



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO, CON BASE A LA NORMA ISO 55000 PARA LA CONTINUIDAD DE LA LÍNEA
DE PRODUCCIÓN, APLICADO AL MOLINO DE TRITURACIÓN DE PIEDRA DE LA
EMPRESA MACIZO S.A. EN LA ALDEA EL RODEO, ESCUINTLA, GUATEMALA**

Alvaro Estuardo Ramirez Higueros

Asesorado por MSc. Ing. Julio Roberto Ramírez Romero

Guatemala, octubre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CON BASE A LA NORMA ISO 55000 PARA LA CONTINUIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN, APLICADO AL MOLINO DE TRITURACIÓN DE PIEDRA DE LA EMPRESA MACIZO S.A. EN LA ALDEA EL RODEO, ESCUINTLA, GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALVARO ESTUARDO RAMIREZ HIGUEROS
ASESORADO POR MSC. ING. JULIO ROBERTO RAMIREZ ROMERO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Ismael Homero Jeréz González
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magali Herrera López de López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CON BASE A LA NORMA ISO 55000 PARA LA CONTINUIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN, APLICADO AL MOLINO DE TRITURACIÓN DE PIEDRA DE LA EMPRESA MACIZO S.A. EN LA ALDEA EL RODEO, ESCUINTLA, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 19 de febrero de 2019.

Alvaro Estuardo Ramirez Higueros

Ref. EEPFI-0915-2021
Guatemala, 26 de julio de 2021

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: **SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CON BASE A LA NORMA ISO 55000 PARA LA CONTINUIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN, APLICADO AL MOLINO DE TRITURACIÓN DE PIEDRA DE LA EMPRESA MACIZO S.A. EN LA ALDEA EL RODEO, ESCUINTLA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante **Álvaro Estuardo Ramirez Higueros** carné número **200515876**, 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 Ingeniería de Mantenimiento.

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. Julio Roberto Ramírez Romero

Ing. Julio Roberto Ramírez
asesor
INGENIERO MECÁNICO
COL. 12064

Mtra. Rocío Carolina Medina Galindo
Coordinador de Maestría
Ingeniería de Mantenimiento

Mtro. Edgar Darío Álvarez Coti
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIMI-051-2021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CON BASE A LA NORMA ISO 55000 PARA LA CONTINUIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN, APLICADO AL MOLINO DE TRITURACIÓN DE PIEDRA DE LA EMPRESA MACIZO S.A. EN LA ALDEA EL RODEO, ESCUINTLA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Álvaro Estuardo Ramirez Higueros**, 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



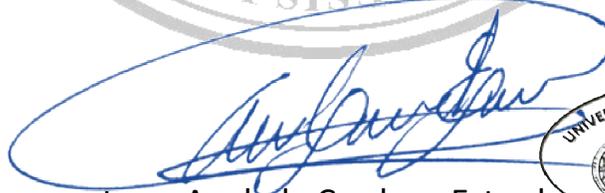
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, julio de 2021

DTG. 502.2021

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: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CON BASE A LA NORMA ISO 55000 PARA LA CONTINUIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN, APLICADO AL MOLINO DE TRITURACIÓN DE PIEDRA DE LA EMPRESA MACIZO S.A. EN LA ALDEA EL RODEO, ESCUINTLA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Alvaro Estuardo Ramirez Higueros**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2021

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza y por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias.
- Mis padres** Mercedes Higueros y Alvaro Ramirez, por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, sobre todo, por ser un ejemplo de vida.
- Mis hermanos** Anyi y Mariel Ramirez, por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar.
- Mis abuelos** Maria Burgos (q. d. e. p.) y Hortencia Molina (q. d. e. p.), por sus sabias enseñanzas y consejos durante toda mi vida.
- Mi novia** Por ser una parte importante de mi vida, por apoyarme en las buenas y en las malas, por su paciencia y amor incondicional.
- Mis primos** Gerber y Fabiola Higueros por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser el centro de enseñanza que inculcó en mí la responsabilidad, el trabajo y la dedicación.
Facultad de Ingeniería	Por ser mi segundo hogar y por haberme permitido pasar dentro de sus aulas viviendo buenos y difíciles momentos que la carrera conlleva y crear en mí el amor a mi carrera.
Macizo S.A.	Por haberme brindado la información necesaria para realizar este diseño de investigación.
Mis amigos	Por haberme acompañado durante la carrera y las tantas veces que me apoyaron y compartieron sus conocimientos.
Mi asesor	MSc. Ing. Julio Roberto Ramírez Romero por haberme guiado durante el trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1. Generalidades	3
2.1.1. Análisis de resultados de investigaciones previas	3
2.1.2. Análisis a nivel internacional	4
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Descripción general del problema	9
3.2. Definición del problema	9
3.3. Problemas específicos	11
3.4. Delimitación del problema	11
3.5. Pregunta principal de investigación	11
3.6. Preguntas complementarias de investigación	12
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	15
5.1. General	15
5.2. Específicos	15

