una planta de hilatura. La metodología para esta presente investigación constará de tres fases, comenzando por la implementación del software Fractal One en la planta de hilaturas, para empezar a alimentar con información el programa, esto en búsqueda de poder realizar los análisis respectivos. Como segundo proceso se definirán los indicadores a ser tomados en cuenta para cada máquina que se encuentra en la planta y como punto final se comparará el software con métodos convencionales para verificar la factibilidad de su uso.

2. ANTECEDENTES

El mantenimiento de la maquinaria va más allá del simple hecho de quitar piezas defectuosas y cambiarlas por piezas en buen estado, es el arte de tener la maquinaria bien ajustada, disponible y con la mayor reducción de costos posible. En Guatemala existen diversas industrias y diversas hilanderías, lo cual hace primordial la búsqueda por el cuidado de los costos para tener una empresa diferenciada en comparación de la competencia.

El uso de los softwares cada vez genera mayor importancia y estos apoyan cada vez más a las industrias para obtener indicadores y formas para mejorar los puntos débiles de la industria en la que se trabaja. Se comparte la opinión de Ortega, quien menciona a los indicadores de la siguiente forma:

Un indicador es un número que permite tener información sobre un factor crítico de la organización, en los procesos o en las personas respecto a parámetros previamente planificados. Es indispensable establecer indicadores que permitan el control y planeación, los mismos deberán definirse y podrán ser financieros, económicos u operativos, de información interna, externa o de contexto. (Ortega, 2004, p. 23)

Según Aguirre (2015), los costos deben ser estimados permanentemente en una empresa, independientemente de la dedicación que tenga, ya sea productiva o de prestación de servicios, debido al dinamismo en cambios de

precios de los materiales e insumos, cambios de tecnología y cambios en la escala de producción.

Anaguano (2018) establece que es necesario utilizar herramientas de planificación para establecer rutas de trabajo para tener un ciclo de trabajo de los mantenimientos preventivos de la maquinaria que recomienda el fabricante. La misma planificación va alineada con los indicadores que permiten generar una ventaja competitiva al poder encontrar los mayores costos que permitan ser rebajados para ofrecer productos de calidad a menores precios.

Otros estudios informan que es importante aplicar modelos matemáticos y modificar la frecuencia de las inspecciones basados en la tasa de fallas. Según Vásquez (2019), este tipo de análisis es muy importante dentro de la rama de la ingeniería, ya que se identifican problemas grandes mediante el uso de fórmulas y datos estadísticos para erradicar grandes gastos.

Según Urian (2021), un software de gestión de mantenimiento tiene diversos propósitos, uno de los más importantes es apoyar en la administración y gestión de una organización. A la vez, menciona que es necesario cumplir con las condiciones adecuadas y la información para tener un control completo, ayudando de esta forma al departamento de mantenimiento a proponer mejoras y ser más eficiente en el trabajo que realiza día con día.

También es importante recalcar que con la implementación de un software como Fractal One la empresa puede demostrar que la compañía está en un proceso de mejora continua y será transparente con las personas a cargo de la empresa.

Alemán (2022) menciona que la relación de productividad en el área de mantenimiento es el número de órdenes de trabajo generadas en un determinado tiempo, y los indicadores del mantenimiento proporcionan el porcentaje de trabajo enfocado en el mantenimiento. En su trabajo, este autor también demuestra cómo Fractal One tiene una superioridad con los criterios y lo vuelve una de las mejores alternativas con una plataforma multidispositivo (Alemán, 2022).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Planteamiento del problema

La planificación del mantenimiento y los factores económicos actualmente afecta día con día a la rentabilidad de las empresas alrededor del mundo, y el sector textil no es la excepción. Cada vez se suma más competencia con menos costos y mayor rentabilidad. Esto causa preocupación en adquirir una forma de ordenar tanto la parte económica como el mantenimiento de las plantas dentro de la industria textil.

Uno de los factores que han afectado la economía de las empresas en el sector textil es la falta de seguimiento de los recursos utilizados para mantener la maquinaria en buenas condiciones y disponible para poder producir con los estándares de calidad necesarios. Otro tema puede ser la crisis de contenedores que provoca un alza en los precios de los repuestos y los tiempos de abastecimiento de bodega para tener los mantenimientos preventivos en el orden planificado.

La introducción a la industria 4.0 debe ser considerada incluso con los retos que esta pueda representar. La tecnología es una herramienta que puede servir para innovar y tener información de manera inmediata, lo cual ofrece un control de todos los activos que una empresa pueda poseer. Fractal One sustituye el control humano y el margen de error y permite llevar a cabo una gestión inteligente, basada en índices científicos y estadísticos, además permite controlar los insumos e inventarios, la gestión de los mantenimientos y facilita la gestión de los recursos humanos.

La industria textil ha sido afectada en varios factores previamente mencionados, causando que la competencia tome impulso dentro del sector. Por lo tanto, es necesario analizar formas de gestionar el negocio de manera inteligente utilizando las nuevas tecnologías que el mercado pueda brindar.

Se requiere estudiar, analizar y planificar el uso de tecnología que pueda generar un impacto en diversos puntos del sector, tales como la producción, mantenimiento y rentabilidad de la empresa. Por lo cual se llevará a cabo este estudio analizando el impacto que esta herramienta puede generar en una planta de hilaturas.

3.2. Contexto y descripción

Muchas empresas dependen del buen mantenimiento y el control de sus activos, con el fin de garantizar una buena disponibilidad y rentabilidad. Por lo tanto, es indispensable tener un orden y control de los recursos e insumos utilizados dentro de la empresa, con el fin de poder rastrear cada gasto monetario que se realiza.

En toda industria es indispensable tener un orden que rectifique la rentabilidad de la empresa y también tener información sobre cada uno de los activos, el gasto individual por activo y la forma en que estos pueden ser mejorados para evitar ese tipo de gastos.

Una mala gestión de una empresa puede ser perjudicial para la rentabilidad y puede esto beneficiar a la competencia, y eso puede llevar a la quiebra. Esto induce a la necesidad de buscar una forma de poder controlar los

costos dentro de la empresa para asegurar la rentabilidad, buena gestión de recursos humanos y buena gestión de recursos de la empresa.

3.3. Preguntas de investigación

Para llevar a cabo de mejor y más precisa manera el planteamiento del problema, es necesario presentar las preguntas de investigación, que se dividene en una pregunta central y varias preguntas auxiliares.

3.3.1. Central

¿Es posible medir los costos por mantenimiento con el uso de Fracttal One y encontrar la mejor forma de reducirlos?

3.3.2. Auxiliares

1. ¿Cuáles son las máquinas que más costo generan a la empresa y cuáles son las causas?
2. ¿Qué acciones positivas genera este sistema para mejorar la planificación en el mantenimiento?
3. ¿Sera factible implementar este sistema para controlar los costos y al personal y qué impacto financiero implica la implementación del software?

3.4. Delimitación

Para el estudio de la implementación del software Fracttal One, primero se alimentará la plataforma con todos los activos de la planta y se generarán planes de mantenimiento para cada uno de los activos, esto con el fin de tener la planificación del mantenimiento preventivo por activo.

Luego de eso se empezará a alimentar la plataforma con los insumos que se encuentran actualmente en bodega y el personal a cargo de los mantenimientos, para que se puedan generar las órdenes de trabajo por mantenimientos preventivos y correctivos.

Al momento de tener la aplicación funcionando con toda la información necesaria, se realizarán análisis a través de la herramienta Power Bi, incluida en la plataforma, esto con el fin de responder a todas las preguntas sobre costos o productividad que se puedan generar dentro de la empresa.

4. JUSTIFICACION

El orden económico dentro de las empresas es aquel que permite el crecimiento y la rentabilidad de estas. La búsqueda de este orden ha llevado a la industria 4.0 a migrar al uso de tecnologías más eficientes y eficaces para la medición de indicadores según la industria. Sin estos indicadores el flujo de efectivo no es justificado y esto conduce a una mala gestión y a la pérdida de recursos que podrían ser aplicados en otros proyectos.

Debido a que los indicadores permiten mejorar una industria, se busca implementar la forma de medir indicadores usando el software de Fractal One y generar información sobre los costos por mantenimiento en una planta de hilaturas, para saber qué acciones se pueden tomar para generar cambios que beneficien la rentabilidad de la empresa. Hoy en día los indicadores son herramientas fundamentales de análisis que pueden presentar una ventaja competitiva en comparación a la competencia.

Este software se implementará en una planta de hilatura y se trabajará de forma que toda la planta pueda alimentar la aplicación para tener indicadores e información que sirva para crear acciones que permitan contrarrestar la mala implementación de recursos dentro de la planta.

5. OBJETIVOS

General

Implementar el software Fracttal One con el fin de generar indicadores de costos por mantenimiento para obtener mejoras en el control

Específicos

1. Determinar parámetros e indicadores de mantenimiento preventivo de las máquinas que pueda proporcionar el software Fracttal One.
2. Evaluar cómo el software puede mejorar el rendimiento y productividad del personal de mantenimiento dentro de la empresa con el uso de Fracttal One.
3. Comparar el uso de Fracttal One con algún método convencional que se utilice para llevar el control de los mantenimientos preventivos.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA SOLUCION

En la presente investigación la principal necesidad a cubrir es la de educar en aspectos tecnológicos a las personas encargadas dentro de la planta, esto debido al alto índice de edad que se tiene como personal encargado del mantenimiento. Un alto índice de edad genera un avance lento en temas de tecnología, ya que muchos prefieren llevar registros a través de cuadernos o no poseen mucha habilidad con la tecnología. Para tener una respuesta positiva, para este proyecto se realizarán inducciones y se le dará Internet al personal para que puedan empezar a utilizar la aplicación.

El presente estudio pretende demostrar la utilidad de un software de mantenimiento como método de medición de indicadores de costos por mantenimiento para obtener mejoras en el control de inventarios en una planta de hilatura, esto con el fin de tener una mejor rentabilidad y ser competitivos a largo plazo en una industria con un alto índice de crecimiento dentro del país.

La metodología se llevará a cabo en tres diferentes fases. La primera es implementar el software Fracttal One, esto para generar los indicadores de costos por mantenimiento que permitirán mejoras en el control, también se debe de introducir al personal a la plataforma y mostrar cómo deberán de interactuar con ella para poderla alimentar en su día a día. Posteriormente, se llevará a cabo el orden de la información para determinar los parámetros e indicadores de mantenimiento preventivo para cada una de las máquinas dentro de la planta de hilatura que puede proporcionar el software Fracttal One.

Con la fase dos definida de buena manera, se puede llevar el estudio a la última fase, la cual será comparar el uso de este software con otros métodos convencionales utilizados para llevar a cabo el control de los mantenimientos preventivos tanto técnica como económicamente.

7. MARCO TEORICO

7.1. Mantenimiento

El mantenimiento está formado por todas aquellas acciones que deben ser realizadas y organizadas con el fin de mantener los equipos, maquinarias, componentes o instalaciones involucradas en procesos industriales en óptimas condiciones. Las actividades a las que estos activos están sometidos conllevan combinaciones de conocimiento, experiencia, técnica, costos y trabajo en equipo.

El mantenimiento tiende a ampliar la vida útil de todos los activos, es por ello que por años ha sido incluido en los esquemas generales de las empresas, para que pueda ser gestionado, ya que es muy importante para mantener la disponibilidad y confiabilidad de los activos que permiten tener un proceso de producción.

7.1.1. Tipos de mantenimiento

La clasificación del mantenimiento está conformada por varios tipos, y la forma más común de clasificarla es según la forma en que se realizan las tareas.

7.1.2. Mantenimiento correctivo (MC)

También conocido como mantenimiento reactivo, este tipo de mantenimiento es una actividad netamente de acciones de corrección hacia averías que impiden que la máquina trabaje de forma parcial o en su totalidad. Dentro del mantenimiento correctivo se encuentran dos clasificaciones:

7.1.2.1. Correctivo no programado

Este se realiza cuando aparece una falla en el equipo o máquina, generando un paro en el activo averiado en donde se debe reponer el componente dañado para permitir el uso del activo.

7.1.2.2. Correctivo programado o planificado

Este es el que se ejecuta cuando se ha identificado un componente próximo a tener un fallo y se procede a programar acciones correctivas lo antes posible para reparar ese fallo potencial.

7.1.3. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es aquel que se realiza mediante una serie de actividades planificadas en tiempos programados, este mantenimiento se diseña con el fin de mantener la disponibilidad y confiabilidad en los activos (Cruz, 2021). El mantenimiento preventivo también ayuda a generar un orden dentro de la empresa y los activos, ya que para llevarlo a cabo se deben seguir varias etapas:

- Inventario técnico: se lleva un registro de todos los equipos, herramientas, maquinas, entre otros.
- Preferencias de manejo: determinar las máquinas productivas y la criticidad de cada una.
- Control de costos: es importante para la gestión para evaluar resultados.

Este tipo de mantenimiento se basa en la prevención y adelanto a las fallas de los elementos haciendo uso de diferentes acciones como cambios o reemplazos, adaptaciones, inspecciones en periodos, entre otros aspectos, mediante una planificación de todos los trabajos a realizar a corto, mediano y largo plazo, en un cronograma de actividades o programación.

Esta programación de actividades o cronograma posee un orden para realizarlas, teniendo en cuenta la periodicidad, fechas, duración de ejecución y activo al que se le realizarán las tareas.

Los conceptos básicos a mencionar del mantenimiento preventivo son que se debe tener un seguimiento periódico, ya que este debe ser ajustado según la producción real, y se deben tener las condiciones. Implementar un programa de mantenimiento preventivo exige a la vez un cambio de mentalidad, voluntad y apoyo de las personas a cargo.

7.1.3.1. Ventajas de mantenimiento preventivo

- Menos paros imprevistos por fallas correctivas
- Disminución de costos
- Menos desperdicio de tiempo productivo en la maquinaria
- Aumento en el proceso productivo por la disminución de paros
- Conocimiento anticipado de fallas futuras en la maquinaria

7.1.4. Mantenimiento predictivo

Este mantenimiento es interpretado como aquel que es asociado con los parámetros de estado de una máquina, en él se tiene en cuenta la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros de un activo. Muchas veces el mantenimiento predictivo se considera como técnica para presagiar futuras fallas, anomalías o averías de diversos componentes de una máquina.

Mediante el mantenimiento predictivo se puede realizar un plan con el cual se pueden predecir averías en los componentes de las máquinas y de esta forma disminuir el tiempo muerto en los activos y prolongar su vida útil. Por lo general, en el mantenimiento predictivo se utilizan pruebas de carácter no destructivo o no invasivas, para realizar seguimientos en la operación de los equipos, captando de esta forma datos relevantes para prever fallos. Para eso se utilizan las siguientes aplicaciones:

- Análisis de vibraciones
- Aplicaciones termográficas
- Uso de baroscopio
- Análisis de aceites
- Análisis de ultrasonidos
- Análisis de humos

7.1.5. Mantenimiento clase mundial

El fin del mantenimiento de clase mundial (MCM) es anticiparse al futuro y la planificación de actividades que prevengan todas las fallas de los componentes de los activos. Para llegar a tener un mantenimiento de este tipo

se debe cambiar la actitud y la cultura de una empresa, ya que requiere implementaciones tácticas específicas para tener un alto nivel de prevención.

Este tipo de mantenimiento también tiene el soporte de herramientas gerenciales de información acerca del mantenimiento, como pueden ser: Fractal, SAP, entre otras. Este tipo de herramientas permiten la generación de datos técnicos que permitan tomar decisiones específicas para el rumbo de la empresa.

Los principales objetivos del MCM son:

- Calidad
- Rentabilidad
- Producción
- Confiabilidad
- Protección ambiental
- Seguridad industrial

7.2. Pilares del mantenimiento

Los pilares del mantenimiento nacieron de un modelo de origen japonés como forma de poder buscar la mejora continua en los procesos productivos, este es basado en la filosofía Kaizen. Este sistema se ha estado innovando constantemente con el paso del tiempo, llegando así a consolidarse para ser un sistema de gestión para promover la competitividad de las empresas.

Figura 1.

Los pilares del mantenimiento (WCM)



Nota. El gráfico muestra los pilares del mantenimiento. Obtenido de INGENIIA (2018). *Manufactura de clase mundial*. (<https://ingeniia.com/wcm-manufactura-de-clase-mundial/>), consultado el 23 de enero de 2023. De dominio público.

7.3. Industria textil

El término industria textil proviene del latín *texere*, que significa tejer, y se refiere al tejido de telas a partir de fibras y es especialmente lo que caracteriza a esta industria: producir fibras, hilos, fábricas y ropa. Esta industria creció de la revolución industrial en el siglo XVIII y es una de las industrias más longevas, siendo pionera en la mecanización (Toledo, 1948).

En la actualidad esta industria abarca una amplia gama de procesos tales como el tejido de punto, anudado, enfurtido, hilado, acabado, teñido, entre otros (Angulo, 2004).

La industria textil es una de las mayores fuentes de ingreso y empleo para muchos países, en particular aquellos aún en desarrollo, llegando a representar el 2.5 % del comercio mundial, una de las regiones en las que tiene mayor relevancia es en Asia, donde las exportaciones representan el 4.3 %, por lo que es indiscutible que, pese a la mala imagen que se le atribuye a estas empresas, se han convertido en parte indispensable de la economía de países en desarrollo (Bullon, 2017).