6.	NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	17
7.	MARCO TEÓRICO	19
7.1.	Mantenimiento	19
7.2.	Plan de mantenimiento	20
7.3.	Norma ISO 55000	20
7.4.	Beneficios de la gestión de activos	21
7.5.	Fundamentos	23
7.6.	Lista de equipos.....	24
7.7.	Codificación de equipos.....	25
7.8.	Análisis de criticidad	25
7.9.	Indicadores de mantenimiento.....	28
7.9.1.	Disponibilidad	30
7.9.2.	Confiabilidad	30
7.9.3.	Mantenibilidad.....	30
7.9.4.	Costos del mantenimiento	31
7.9.5.	Disponibilidad operacional.....	31
7.9.6.	Maquinaria y equipo de trituración	33
7.9.6.1.	Trituradora de cono	34
7.9.7.	Procesos productivos	35
7.9.8.	Descripción del proceso	36
7.9.8.1.	Proceso lineal o por producto	36
7.9.8.2.	Proceso intermitente	37
7.9.8.3.	Proceso por proyecto	37
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	39
9.	METODOLOGÍA	41
9.1.	Tipo de la investigación o propuesta	41

9.2.	Diseño de la investigación o propuesta	41
9.3.	Enfoque de la investigación o propuesta	42
9.4.	Variables	42
9.4.1.	Operacionalización de variables.....	42
9.5.	Universo y población de estudio.....	44
9.6.	Criterios de inclusión.....	44
9.6.1.	Criterios de exclusión	44
9.6.2.	Muestreo	45
9.7.	Hipótesis	46
9.8.	Métodos de recolección de datos	47
9.9.	Instrumentos de recolección de datos	47
9.10.	Procesamiento y análisis de datos	48
9.11.	Límites de la investigación.....	48
9.12.	Obstáculos (riesgos y dificultades)	48
9.13.	Aspectos éticos de la investigación	49
9.14.	Autonomía.....	49
9.15.	Riesgo de la investigación	50
9.15.1.	Nivel 1 (sin riesgo)	50
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	51
11.	CRONOGRAMA.....	53
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	55
13.	REFERENCIAS.....	57
14.	APÉNDICES	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Vista general del área en estudio	6
2.	Jerarquía de la división de mantenimiento de una planta industrial	24
3.	Partes de un molino de trituración	35

TABLAS

I.	Tipos de equipos.....	26
II.	Tabla de valoración de criticidad de un equipo	28
III.	Operacionalización de variables.....	43
IV.	Operacionalización de la variable independiente.....	43
V.	Operacionalización de la variable dependiente.....	44
VI.	Valores k y niveles de confianza	46
VII.	Cronograma de actividades.....	53
VIII.	Costos del estudio	56

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
h	Hora
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m	Metro
mm	Milímetro
ud	Unidad

GLOSARIO

Activo	Algo que tiene un valor potencial o real para una organización.
Ciclo de vida	Etapas que el activo experimenta durante su vida.
Costo de mantenimiento	Precio pagado por concepto de las acciones realizadas para conservar o restaurar un bien o un producto a un estado específico.
Costo de ciclo de vida	Herramienta sistemática que permite establecer de una manera estructurada los costos asociados con el diseño, instalación, operación, mantenimiento y disposición.
Gestión de activos	Actividades coordinadas de una organización para generar valor desde sus activos. Es decir, mejorar la productividad y la rentabilidad.
ISO	Organización Internacional de Normalización, es una federación mundial de organismos nacionales de normalización.

ISO 55000	Norma Internacional que provee los aspectos generales de la gestión de activos, sus principios y terminología y los beneficios esperados al adoptar la gestión de activos.
Mantenimiento	Preservar las funciones del equipo de una planta para los requerimientos de su actual contexto operacional.
Mantenimiento correctivo	Conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados por repuestos que se realizan cuando aparece el fallo.
Mantenimiento preventivo	Sistema de mantenimiento con un conjunto de actividades de revisión y reparación programadas en tiempo y mano de obra, como también inspecciones regulares y pruebas de funcionamiento.
Mantenimiento RCM (<i>Reliability centred maintenance</i>)	Mantenimiento centrado en la confiabilidad, donde se implementan metodología para el desarrollo de un plan de mantenimiento basado en el análisis de falla.
Molino de trituración	Máquina que se sirve de la energía de un impacto o golpe fuerte para romper el material en cuestión. Se basa en lanzar las piedras a gran velocidad contra una pantalla de impacto de alta resistencia. Donde estalla y produce múltiples piedras de menor tamaño.