Esta industria usualmente atrae grandes inversiones en países en desarrollo y es altamente automatizada, especialmente tiene tres puntos fuertes: hilado, tejeduría y acabado y, por lo general, se encuentran en una sola planta. Durante las últimas décadas se han trabajado en esta industria varios tipos de fibras, tanto naturales como artificiales, entre las cuales es posible mencionar:

- Fibras naturales: algodón, lana, lino, seda y algodón orgánico.
- Fibras artificiales: poliéster, poliéster reciclado, acrílico, rayón, nylon, entre otras.

7.3.1. Plantas de hilatura

El proceso de la hilatura consiste en la fabricación de hilo a partir de fibras naturales, artificiales o sintéticas (Molina, 2020). El arte de hilar las fibras es un proceso muy antiguo del que aún no se han encontrado documentos de su origen, se han encontrado indicios de fibras naturales usadas en los tiempos cuando el mamut y otros animales prehistóricos existían. En los antiguos jeroglíficos egipcios se ve a hombres y mujeres realizando labores de hilandería y dichos artefactos se han podido extraer de las tumbas que se han encontrado.

En las plantas de hilatura es donde se lleva a cabo el proceso industrial en el que se realizan las operaciones con las fibras textiles. Para realizar el proceso de hilado se debe llevar a cabo un proceso productivo mediante maquinaria especial, para tratar las fibras según sus características principales que son el largo y el ancho. En dicho proceso se limpian las fibras, se mezclan y se estiran.

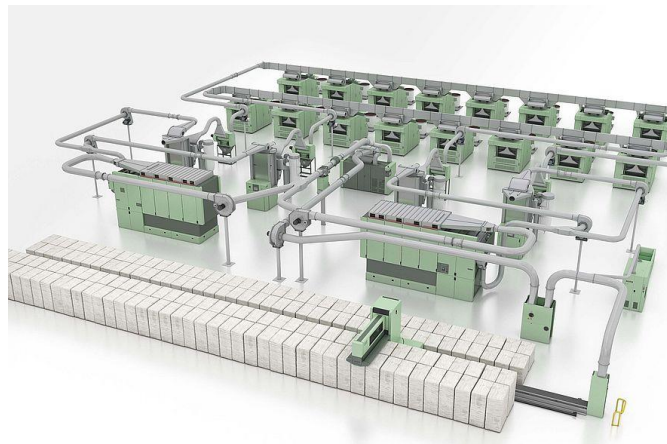
Para realizar un proceso de hilatura se necesita la siguiente maquinaria:

7.3.1.1. Apertura y limpieza

En este proceso se abren las pacas de algodón que posee diversas características de color, microniere, largo y denier. Mediante este se extrae toda la basura de las fibras naturales tales como cascarillas, metales y polvo, debido a que la extracción de algodón es un proceso natural.

Figura 2.

Apertura y limpieza de fibras



Nota. La figura muestra una apertura textil. Obtenido de RIETER (2023). *Productos: apertura y limpieza* de *fibras.*

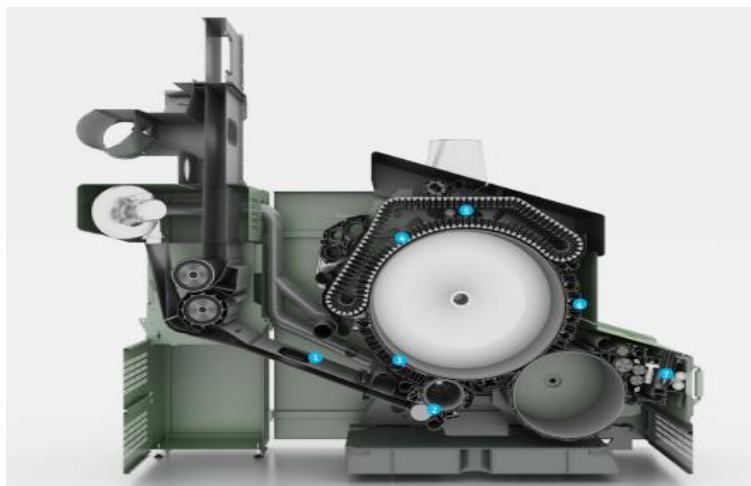
(https://www.rieter.com/fileadmin/user_upload/products/documents/systems/fiber-preparation/varioline/rieter-varioline-brochure-2303-v8-96351-es.pdf), consultado el 24 de febrero de 2023. De dominio público.

7.3.1.2. Cardado

En esta máquina es donde se limpian y se peinan las fibras quitando impurezas restantes del proceso previo y limpiando aún más la fibra mediante cilindros con guarnición y chapones móviles y fijos, con púas que mediante movimientos rotacionales quitan todas las impurezas. En la hilandería este es el proceso más importante y muchos le llaman el corazón de la hilatura, ya que un buen cardado genera un buen hilado. El trabajo adicional de una carda es estirar la fibra hasta formar una cinta que es plegada en un bote con un determinado ancho de cinta para seguir con el proceso posterior.

Figura 3.

Carda



Nota. La figura muestra una carda textil. Obtenido de RIETER (2023). *Productos: carda C-80 de alto rendimiento.* (https://www.rieter.com/fileadmin/user_upload/products/documents/systems/fiber-preparation/c-80/rieter-c-80-card-brochure-3307-v3-96496-es.pdf), consultado el 24 de febrero de 2023. De dominio público.

7.3.1.3. Manuar

También muy conocido en el proceso como banco de estiraje, es una de las máquinas más sencillas de todo el proceso, pero en donde pasa parte muy importante de la preparación del material para que este pueda ser hilado. La principal función de esta máquina es corregir los defectos provenientes de la carda mediante doblajes y estirajes.

Esta máquina paraleliza, mezcla, estira y limpia las fibras, reduciendo todas las irregularidades y poniendo las cintas en sentido longitudinal. La cinta del manual proviene de mezclar 6 u 8 cintas de cardas o manuares de primer paso y quita todas las irregularidades que pueden afectar a los procesos posteriores.

Figura 4.

Manuar



Nota. La figura muestra un manual textil. Obtenido de RIETER (2023). *Productos: manual RSB-D50.* (https://www.rieter.com/fileadmin/user_upload/products/documents/systems/spinning-preparation/rieter-rsb-d-50-draw-frame-brochure-3008-v4-95090-es.pdf), consultado el 24 de febrero de 2023. De dominio público.

7.3.1.4. Mechera

La mechera continúa con el proceso de paralelizar y homogenizar fibras mediante el estiraje y proporciona una cinta para continuar con el proceso y obtener un hilo con título deseado, con una torsión específica que da la fuerza necesaria al material llamado pabilo, utilizado para continuar con el proceso de hilado.

Figura 5.

Mechera



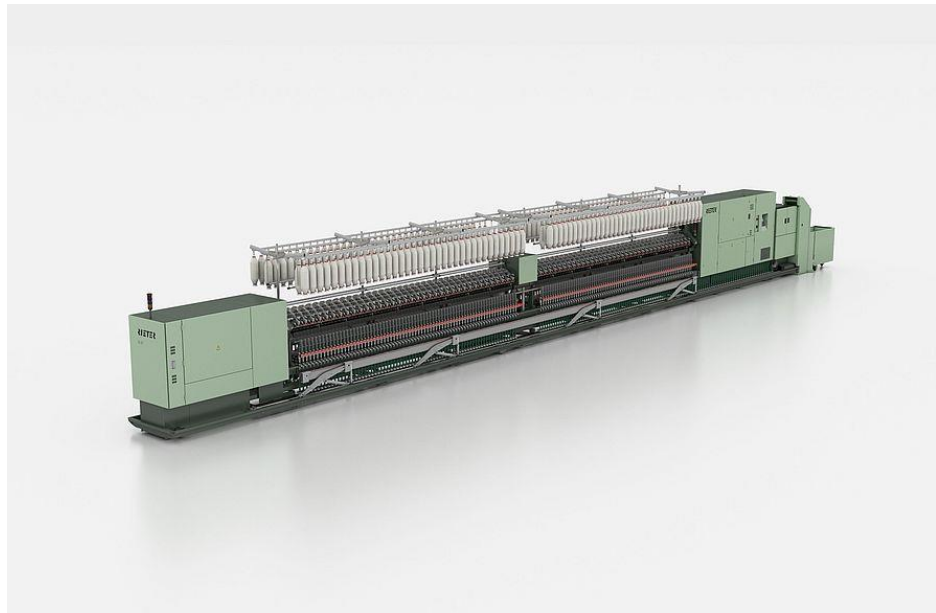
Nota. La figura muestra una mechera textil. Obtenido de Electro-Jet (2023). *Mecheras:* mechera automática ADR. (<https://electro-jet.com/jet/mecheras/>), consultado el 25 de febrero de 2023. De dominio público.

7.3.1.5. Continua de hilar

Esta máquina es la encargada de transformar la cinta o mecha proveniente de los procesos anteriores para formar el hilo. Este proceso de transformación se logra mediante un tren de estiraje, el cual tiene la función de estirar o adelgazar la masa de las fibras que recibe y es entregada a los husos que giran a una determinada velocidad para dar torsión a las fibras y formar hilo, el cual es alimentado en un tubo llamado canilla.

Figura 6.

Continua de hilar



Nota. La figura muestra una continua textil. Obtenido de RIETER (2023). Productos: G-37. (<https://www.rieter.com/products/systems/ring-spinning/ring-spinning-machine-g-37/>), consultado el 25 de febrero de 2023. De dominio público.

7.3.1.6. Conera

Esta máquina es la última en el proceso, en ella se colocan los conos de cartón y el arrollado es automático, y el cono llega a tener un peso aproximado de 5 libras de hilo. Luego de esta máquina el producto puede ser utilizado para tejer.

Figura 7.

Conera



Nota. Imagen de una conera textil. Obtenido de RIETER (2023). *Productos: autoconer X6.* (https://www.rieter.com/fileadmin/user_upload/products/documents/systems/winding/rieter-x-6-autoconer-brochure-3428-v1-96240-en.pdf), consultado el 25 de febrero de 2023. De dominio público.

7.4. Indicadores de mantenimiento

Los indicadores son parámetros que permiten tener información sobre factores críticos dentro de una organización respecto a expectativas plasmadas para tener cierta competitividad y rentabilidad. Para plasmar estos indicadores es necesario tener en cuenta que deben permitir el control y la planeación, ya que estos pueden ser financieros u operativos y permitirán decidir el rumbo de una organización (Duffuaa, 2000).

Los indicadores deben estar integrados y deben medirse de forma independiente para proporcionar una visión de cómo se encuentra una organización respecto a los objetivos y estrategias de la empresa. Durante su desarrollo se debe considerar:

- Hacer objetivos e indicadores claros
- Vincular los procesos empresariales con los objetivos de la empresa
- Buscar formas de medir y de rastrear las tendencias de desempeño

7.4.1. Eficiencia

Estos indicadores se enfocan en controlar los recursos y los trabajos generados a través de un programa de mantenimiento para prevenir fallas en los componentes de la maquinaria. Este indicador se mide mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Numero total de ordenes de trabajo generadas de inspecciones}}{\text{Numero total de ordenes de trabajo generadas}}$$

La fórmula demuestra que la eficiencia es medida a través de un plan de mantenimiento preventivo y mide en general cuándo fue examinado y cuánto fue corregido de esas examinaciones previas.

7.4.2. Costos

Los costos por mantenimiento son la cantidad monetaria desembolsada por una compañía para mantener sus activos, entre estos se pueden mencionar: mantenimientos directos e indirectos, costos de *stock* de repuestos, costos de vida útil y costos de caída de productividad, entre otros.

Este indicador va de la mano con el desarrollo del plan de mantenimiento, debido a que es fundamental para una empresa para alcanzar los objetivos de rentabilidad y competitividad, por esto es importante buscar estrategias de planificación, capacitación y costeo para que los costos por mantenimiento no afecten a la empresa y pueda ir creciendo a la vez que los equipos no afecten en la productividad de la planta.

7.4.3. Tiempo de inactividad

El tiempo de inactividad es lo contrario a la disponibilidad de la máquina, este es definido como la proporción de tiempo en la que una máquina no tiene un proceso productivo por diversas razones ajenas a un estado operativo. Este indicador ofrece muchas posibilidades de cálculo e interpretación de datos para análisis de los programas de mantenimiento.

Los principales factores a tomar en cuenta en el cálculo de tiempo de inactividad son:

- Número de horas totales de producción.
- Número de horas inactivas sin producir debido a paros por mantenimiento preventivo y correctivo.
- Número de horas que la planta produce.

7.4.4. Gestión de órdenes de trabajo

Las órdenes de trabajo son aquellas liberaciones de trabajos a realizar en los activos a cargo, esto se programa según los objetivos de la empresa y el programa de producción. Una gestión de órdenes de trabajo consta de tres funciones:

- Control de trabajos dentro de la planta
- Programación de trabajos
- Despacho de órdenes y repuestos de bodega

La función del control de trabajos dentro de la planta es tener claro los trabajos a supervisar, para así tomar en cuenta que se estén realizando de la mejor manera con todos los estándares de tiempo, calidad, seguridad y mano de obra adecuada.

La programación de trabajos es la función que logra ajustar los recursos necesarios para realizar el trabajo con el tiempo para tenerlos disponibles y el tiempo de ejecución. El programa final proporciona una idea de cuándo se completarán los trabajos dentro de la planta, tomando en cuenta la producción para evitar afectar a la empresa. Debido a un alto grado de incertidumbre en el área de mantenimiento, será imposible adherirse al programa previamente realizado y muchas veces podrá requerir reprogramación de órdenes de trabajo.

El despacho de órdenes de trabajo y repuestos de bodega es una función para tener el control y secuencia de todos los trabajos, este se refiere a tener los procedimientos claros de manera que se informe en el momento adecuado y se mantengan registros para los costos y el flujo de información.

7.4.5. Gestión de inventarios

La gestión de inventarios es algo muy importante dentro de las operaciones de mantenimiento, una gestión de inventarios adecuada tiene las existencias correctas, en el momento correcto y lugar correcto. El objetivo de una gestión de inventarios es minimizar el costo ayudando a disminuir costos logísticos y a comprar en momentos correctos (Wireman, 2005).

Un almacén para el área de mantenimiento por lo general almacena repuestos, herramientas, lubricantes, entre otras piezas necesarias según la planificación de la organización (Fernández, 2018).

Para una gestión correcta del inventario de mantenimiento se deben seguir cuatro pasos indispensables:

- Requisición

Ayuda a tener el control del retiro de los materiales del almacén de mantenimiento formando una base de contabilidad de costos y de inventario.

- Control de inventarios

Este control se emplea mediante el control de recepciones y retiros, logrando identificar una demanda de los artículos del almacén.

- Artículos para almacenar

Debido a las rutinas que se realizan para tener un mantenimiento preventivo, es necesario tener disponibles ciertas piezas y artículos para reparaciones generales.

- Puntos de reorden

Este punto corresponde a la cantidad de artículos en el inventario que deberán volverse a ordenar tomando en consideración el consumo y tiempo de entrega, de manera que se vuelva a tener *stock* cuando el nivel de inventario esté a cero.

7.4.6. Confiabilidad

Este valor depende netamente del comportamiento de un activo, si es cíclico o si depende del tiempo. Cuando el rendimiento es cíclico se basa en la probabilidad de que el sistema rinda durante esos ciclos, ahora bien, si depende del tiempo la confiabilidad se basa en que el sistema rinda con éxito durante ese tiempo trabajado.

La confiabilidad puede ser definida como la seguridad de que un equipo, componente o sistema se desempeñe durante un periodo o ciclo. Algunos estudios definen confiabilidad como la probabilidad de que no ocurra una falla.

7.5. Fractal One

Fractal One es una plataforma innovadora que integra los softwares de mantenimiento de manera inteligente, moderna, segura y fácil de usar. Esta plataforma facilita a todas las organizaciones la planificación, organización, control de inventario y ejecución de un plan de mantenimiento para todos los activos.

Fractal One sustituye a un control manual y a los márgenes de error que esto puede conllevar, también proporciona información estadística y científica basada en la información alimentada, elimina las órdenes de trabajo en papel por órdenes de trabajo en línea, ayuda a controlar insumos, a gestionar y a tener en detalle los consumos para cumplir la planificación de mantenimiento.

7.5.1. Interfaz de Fractal One

La interfaz de Fractal One es muy intuitiva y organizada, por lo que hace fácil la gestión de mantenimiento. En la página principal se encuentra un pequeño análisis gráfico de todas las órdenes de trabajo pendientes, en proceso y finalizadas, y un menú que lleva a diversas opciones del sistema para analizar todos los datos que han sido alimentados al software de mantenimiento (García, 2021).