PAS 55	Actividades y prácticas sistemáticas y coordinadas a través de las cuales una organización administra, de manera óptima y sostenible, sus activos y sistema de activos, su desempeño, su riesgo y costos asociados durante sus ciclos de vida con el propósito de alcanzar su plan estratégico organizacional.
Sistema de gestión de activos	Conjunto de elementos internacionalizados y que interactúan para el establecimiento de la política y los objetivos de la gestión de activos y los procesos para lograr dichos objetivos.
Trituración	Proceso donde un material de forma produce dicho material con trozos de un tamaño menor al tamaño original.
Vida del activo	Periodo desde su concepción hasta el final de su vida.

RESUMEN

En la planta de trituración de agregados de la empresa Macizo S.A. ubicada en la aldea el Rodeo, Escuintla; debido al crecimiento de la producción que ha aumentado en un 25 % y genera una mayor carga de trabajo para la maquinaria y equipos en el área de producción. Hoy en día se requiere establecer una gestión de mantenimiento que permita tener una disponibilidad alta en los equipos en esta área.

El objetivo principal de la propuesta de investigación es proporcionar las guías para establecer un mantenimiento de acción preventiva que asegure la continuidad de los equipos, se reduzcan las fallas y paros, se buscan estrategias que ayuden a valorizar los equipos y cumplir con las metas de producción. Se pretende con la propuesta, generar una alta disponibilidad de maquinaria y buen control en los planes de mantenimiento, gastos por mantenimiento y repuestos, es decir llevar a la planta a un 95 % de disponibilidad y dejar atrás el 75 % que se maneja hoy en día.

La metodología propuesta para la investigación es de tipo descriptivo, con una población de 15 personas que representa la totalidad del personal de producción y mantenimiento, que labora en jornada diurna de 12 horas, se toma en cuenta la totalidad del personal del área de producción y mantenimiento por tratarse de un grupo relativamente pequeño, que poseen todas las características establecidas en los criterios de inclusión del presente estudio y sobre todo respetando su integridad como seres humanos haciéndose valer su derecho de autonomía, respeto y justicia.

Para alcanzar el objetivo antes mencionado, la recopilación de datos se debe realizar en primer lugar con la empresa, conocer las generalidades, la actividad económica y contexto operacional de la trituradora, en segundo lugar, realizar un análisis y descripción de la situación que se vive en la planta de trituración, proceso fundamental para establecer la vía más adecuada para el desarrollo de este tema.

Con base en los resultados de las estrategias que se utilizaran, se establecerán los procedimientos básicos de limpieza, ajuste y lubricación para cada uno de los sistemas, de modo que, el control y registros de las intervenciones empezarán a tomar importancia, para esto se diseñan los formatos bases y se determinan los repuestos críticos que deben estar en stock.

Para las condiciones de seguridad industrial, se analizaron todos los riesgos que conlleva el desarrollo de la actividad del mantenimiento, su nivel de exposición, control y mitigación, lo que permitirá establecer una matriz de riesgos.

El costo aproximado del estudio es de Q. 54,400.00 contemplando los recursos y materiales precisos para la implementación del mismo. Los costos están basados en la oferta actual de los productos; además, lleva implícito un extra de 10 % del total para cubrir gastos imprevistos. El financiamiento del estudio está a cargo del investigador.

1. INTRODUCCIÓN

La planta de trituración de piedra de Escuintla de la empresa Macizo S.A. con más de 20 años de experiencia en la fabricación de materiales y soluciones para el sector de la construcción. Con la importancia de aumentar la disponibilidad y confiabilidad del equipo, esto es fundamental en el desarrollo y crecimiento de la empresa al garantizar y ofrecer mejores condiciones operativas, mayor rendimiento y mejor rentabilidad.

La propuesta de investigación se origina a partir de la frecuente reiteración de fallas, tiempos perdidos, sobrecostos y desaprovechamiento del recurso tanto humano como técnico, provocados por la falta de un plan de mantenimiento preventivo.

El alcance de la propuesta de investigación está enfocado en eliminar las principales causas que propician la baja disponibilidad de la línea de producción del molino de trituración, mediante un plan de mantenimiento preventivo orientado en la pronta puesta en marcha de los equipos en operación.

La propuesta de investigación se desarrolla con una metodología direccionada al cumplimiento de avance de los objetivos planteados en donde inicialmente se establece un diagnóstico actual del mantenimiento que se realiza. Se establecerá un sistema de clasificación y codificación, lo cual facilita el análisis de fallas, es de gran importancia identificar las tareas o actividades que están por realizar, las que se pueden mejorar, las que se deben eliminar y aquéllas que se deben implementar.

Dicho lo anterior se deben definir las rutas de mantenimiento, para poder establecer las frecuencias, periodos y programaciones para cada equipo sin afectar la productividad de la planta.

Para la realización de la presente investigación, se estudiará el área de la línea de producción de molino de trituración, en la cual se realizará un diagnóstico para determinar los puntos críticos y establecer un plan de mantenimiento preventivo que permita el aumento de disponibilidad y revalorización de los equipos.