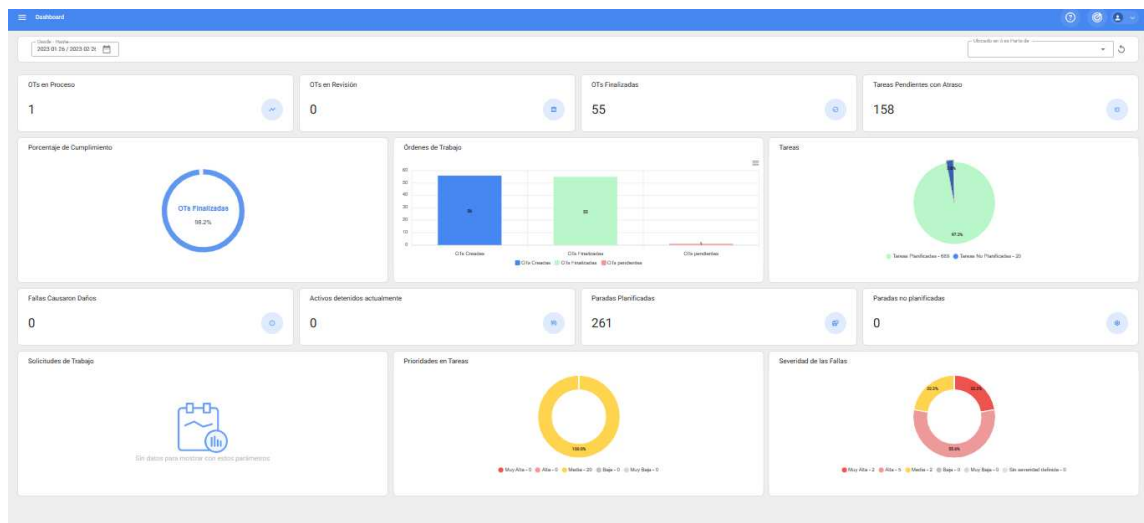
Cada uno de los indicadores mostrados en la interfaz menciona algo específico de la gestión del mantenimiento de los activos. Las descripciones son las siguientes:

- OTs en proceso: son las órdenes de trabajo que aún se encuentran siendo trabajadas.

- OTs en revisión: son aquellas órdenes de trabajo ejecutadas que deben ser verificadas.
- OTs finalizadas: son todas las órdenes que ya fueron verificadas y concluidas por el supervisor.
- Porcentaje de cumplimiento: es un gráfico que representa las órdenes creadas vs las finalizadas.
- Paradas planificadas: indica los paros planificados.
- Paradas no planificadas: indica los paros ocurridos por eventos fuera de la planificación, es decir, correctivos.

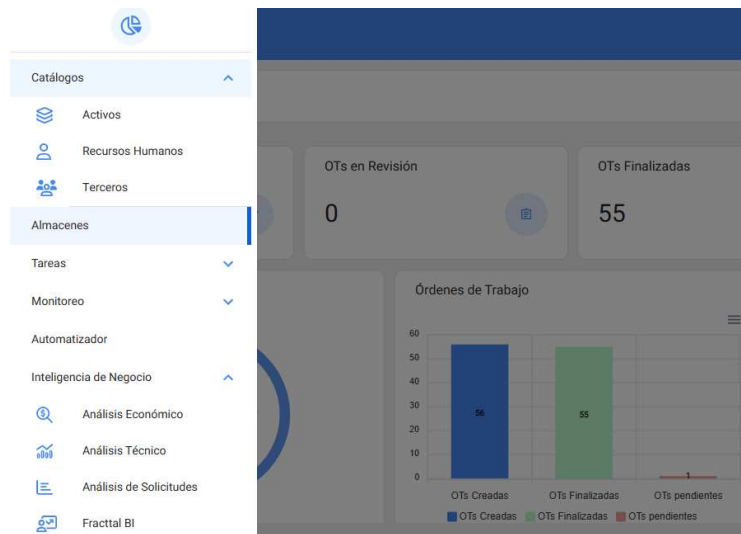
Figura 8.

Página principal de Fracttal One



Nota. Página principal de Fracttal One. Obtenido de Fracttal One (2023). *Manual de ayuda de la plataforma.* (<https://one.fracttal.com/dashboard>), consultado el 26 de febrero de 2023. De dominio público.

Figura 9.
Menú de Fracttal One



Nota. Menú de Fracttal One. Obtenido de Fracttal One (2023). *Manual de ayuda de la plataforma.* (<https://one.fracttal.com/dashboard>), consultado el 26 de febrero de 2023. De dominio público.

7.5.2. Inventarios en Fracttal One

En el menú proporcionado en el *dashboard* inicial de Fracttal One se puede encontrar el área de inventarios, esta área muestra todos los insumos con los que cuenta la organización. Dichos insumos tienen ingresos y salidas respecto a las órdenes de trabajo que se procesan según la planificación de mantenimiento.

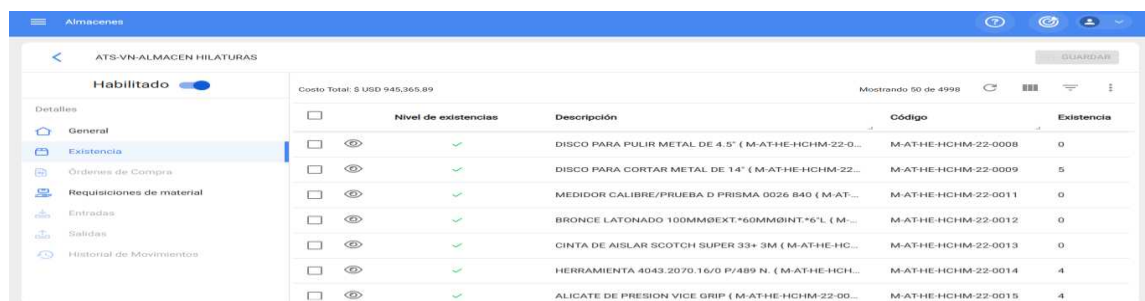
Para agregar artículos al inventario existente hay tres formas:

- Desde el módulo de activos: cargando el ítem a un activo específico. Si se selecciona esta opción aparecerá únicamente para ser cargado en este activo.
- Desde el módulo de almacén (manual): en este se carga el ítem a un almacén general de la planta donde podrá ser ubicado al momento de ejecutar cualquier tarea.
- Desde el módulo de almacén (masivo): se vinculan ítems de forma masiva a través de una plantilla de Excel, es ideal si no se han realizado movimientos en una bodega.

Fracttal One también ofrece la opción de hacer requerimientos de insumos y materiales a través del software, por lo que es una herramienta que permite llevar el control de los inventarios en tiempo real. Una requisición de material no es más que una solicitud exigida por el personal a cargo del almacén para hacer pedidos de materiales solicitados a través de órdenes de trabajo para ejecutar una tarea.

Figura 10.

Inventarios o almacenes Fracttal One



Nivel de existencias		Descripción	Código	Existencia
☐	☒	DISCO PARA PULIR METAL DE 4.5" (M-AT-HE-HCHM-22-0...	M-AT-HE-HCHM-22-0008	0
☐	☒	DISCO PARA CORTAR METAL DE 14" (M-AT-HE-HCHM-22...	M-AT-HE-HCHM-22-0009	5
☐	☒	MEDIDOR CALIBRE/PRUEBA D PRISMA 0026 840 (M-AT...	M-AT-HE-HCHM-22-0011	0
☐	☒	BRONCE LATONADO 100MMØEXT*60MMØINT*6"L (M...	M-AT-HE-HCHM-22-0012	0
☐	☒	CINTA DE AISLAR SCOTCH SUPER 33+ 3M (M-AT-HE-HC...	M-AT-HE-HCHM-22-0013	0
☐	☒	HERRAMIENTA 4043.2070.16/0 P/489 N. (M-AT-HE-HCH...	M-AT-HE-HCHM-22-0014	4
☐	☒	ALICATE DE PRESION VICE GRIP (M-AT-HE-HCHM-22-00...	M-AT-HE-HCHM-22-0015	4

Nota. Inventario de Fracttal One. Obtenido de Fracttal One (2023). *Manual de ayuda de la plataforma. Inventario de Fracttal One.* (<https://one.fracttal.com/inventory/warehouses>), consultado el 26 de febrero de 2023. De dominio público.

7.5.3. Análisis en Fractal One

La plataforma Fractal One ofrece una gran variedad de métodos de análisis de la información, entre ellos se pueden encontrar gráficos, datos de Excel, costos, entre otros. Uno de los métodos de análisis que la plataforma ofrece y que permite tener un análisis intuitivo es la función de inteligencia de negocios, en ella se pueden realizar las gráficas que se desee con los datos que uno quisiera analizar, por lo que hace de esta función una muy funcional para determinar los objetivos de una organización.

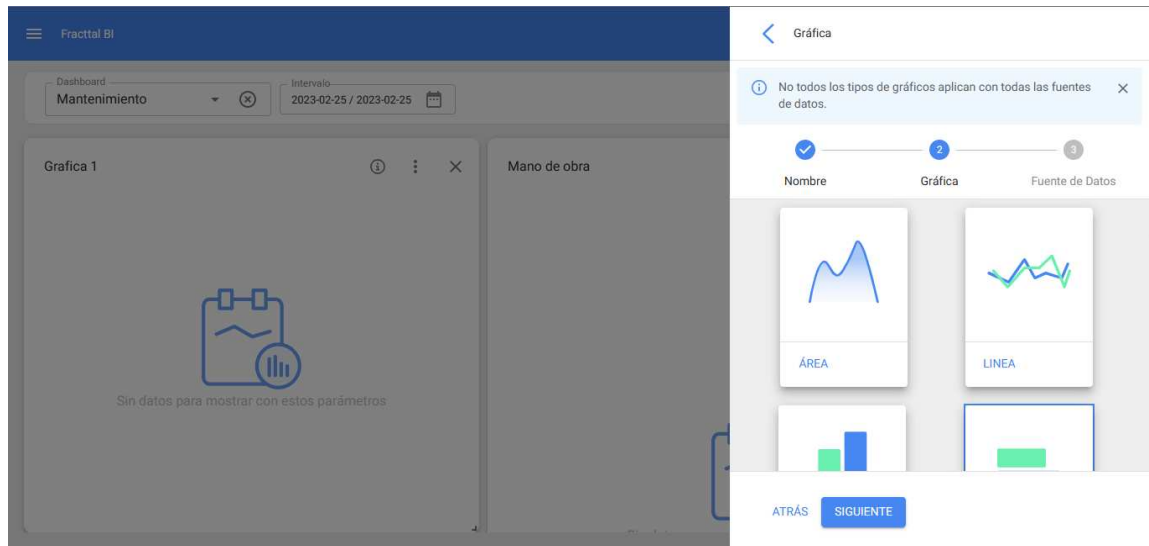
En este módulo se logra analizar los resultados generados a través de los trabajos ejecutados y la gestión realizada por las personas a cargo del mantenimiento, ahí se muestran análisis de tareas, cumplimiento de la programación, fallas y KPI's.

Esta sección ofrece otros submódulos como:

- Análisis de tareas
- Indicadores clave de desempeño
- Análisis de fallas
- Análisis de OTs

Figura 11.

Inteligencia de negocios Fractal One



Nota. Menú de inteligencia de negocios Fractal One. Obtenido de Fractal One (2023). *Manual de ayuda de la plataforma. Inteligencia de negocios Fractal One.* (<https://one.fractal.com/fractalbi>), consultado el 26 de febrero de 2023. De dominio público.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

1. INTRODUCCIÓN
2. ANTECEDENTES
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
 - 3.1. Planteamiento del problema
 - 3.2. Contexto y descripción
 - 3.3. Delimitación
4. JUSTIFICACIÓN
5. OBJETIVOS
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN
7. MARCO TEÓRICO
 - 7.1. Mantenimiento
 - 7.1.1. Tipos de mantenimiento
 - 7.1.2. Mantenimiento correctivo (MC)
 - 7.1.2.1. Correctivo no programado
 - 7.1.2.2. Correctivo programado o planificado
 - 7.1.3. Mantenimiento preventivo
 - 7.1.3.1. Ventajas de mantenimiento preventivo

- 7.1.4. Mantenimiento predictivo
 - 7.1.5. Mantenimiento clase mundial
 - 7.2. Pilares del mantenimiento
 - 7.3. Industria textil
 - 7.3.1. Plantas de hilatura
 - 7.3.1.1. Apertura y limpieza
 - 7.3.1.2. Cardado
 - 7.3.1.3. Manuar
 - 7.3.1.4. Mechera
 - 7.3.1.5. Continua de hilar
 - 7.3.1.6. Conera
 - 7.4. Indicadores de mantenimiento
 - 7.4.1. Eficiencia
 - 7.4.2. Costos
 - 7.4.3. Tiempo de inactividad
 - 7.4.4. Gestión de órdenes de trabajo
 - 7.4.5. Gestión de inventarios
 - 7.4.6. Confiabilidad
 - 7.5. Fracttal One
 - 7.5.1. Interfaz de Fracttal One
 - 7.5.2. Inventarios en Fracttal One
 - 7.5.3. Análisis en Fracttal One
8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS
9. METODOLOGÍA
 - 9.1. Enfoque
 - 9.2. Diseño
 - 9.3. Tipo de estudio
 - 9.4. Alcance de investigación

- 9.5. Variables e indicadores
- 9.6. Fases
- 9.7. Resultados esperados
- 9.8. Población y muestra

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

11. CRONOGRAMA

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

En la presente sección se presenta la metodología, esta detalla el enfoque, diseño, tipo de estudio, alcances, variables, indicadores y resultados esperados.

9.1. enfoque

La presente investigación cuenta con un enfoque mixto y cuantitativo, debido a que es considerada la medición y toma de datos para medir los indicadores y costos por mantenimiento, y cualitativo, debido a que será utilizada la revisión de bibliografías y documentos para establecer información teórica para su desarrollo.

9.2. Diseño

Para llevar a cabo la investigación y cumplir con los objetivos planteados serán utilizados diversos métodos, técnicas y procedimientos. Esta investigación será no experimental, mediante la recolección de datos se van a describir variables y se analizarán los efectos de estas variables al momento de realizar la investigación.

La investigación contará con tres fases: recolección de datos e información, en la cual se obtendrán cálculos proporcionados por el programa, y posteriormente estos serán analizados para determinar los indicadores de mantenimiento y los costos por cada mantenimiento realizado dentro de la planta. Posteriormente a estas fases, se realizará una comparación con otros

tipos de métodos para determinar estos indicadores y se verificará la factibilidad del programa.

Para llevar a cabo la investigación se realizará una fase de revisión documental para poder obtener información de fuentes confiables como investigaciones previas, libros y documentos sobre temas relacionados que serán de una gran importancia en la estructura del marco teórico de la investigación.

9.3. Tipo de estudio

La investigación será realizada con un alcance descriptivo-explicativo, dado que busca describir la implementación de un software de mantenimiento para la medición de indicadores y costos por mantenimiento. El software que será utilizado es Fracttal One y este será comparado con otros métodos utilizados con frecuencia en el área de mantenimiento.

9.4. Alcance de investigación

Esta investigación será elaborada mediante el uso del software de mantenimiento Fracttal One, posteriormente se realizará un análisis de la maquinaria para determinar indicadores y costos por mantenimiento. Este software será comparado con otras herramientas que son utilizadas en la actualidad para medir la factibilidad de la implementación de este software para medir indicadores y costos por mantenimiento en plantas con mantenimiento en activos industriales.

9.5. Variables e indicadores

En el quinto apartado de este noveno capítulo del diseño de investigación se presenta una tabla, en la cual se describen y explican las variables e indicadores relacionados con el proyecto.

Tabla 1.

Variables e indicadores

OBJETIVO	TIPO DE VARIABLE	PROPIEDAD OPERACIONALIZADA	DE ACUERDO AL USO	NIVELES DE MEDICION	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOS DE RECOLECCION
Implementar el software fracttal one con el fin de generar indicadores de costos por mantenimiento para obtener mejoras en el control							
Determinar parámetros e indicadores de mantenimiento preventivo de las máquinas que pueda proporcionar el software fracttal one	Costo por mantenimiento	Númerica continua	Variable de salida	Medición ordinal	Moneda	Quetzales	Costo por mant=suma insumos
	Tiempos muertos y tiempo de mano de obra	Númerica continua	Variable de salida	Medición ordinal	Tiempo	Horas, minutos, segundos	Tiempos= Suma de tiempo
	Eficiencia de personal	Númerica continua	Variable de salida	Medición ordinal	Eficiencia	Porcentaje	Ordenes= ordenes inspección/ordenes trabajadas
	Cumplimiento de plan de mantenimiento	Númerica continua	Variable de salida	Medición ordinal	Cumplimiento	Porcentaje	Cumplimiento =(Trabajado/plan) *100
Evaluar como el software puede mejorar el rendimiento y productividad del personal de mantenimiento dentro de la empresa con el uso de fracttal one.	Rendimiento	Númerica continua	variable de entrada	Medición ordinal	Producción	Kilos	Kilos= suma de kilos
	Productividad			Medición ordinal	Tiempo de ejecución	Horas, minutos o segundos	Tiempos = suma de tiempos
Comparar el uso de fracttal one con algún método convencional que se utilice para llevar el control de los mantenimientos preventivos.	Costo	Númerica continua	Variable de salida	Medición ordinal	Moneda	Quetzales	Costo= suscripción*mes
	Retorno de inversión			Medición ordinal	Moneda	Quetzales	VAN y TIR

Nota. Detalle de variables para la realización del proyecto de investigación. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

9.6. Fases

Para realizar la investigación se llevará a cabo el proceso de la siguiente manera:

- Fase 1. Implementar el software Fracttal One con el fin de generar indicadores de costos por mantenimiento para obtener mejoras en el control

Esta fase está destinada a implementar el software dentro de toda la planta de hilaturas, para ello se realizará una lista de todos los activos disponibles en la planta y se les dará un código o una designación para que estos puedan ser identificados dentro de la plataforma, al igual que al personal dentro de la planta, esto permitirá tener de forma detallada y ordenada toda la información necesaria para llevar a cabo este proyecto.

Posteriormente, en paralelo, se realizará una planificación de mantenimiento que también será proporcionada al sistema, esta se correrá según la planificación dentro de la planta y al momento de que se realicen los trabajos de mantenimiento, y es de esto que se obtendrán los indicadores tanto de costos como de tiempos por mantenimiento.