Este informe está dividido en varios, los cuales abarcan la temática de la información general que incluye, historia y organización de la planta de trituración de la empresa Macizo S.A. Además, incluye el planteamiento del problema en donde se describe de manera resumida el porqué de la investigación. También se realizó un estudio para determinar el tipo de investigación, donde se indica la muestra de la población que se debe analizar y todas las variables.

Con el cronograma se pretende llevar un orden de ejecución. También se realizó un estudio de costos y análisis financiero. Por último, se presenta la propuesta del índice, referencias y apéndices en la cual se apoya este informe.

2. ANTECEDENTES

2.1. Generalidades

En la planta de agregados de Escuintla, que es la mayor en cuanto a producción de las plantas de la empresa, además, de alimentar las plantas de block de Escuintla y la planta Kontic, ubicada en el municipio de Zaragoza, Chimaltenango, abastece también a las tiendas de Ffacsa que forman parte de la misma corporación, por eso la importancia de que esta planta realice su operación de la mejor manera con el fin de maximizar su eficiencia y minimizar los tiempos de paro por avería.

Aparte se utilizará la norma ISO 55000 para entender cómo dar valor a los equipos, es decir aprovecharlos al máximo para sacarles el mayor provecho posible con las adecuadas medidas de mantenimiento.

2.1.1. Análisis de resultados de investigaciones previas

Existe la necesidad de implementar un sistema de gestión mantenimiento basado en la experiencia del personal y de los datos técnicos de los equipos que forman la línea de producción del molino de trituración aplicadas a los principios bases como son: inspección, planeación y programación, ejecución y mejoramiento.

Es fundamental que las áreas de mantenimiento vayan más allá de ser simples reparadores de maquinaria, La norma ISO 55000 Gestión de Activos,

involucra más allá del mantenimiento, a las diferentes áreas de las organizaciones.

2.1.2. Análisis a nivel internacional

El problema de la gestión y el control de activos es transformar el Departamento de Mantenimiento en el responsable de la gestión de activos y convertir al ingeniero de fiabilidad en un experto en gestión de activos, esto es un grave error. La organización requiere la operación confiable de los activos físicos para lograr los objetivos establecidos.

Desafortunadamente, en algunas organizaciones el Departamento de Mantenimiento se le asigna al encargado como único responsable la disponibilidad de los activos físicos, simplemente porque tiene a su cargo la función de ejecutar las tareas de prevenir, predecir y reparar las fallas de los equipos.

Para García (2013) “un plan de mantenimiento es una colección de todos los tipos de mantenimiento destinados a mantener una instalación, equipo o sistema” (p. 11). En este programa, encontrará todas las actividades necesarias para evitar o prevenir fallas mayores que puedan ocurrir en la instalación o el sistema.

Es muy importante comprender bien esas dos definiciones que “el programa de mantenimiento es un grupo de actividades de mantenimiento agrupados en gamas, que tienen por objetivo evitar o disminuir las fallas o averías en la instalación, equipo o sistema” (García, 2013, p. 12).

La planificación del mantenimiento se refiere al proceso por el cual se determinan, especifican y realizan todos los requerimientos que se utilizarán para llevar a cabo una tarea antes de iniciar el trabajo con el objetivo de facilitar la aplicación del mismo.

Las tendencias en la gestión de activos industriales, requiere de parte de las gerencias la implicación en los cambios y en nuevas estrategias de organización y es allí donde el personal responsable de mantenimiento y operación debe estar atento, en la adaptación a los cambios. (Amendola, 2006, p.33).

La confiabilidad se debe asegurar desde el diseño de los equipos, montaje, puesta en marcha, la operación y hasta el final que todo el equipo tenga el óptimo plan de mantenimiento de acuerdo con el balance tiempo, riesgo, costo, desempeño que corresponda a cada operación.

Según García (2006) la “gestión de activos basada en ingeniería de la confiabilidad representa la única vía efectiva que permite a las empresas enfrentar de forma eficiente los retos constantes a los cuales están sometidas las organizaciones de hoy” (p. 3). En forma general se incluyen confiabilidad de los procesos, confiabilidad de los equipos y confiabilidad de diseño; sobre los cuales se debe actuar si se quiere un mejoramiento continuo y de largo plazo.

Al final las empresas desarrollan planes de mantenimiento para garantizar el continuo servicio de sus sistemas, equipos y máquinas de tal manera de incrementar la confiabilidad y disponibilidad.

En las últimas décadas, el mantenimiento ha sido protagonista del éxito, en la medida que las empresas se hacen más sólidas y confiables, al

comprender que un mantenimiento mal planificado es responsable y limita los volúmenes de producción, afecta la calidad, deteriora el servicio al cliente, condiciona accidentes y daño al medio ambiente, origina costos indirectos que superan largamente el costo tradicional del mantenimiento planificado (Fuenmayor, 2017, párr. 3).

Durante las paradas de planta los Departamentos de Mantenimiento sienten mayor presión, en el sentido de que todos los ojos de la alta dirección de la empresa están sobre ellos.

Para Pinzón (2011) en la optimización de mantenimiento “se deben revisar las políticas de la gestión de repuestos. Si bien es cierto que el tener inventario genera un costo para la empresa, se debe analizar el costo de no tenerlo para algún equipo en particular” (p. 43).

Figura 1. Vista general del área en estudio



Fuente: [Fotografía de Alvaro Estuardo Ramirez Higueros]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

- Discusión de resultados de investigaciones previas

“Los cambios que conllevan la identificación de los problemas, diseño de soluciones e implementación de estas” (Universidad de León, 2014, p. 2). En las situaciones que merecen más atención o en las piezas críticas de la línea de producción, no solo es cambiar una pieza, sino entender porque está la falla.

La confiabilidad es una medida de probabilidad en la que un equipo trabaja bajo el propósito para el cual fue diseñado, y existen dos formas para medir la confiabilidad como el tiempo medio entre fallas (MTBF, por sus siglas en inglés) y el porcentaje de fallas. (Tavares, 1996, p. 10)

Para una correcta planificación de gestión de activos, la planificación de mantenimiento, se deben tener en cuenta las acciones, responsabilidades, recursos y escalas de tiempo para implementar la estrategia de gestión y entregar los objetivos de la gestión de activo.

Como lo explica Bedoya (2014) “garantizar una operación confiable y sostenible de los activos físicos, maximizar su rendimiento y optimizar los costos a lo largo de su ciclo de vida, mediante la implementación de las mejores prácticas de mantenimiento en la industria” (p. 8).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se describe el problema que tiene la planta de agregados de Escuintla, de la empresa Macizo S.A. en la cual, al no contar con un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, ocasiona que se tengan paros prolongados, no se cuente con un stock de repuestos críticos, así como tampoco con personal capacitado.

3.1. Descripción general del problema

Inexistencia de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea el Rodeo, Escuintla, Guatemala.

3.2. Definición del problema

La producción de agregados por constantes paros no programados por fallas mecánicas y eléctricas en la planta trituradora de Escuintla, generan insatisfacción en la empresa y además de abastecer a clientes externos también alimentan de materia prima a las plantas de producción de vibro compactados, afecta directamente en los resultados y en el aprovechamiento de la capacidad instalada del proceso de producción de prefabricados de concreto y baja rentabilidad por incrementos de costos de fabricación.

Se estima que la planta de trituración de la aldea el Rodeo, Escuintla posee una capacidad para producir 60 000 m³ mensuales de piedra, implementando turnos dobles en la producción.

El problema surge debido a la necesidad de aumentar la productividad de la planta de trituración, el poder producir mayor cantidad de agregados debido al incremento de las ventas, cuyo valor equivale a 100 000 m³ mensuales, el rendimiento de la planta se encuentra a tan solo un 75 % de su capacidad instalada.

No existe un sistema de mantenimiento preventivo establecido, lo que causa un aumento en los tiempos improductivos en la planta por fallas mecánicas y/o eléctricas, se afecta la productividad de la planta, eleva los costos de reparación y reduce el valor de la maquinaria.

El Departamento de Mantenimiento debe implementar nuevas estrategias adecuadas para los activos físicos que se encuentran en cada línea de producción, para evitar así las fallas frecuentes y los paros no programados. Es conveniente conocer el mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) y la gestión de activos (ISO 55000).

Las tareas de mantenimiento planificado son ejecutadas según el programa, pero existe una cierta deficiencia al no ser analizado y se habla de un mantenimiento correctivo.

El Departamento de Mantenimiento no tiene claras las rutinas de mantenimiento adecuado. Sin el seguimiento y análisis apropiado en los equipos de la empresa, la confiabilidad del equipo es muy baja y afecta directamente a la gestión de mantenimiento.

Es necesario crear nuevos parámetros de control y recopilar toda la información necesaria que se describe en las órdenes de trabajo.

3.3. Problemas específicos

Desconocimiento de cómo establecer el sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea El Rodeo, Escuintla, Guatemala.

Falta de información de cuáles son los principales factores para poder realizar el sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base en la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea El Rodeo, Escuintla, Guatemala.

3.4. Delimitación del problema

El estudio se pretende realizar en la planta de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. ubicada en la aldea El Rodeo, departamento de Escuintla, Guatemala por medio de observación y recolección de datos.

3.5. Pregunta principal de investigación

¿Qué se debe realizar para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea El Rodeo, Escuintla, Guatemala?

3.6. Preguntas complementarias de investigación

- ¿Cómo se debe establecer el sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea El Rodeo, Escuintla, Guatemala?
- ¿Cuáles son los principales factores para poder realizar el sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea El Rodeo, Escuintla, Guatemala?
- ¿Cuál es el costo-beneficio de establecer un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea El Rodeo, Escuintla, Guatemala?