- Fase 2. Determinar parámetros e indicadores de mantenimiento preventivo de las máquinas que pueda proporcionar el software Fracttal One

Posteriormente, luego de tener todos los registros de los activos en la planta de mantenimientos, se determinarán los parámetros e indicadores a medir por máquina, personal, tiempo de paros, entre otros. También se

analizarán todos los datos y se podrán tener datos sobre costos por mantenimiento, tiempos estándar, repuestos utilizados, entre otra información de mucha utilidad para el análisis.

- Fase 3. Comparar el uso de Fracttal One con algún método convencional que se utilice para llevar el control de mantenimientos y costos

Esta comparación se llevará a cabo para determinar dos aspectos muy importantes dentro de los softwares para análisis de indicadores de costos y de mantenimiento:

- Factibilidad técnica: esto para determinar la funcionalidad de medir indicadores de mantenimiento, eficiencia, costos y *stock* de repuestos, ya que es lo esencial que se busca al implementar este sistema en una planta de hilaturas.
- Factibilidad económica: se conoce que diversos softwares manejan tarifas, por lo que mediante esto se busca determinar cuál trae un mayor beneficio en cuanto al costo, utilizando VAN y TIR para determinar los valores.

9.7. Resultados esperados

Con el presente trabajo de investigación se busca determinar la factibilidad de implementar un software llamado Fracttal One para medir indicadores de mantenimiento y costos en una planta industrial de producción de hilaturas, esto con el fin de motivar a diversas plantas industriales a buscar nuevos métodos de medición de indicadores, ya que, al utilizar tecnología, se

puede ser más eficiente y competitivo dentro del mercado y tener una ventaja sobre los competidores.

Se pretende implementar el software para que pueda brindar información sobre los mantenimientos realizados dentro de una planta de hilatura, así como sobre los costos por mantenimiento y un orden más estratificado del *stock* de repuestos en bodega. Por eso se busca determinar lo factible que este puede ser para ordenar datos y obtener mayor control dentro de una planta industrial.

9.8. Población y muestra

Para identificar a la maquinaria que más costos tiene se utilizará una población no probabilística con una muestra de 52 máquinas, se utiliza este método, ya que, al tener datos en una base, se puede observar cuáles contienen los costos más altos y mediante eso se puede analizar la información proporcionada por el sistema.

Tabla 2.

Población y muestra

INDICADOR	MAQUINARIA	DESCRIPCIÓN
TAMAÑO DE MUESTRA PARA INFORMACIÓN DE COSTOS POR MAQUINA	Lote de 52 maquinas	La muestra necesaria para realizar el análisis de factibilidad para medir costos
	$n = \frac{N x Z_a^2 x p x q}{d^2 x (N - 1) + Z_a^2 x p x q}$	Donde: <i>N</i> = Tamaño de poblacion <i>Z</i> = Nivel de confianza <i>p</i> = Probabilidad de exito o proporcion <i>q</i> = Probabilidad de fracaso <i>d</i> = Precision o error maximo

Nota. Población y muestra para la realización del proyecto de investigación. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Los datos serán tabulados y analizados utilizando herramientas como Excel o Minitab, y con base en la muestra calculada se identificarán los valores que se analizarán en la investigación.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para analizar la información se utilizarán técnicas de estadística descriptiva, debido a que el tipo de investigación facilita el uso de estas herramientas tales como: media, moda, mediana, desviación estándar, rango, tasa interna de retorno y valor actual neto.

Tabla 3.

Análisis estadístico-descriptivo a utilizar en la investigación

DESCRIPCIÓN	FÓRMULA
MEDIA	$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$
MEDIANA	$Mediana = \frac{N + 1}{2}$
MODA	Valor más repetido
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	$\sqrt{\sum \frac{(x - Mediana)(x - Mediana)}{N}}$
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0$
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1 + i)^n} = 0$

Nota. Detalle del análisis estadístico para la realización del proyecto de investigación. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

La mayoría de los datos que se analizarán serán proporcionados por el software Fractal One, esto debido a que el software realiza los análisis de los datos que son proporcionados al sistema y de este modo se pueden analizar datos y generar indicadores por mantenimiento. Además de estos análisis, se

utilizará la herramienta Fracttal Bi para realizar gráficas representativas de todo lo que se busca demostrar por medio de gráficos de control.

11. CRONOGRAMA

Tabla 4.

Cronograma de tesis

CRONOGRAMA DE TESIS DE MAESTRIA																																																					
lunes, 27 de marzo de 2023												Semana: 13				Desde: lunes, 27 de marzo de 2023												Hasta: domingo, 2 de abril de 2023																									
Código	Actividad	Semana de Inicio	Duración	Frecuencia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	Total	
1.	APROBACION DE PROTOCOLO	6	3	Semanal							X	X	X	X	X	X	X	X																																	9		
	Fase 1: Implementar el software	14	6	Semanal															X	X	X	X	X																													6	
	Realizar listado de activos, personal y planificación de mantenimientos	14	3	Semanal															X	X	X																															3	
	Generar indicaciones	17	3	Semanal																		X	X	X																												3	
	Fase 2: Determinar parámetros e indicadores de mantenimiento preventivo	19	12	Semanal																				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X															12			
	Indicadores de costos	19	4	Semanal																			X	X	X	X																										4	
	Tiempos de paro	23	4	Semanal																							X	X	X	X																					4		
	Tiempos estándar por mantenimiento	27	4	Semanal																													X	X	X	X															4		
	Formularios de registros	31	3	Semanal																																		X	X	X											3		
	FASE 3: Comparar uso de fractal one con métodos convencionales	34	4	Semanal																																			X	X	X	X									4		
	Factibilidad técnica	34	2	Semanal																																			X	X											2		
	Factibilidad económica	36	2	Semanal																																					X	X										2	
	PRESENTACION DE RESULTADOS	38	3	Semanal																																						X	X	X								3	
	DISCUSION DE RESULTADOS	41	2	Semanal																																								X	X							2	
	REDACCION DE CONCLUSIONES	43	2	Semanal																																									X	X						2	
	CORRECCIONES	45	3	Semanal																																											X	X	X				

Nota. Detalle del cronograma propuesto para la realización del proyecto de investigación.

Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación es factible, ya que se cuenta con todos los recursos necesarios y el apoyo de la empresa para ejecutar cada fase de la metodología propuesta, y con esto se podrá cumplir con los objetivos propuestos.

- **Recurso humano:** se cuenta con todo el personal a disposición para realizar las tareas requeridas antes, durante y luego de la investigación.
- **Información:** se tiene acceso a toda la información necesaria para la investigación, siempre respetando los derechos de propiedad intelectual.
- **Equipo y sistema:** el equipo de computación y el software para llevar a cabo el proyecto será proporcionado por la empresa.

El recurso financiero necesario para la realización de la investigación será aportado por la empresa y será distribuido de la siguiente manera:

Tabla 5.*Presupuesto*

DESCRIPCIÓN	MONTO	PORCENTAJE
INVERSIÓN DE INFRAESTRUCTURA	Q 12,000	32.4 %
ASESOR	Q 2,500	6.8 %
SUSCRIPCIÓN A FRACTAL ONE	Q 4,800	12.9 %
INTERNET	Q 1,200	3.2 %
RECURSO HUMANO (PLANIFICADOR Y COORDINADORES DE MANTENIMIENTO)	Q 16.500	45 %
SUMA	Q 37,000	100 %

Nota. Detalle del presupuesto para la realización del proyecto de investigación. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

REFERENCIAS

- Aguirre, C. (2015). *Análisis de costos del servicio de mantenimiento para camiones de carga pesada y diseño de estrategias de post-venta caso AUTEK S.A.* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador]. Archivo digital.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10009/1/UPS-GT001116.pdf>
- Alemán, D. (2022). *Diseño de un plan de gestión de mantenimiento basado en RCM para la nueva línea de bebidas alcohólicas carbonatadas en la planta de producción de Licoram en la ciudad de Ibarra.* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador]. Archivo digital.
[file:///C:/Users/Jose%20Pablo%20Gonzalez/Downloads/UPS%20-%20TTS722%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Jose%20Pablo%20Gonzalez/Downloads/UPS%20-%20TTS722%20(1).pdf)
- Anaguano, R. (2018). *Modelo de un plan de mantenimiento basado en procesos para el área de preparación hilatura.* [Tesis de licenciatura, Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador]. Archivo digital.
<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6344/1/T2690-MBA-Anaguano-Modelo.pdf>
- Angulo, M (2004). *Análisis del cluster textil en el Perú.* [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Marcos. Perú]. Archivo digital.
https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/angulo_lm/cap2.PDF

Bullon, J. (2017). *Manufacturing processes in the textile industry*. Universidad de Salamanca.

https://www.researchgate.net/publication/325189102_Manufacturing_processes_in_the_textile_industry_Expert_Systems_for_fabrics_production.