4. JUSTIFICACIÓN

El mantenimiento es aquél que permite alcanzar una reducción de los costos totales y mejorar la efectividad de los equipos y sistemas. “Un sistema de gestión de mantenimiento preventivo es capaz de incrementar la productividad y optimizar la capacidad de los equipos en base a los lineamientos de la norma ISO 55000” (Forero, 2019, p. 4).

Forero (2019) indica:

Que todas las empresas en crecimiento están en búsqueda de métodos que les permitan incrementar su productividad en función de cumplir con la creciente demanda de productos que exigen los clientes y la manera de ser más rentable para utilizar de manera eficiente los recursos. (p. 6)

Por lo tanto, la importancia de la realización de la investigación se enfoca en suministrar una herramienta a la organización que permita cumplir con los procesos de mantenimiento a su debido tiempo para así garantizar la buena utilización de los tiempos asignados para realizar las tareas mecánicas necesarias por cada equipo.

Es importante para el continuo crecimiento de la empresa, por lo que el objetivo de la propuesta de investigación es cómo lograr reducir significativamente las fallas mecánicas y/o eléctricas y cómo involucrar al personal operativo en los programas de mantenimiento preventivo que se desean diseñar.

Además, es necesario tener claro, que no basta solo con tener las herramientas, también se debe contar con el recurso humano adecuado, que sea capaz de manejar de la mejor manera la operación.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Crear el sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea El Rodeo, Escuintla, Guatemala.

5.2. Específicos

- Establecer el sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea El Rodeo, Escuintla, Guatemala.
- Conocer cuáles son los principales factores para poder realizar el sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea El Rodeo, Escuintla, Guatemala.
- Determinar el costo-beneficio de haber establecido un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea El Rodeo, Escuintla, Guatemala.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Con el proyecto se pretende mediante un plan de mantenimiento preventivo mejorar la pronta puesta en marcha de los equipos, lo cual permitirá:

- Crear un análisis congruente para los activos físicos que están en la línea de producción del molino.
- Determinar los parámetros para optimizar los recursos de los activos físicos de la línea de producción del molino. Puede ser el mantenimiento, las estrategias, las fallas, paradas innecesarias, entre otros, para crear una confiabilidad alta en los equipos.
- Las tareas y rutinas de mantenimiento se harán con más frecuencia, con técnicas más adecuadas regidas por la gestión de activos físicos que estandarizan la ISO 55000.
- Los indicadores de mantenimiento se crearán respecto a todo el análisis de fallas, paros innecesarios, costos por mantenimiento, tiempos reales en resolución de tareas. Se recaudará información a partir de varias bitácoras y experiencia del mismo personal del Departamento de Mantenimiento y Producción.
- El problema radica en el poco análisis que existe en la gestión de mantenimiento de manera que, para dar una solución concreta, se debe de generar indicadores, hacer levantamientos de equipos con criticidad alta, conocer los objetivos principales del RCM.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Mantenimiento

Según García (2013) denomina al mantenimiento como el “conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento” (p. 3). Se busca restaurar un equipo a una condición en la cual cumpla la función que se le requiere o las que se desempeña hasta que se averió, en caso de que haya presentado alguna falla es necesario que se le brinde el respectivo mantenimiento para reparar la falla. Estas actividades abarcan la unión de las actividades administrativas y técnicas correspondientes.

Se conoce como mantenimiento a las actividades encomendadas a controlar las condiciones de alguna instalación, equipo o máquina de todo tipo, tanto las productivas como las de servicios, de acuerdo con la anterior definición se deducen distintas acciones que se consideran al realizar un mantenimiento.

- Evitar y reparar averías
- Evaluar la condición de las instalaciones
- Costos de mantenimiento

Para Díaz (1992) para aplicar el mantenimiento adecuadamente “se debe tomar como punto de partida las especificaciones técnicas y documentación suministrada por el fabricante; estas acciones sirven para determinar y documentar la condición o estado de los equipos, maquinaria o instalaciones al momento de evaluar” (p. 25).

7.2. Plan de mantenimiento

Un plan de mantenimiento es un conjunto de tareas preventivas que se deben realizar en él antes de que se produzca un fallo, y es precisamente para evitarlo. Además de identificar las tareas, también debe establecer la frecuencia de ejecución de cada tarea, la frecuencia se puede expresar en forma de un período de tiempo fijo, o según el tiempo de ejecución.

El plan de mantenimiento se refiere al proceso de determinar, especificar y ejecutar todos los elementos necesarios para realizar la tarea antes de comenzar a trabajar para facilitar su ejecución.

Un programa de mantenimiento es un conjunto de todo tipo de procedimientos destinados a la prevención de instalaciones, equipos o sistemas. En este programa, encontrará todas las actividades necesarias para evitar o prevenir fallas mayores que puedan ocurrir en la instalación o el sistema.

Es muy importante comprender bien que “el programa de mantenimiento es un grupo de actividades de mantenimiento agrupados en gamas, que tienen por objetivo evitar o disminuir las fallas o averías en la instalación, equipo o sistema” (García, 2013, p. 12).

7.3. Norma ISO 55000

Esta norma internacional provee los aspectos generales para la gestión de activos y sistemas de gestión de activos, es decir, sistemas de gestión para la gestión de activos. La adopción de esta norma internacional permite a la organización alcanzar sus objetivos a través de la gestión eficaz y eficiente de sus activos. La aplicación de un sistema de gestión de activos

proporciona el aseguramiento de que dichos objetivos se pueden alcanzar de manera consistente y sostenible con el paso del tiempo. (ISO, 2014, p. 6)

7.4. Beneficios de la gestión de activos

Para ISO (2014):

La gestión de activos permite a una organización obtener valor de los activos en el logro de sus objetivos organizacionales. Aquello que representa valor dependerá de dichos objetivos, la naturaleza y el propósito de la organización y las necesidades y expectativas de sus partes interesadas.

La gestión de activos apoya la obtención de valor mientras balancea los costos financieros, ambientales y sociales, el riesgo, la calidad del servicio y el desempeño relacionado con los activos. Los beneficios de la gestión de activos pueden incluir, pero no están limitados a los siguientes:

- Mejora del desempeño financiero: puede alcanzarse una mejora del retorno sobre la inversión y la reducción de costos, mientras se preserva el valor de los activos sin sacrificar el logro de los objetivos organizacionales de corto o largo plazo.
- Decisiones de inversión en activos basadas en información: permite a la organización mejorar la toma de decisiones y un eficaz balance de costos, riesgos, oportunidades y desempeño.

- Riesgo gestionado: la reducción de pérdidas financieras, la mejora de la salud y la seguridad, la imagen y la reputación, la minimización del impacto social y ambiental, pueden resultar en una reducción de las obligaciones tales como primas de seguro, multas y sanciones.
- Mejoras en resultados y servicios: asegurar el desempeño de los activos puede conducir a la mejora de servicios y resultados mejorados que consistentemente alcancen o superen las expectativas de los clientes y partes interesadas.
- Responsabilidad social demostrada: la mejora en la capacidad de la organización para, por ejemplo, reducir las emisiones, conservar los recursos y adaptarse al cambio climático le permite demostrar prácticas de negocio y administración éticas y socialmente responsables.
- Demostración de cumplimiento: ajustarse en forma transparente a los requisitos legales, estatutarios y regulatorios, así como apearse a procesos, políticas y normas de gestión de activos, que pueda permitir la demostración de cumplimiento.
- Mejora de la reputación: a partir de la mejora en la satisfacción del cliente, la conciencia y la confianza de las partes interesadas.
- Mejora de la sostenibilidad organizacional: la gestión eficaz de efectos de corto y largo plazo, los gastos y el desempeño, pueden mejorar la sostenibilidad de las operaciones y de la organización.

- Mejora de la eficiencia y la eficacia: la revisión y mejora de los procesos, los procedimientos y el desempeño de los activos puede mejorar la eficiencia y la eficacia y el logro de los objetivos organizacionales. (pp. 1-2)

7.5. Fundamentos

Según ISO (2014):

La gestión de activos se basa en un conjunto de fundamentos.

- Valor: los activos existen para proporcionar valor a la organización y a sus partes interesadas. El valor (que puede ser tangible o intangible, financiero o no financiero) será determinado por la organización y sus partes interesadas, de acuerdo con los objetivos organizacionales.
- Alineación: la gestión de activos traduce los objetivos organizacionales en decisiones, planes y actividades técnicas y financieras. Las decisiones de gestión de activos (técnicas, financieras y operacionales) permiten colectivamente el logro de los objetivos organizacionales.
- Liderazgo: el liderazgo y la cultura de trabajo del lugar son determinantes para la obtención de valor. El liderazgo y el compromiso de todos los niveles gerenciales es esencial para establecer, operar y mejorar exitosamente la gestión de activos dentro de la organización.

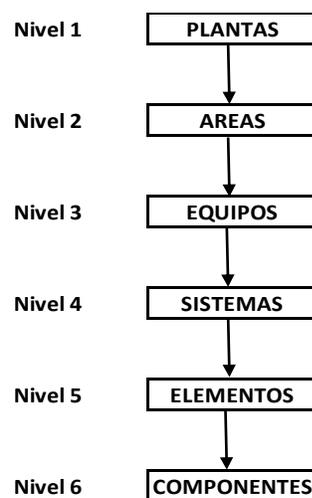
- Aseguramiento: la gestión de activos asegura que los activos cumplirán con su propósito. La necesidad de aseguramiento surge de la necesidad de gobernar eficazmente una organización. (pp. 3-4)

7.6. Lista de equipos

Según García (2013) el principal problema con el análisis de máquinas y / o equipos es que no se enumeran en una lista estructurada y ordenada. El desarrollo de un inventario detallado del equipo en la planta es más complicado de lo que se anticipó originalmente.