Cruz, E. (2021). *Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para taponadores Krones de tapa roscada plástica, como propuesta para ser utilizado en la industria de embotellado en Guatemala*. [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital.

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/16340/1/Estuardo%20Jos%C3%A9%20Mariano%20Cruz%20Barco.pdf>

Duffuaa, S. (2000). *Sistemas de mantenimiento, planeación y control*. Universidad King Fahd, Singapur. https://kupdf.net/download/sistemas-de-mantenimiento-duffua-y-otros_59077d15dc0d609f29959ebf_pdf

Electro-Jet. (2023). *Mecheras*. Electro-Jet. <https://electro-jet.com/jet/mecheras/>

Fernández, A. (2018). *Gestión de mantenimiento: Lean Maintenance y TPM*. Universidad de Oviedo.

<https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf;jsessionid=667A4A98B3048FA08E59161C0AA7983D?sequence=1>

Fractal One. (2023). *Manual de ayuda de la plataforma*. Fractal One. <https://storagebkpapp.fractal.com/Es/Info/Manual%20de%20ayuda%20Fractal%20One%202021.pdf>

García, J. (2021). *Propuesta de mejoramiento para elevar el nivel de aprovechamiento del software de mantenimiento Fracttal en el laboratorio de investigación hormonal LIH*. [Tesis de grado, Universidad ECCI, Colombia]. Archivo digital.
<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/1856/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

INGENIIA. (2018). *Manufactura de clase mundial*. Ingeniia.
<https://ingeniia.com/wcm-manufactura-de-clase-mundial/>

Molina, R. (2020). *Hilados y textiles*. Quantia Solutions.
<https://quantiasolutions.com/wp-content/uploads/Quantia-Solutions-Formaci%C3%B3n-Hilados-y-Textiles.pdf>

Ortega, E. (2004). *Implementación de indicadores de mantenimiento en el taller industrial Adife LTDA*. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica de Bolívar]. Archivo digital.
<https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0026254.pdf>

RIETER. (2023). *Productos*. RIETER.
https://www.rieter.com/fileadmin/user_upload/products/documents/systems/fiber-preparation/varioline/rieter-varioline-brochure-2303-v8-96351-es.pdf

Toledo, P. (1948). *La industria textil*. Universidad de Chile.
<http://www.memoriachilena.gob.cl/archivos2/pdfs/MC0059910.pdf>

Urian, M. (2021). *Propuesta de mejoramiento para elevar el nivel de aprovechamiento del software de mantenimiento Fracttal en el laboratorio*

de investigación hormonal LIH. [Tesis de grado, Universidad ECCI, Colombia]. Archivo digital.

<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/1856/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

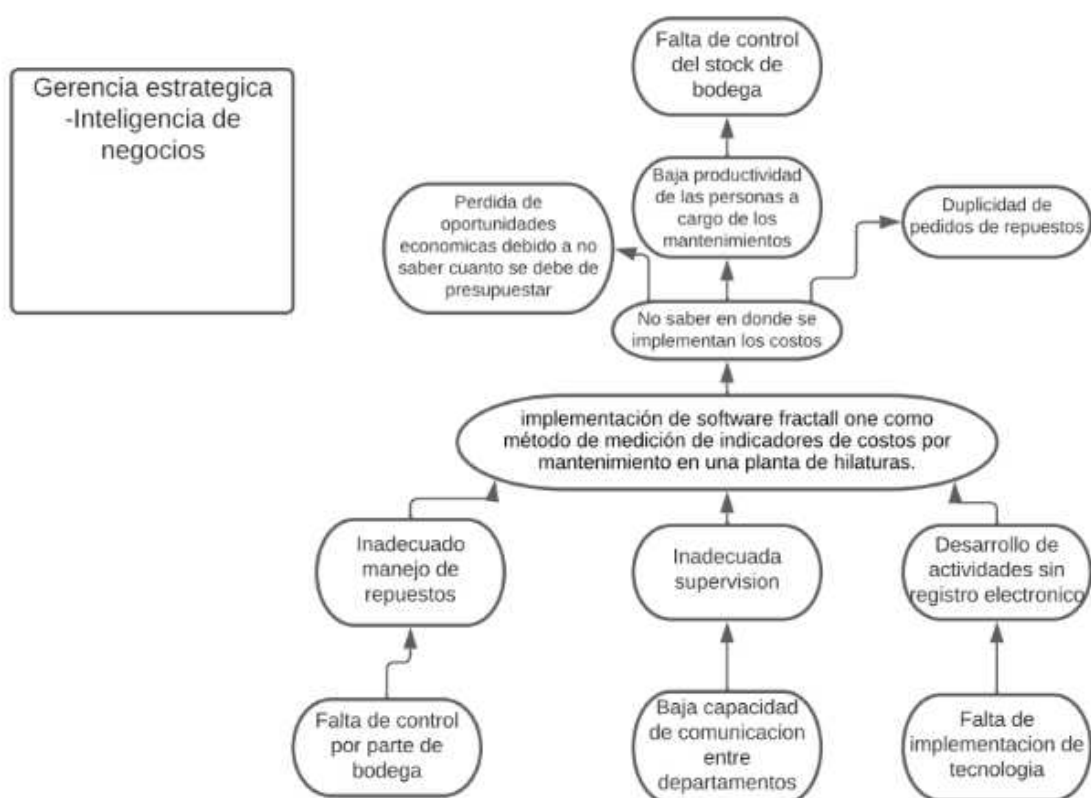
Vásquez, Y. (2019). *Reducción de los costos de mantenimiento mediante la modificación de la frecuencia de inspección, en el componente y equipo crítico de la empresa C&M Vizcarra, Moquegua*. [Tesis de grado, Universidad José Carlos Mariategui, Perú]. Archivo digital.
http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/773/Yury_tesis_grado-academico_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Wireman, T. (2005). *Developing performance indicators for managing maintenance*. Estados Unidos: Industrial Press.

APÉNDICES

Apéndice 1.

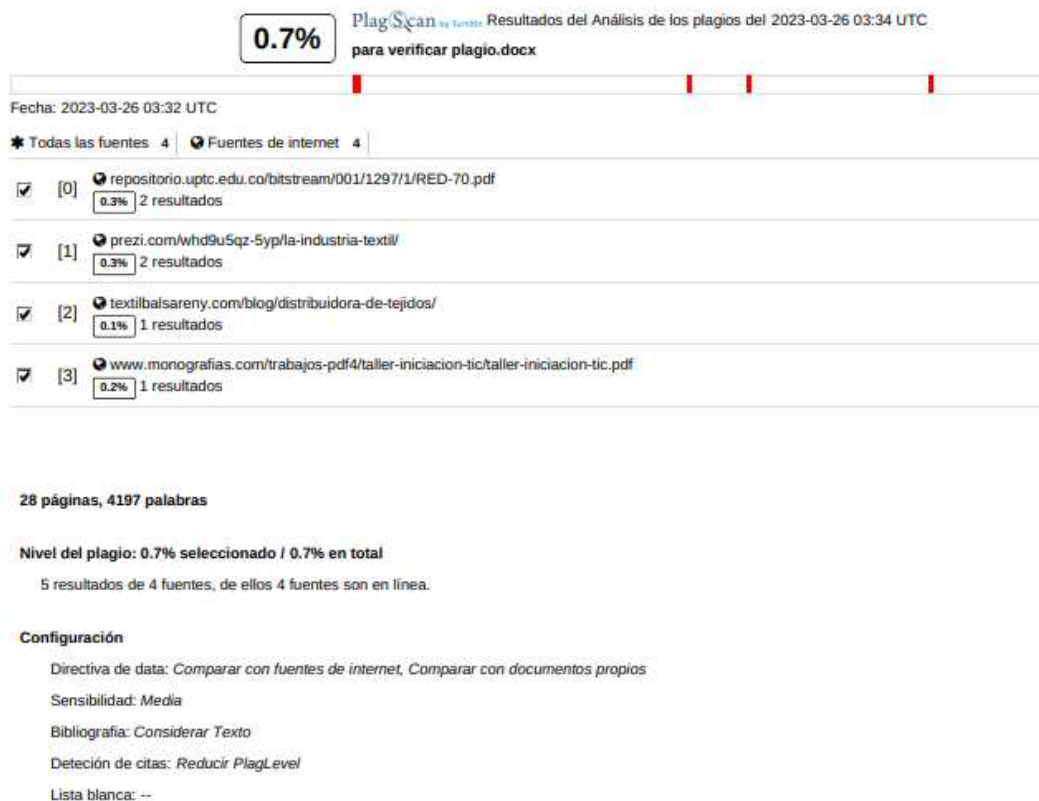
Árbol de problemas



Nota. Formato de árbol de problemas para la elaboración de la investigación. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word y Paint.

Apéndice 2.

Análisis PlagScan



Nota. Formato de análisis de PlagScan. Elaboración propia, realizado con Plagscan.