Si se desea hacer una lista de equipos útiles y prácticos, esta lista debe presentarse jerárquicamente, lo que señala la relación entre cada elemento. Para desarrollar la jerarquía en la fábrica, se puede distinguir los siguientes niveles.

Figura 2. **Jerarquía de la división de mantenimiento de una planta industrial**



Fuente: García (2013). *La contratación del mantenimiento industrial*.

7.7. Codificación de equipos

El mantenimiento es un conjunto de operaciones cuyo propósito es mantener o restaurar el equipo a un estado que satisfaga la función requerida o la función a realizar hasta que falle cuando falla.

7.8. Análisis de criticidad

Como lo describe Castañeda (2017) criticidad es una “técnica que permite ordenar y darle prioridad jerárquicamente a los ítems, con el objetivo de simplificar la toma de decisiones al momento de centrar los esfuerzos y recursos en donde sea más vital mejorar la confiabilidad y calidad operacional” (p. 19).

En una fábrica o instalación industrial, no todos los activos o equipos son igualmente importantes, como todos sabemos, algunos son más críticos e importantes que otros. Debido a que existe límite en los recursos de una empresa para sostener sus instalaciones o activos, se debe designar la mayor parte de recursos a los equipos con mayor importancia e incidencia en el proceso productivo, derivar menor cantidad de recursos a los equipos que tienen menor influencia en los resultados obtenidos por la empresa.

Al momento de diferenciar los equipos con mayor y menor influencia en los resultados se analiza la criticidad de los equipos. Existen dos opciones al momento de codificar:

- **Sistemas de codificación no significativos:** estos sistemas asignan un código o número a cada equipo, pero no proporcionan otra información extra al número.

- Sistemas de codificación significativos o inteligentes: en estos sistemas el código que se le asigna al equipo nos brinda información acerca del mismo.

Una vez elaborado el inventario de equipos, se toma en cuenta las referencias anteriores, ya se puede empezar a codificar los equipos y establecer los criterios que regirán la codificación existente en la planta. Debemos primero distinguir la importancia de los equipos o su criticidad según algunos niveles mencionados en la tabla I.

Tabla I. **Tipos de equipos**

Equipo	Descripción
Críticos	Son los equipos que al fallar o tener una parada en su funcionamiento tienen un efecto severo en los resultados obtenidos por la empresa.
Importantes	Estos equipos al presentar averías o un funcionamiento deficiente afectan a la empresa, pero sus efectos se pueden asumir.
Prescindibles	Vienen a ser los equipos con poca influencia en los resultados de la empresa. Como máximo, representarán un pequeño cambio o efecto de poca magnitud en el proceso, o un costo extra que se puede obviar o asumir.

Fuente: elaboración propia.

Como alternativa, algunas empresas optan por incorporar otra categoría extra: los equipos sumamente críticos.

Se debe tener en cuenta qué aspectos podemos usar para agrupar y distinguir todos y cada equipo en alguno de los niveles o categorías mencionadas anteriormente.

Para Castañeda (2017):

Debemos tener en cuenta la influencia que una avería tiene en los siguientes aspectos: producción, calidad, mantenimiento y seguridad.

- **Producción:** Cuando queremos valorar la influencia de un equipo sobre la producción, nos cuestionamos en qué medida la avería, falla o parada afecta en esta. Depende de cómo afecte en la producción, ya sea una parada total en el proceso productivo, una parada de sólo una zona de la producción o parada de algún equipo productivo, pero con pérdidas que se puedan asumir, procederemos a clasificar el equipo como A, B o C.
- **Calidad:** El equipo puede influenciar de sobremanera en la calidad del producto final, puede influir relativamente que no sea recurrente o puede no tener influencia en la calidad del producto.
- **Mantenimiento:** El equipo puede presentar averías caras y frecuentes; lo que lo hace un equipo crítico, o también puede ser un equipo con un mediano costo en lo que se refiere a mantenimiento; o, por último, un equipo con muy bajo costo, que normalmente no genere problemas.
- **Seguridad y medio ambiente:** una avería presentada en el equipo puede conllevar a un accidente grave o fatal, tanto para el ambiente como el operario o personas en contacto con el equipo; puede que la probabilidad de presentar averías con efectos o accidentes sea baja, o también puede que el equipo no tenga efecto o influencia alguna en lo que respecta a seguridad. (pp. 20-21)

Tabla II. **Tabla de valoración de criticidad de un equipo**

Análisis de criticidad				
Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	Puede originar accidente muy grave	Parada afecta el plan de producción	Es clave para la calidad del producto	Alto coste de reparación en caso de avería
	Necesita revisiones periódicas frecuentes		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos	Averías muy frecuentes
	Ha producido accidentes en el pasado		Consumo de una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y materiales)	
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales)	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al plan de producción)	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático	Coste medio en mantenimiento
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad	Poca Influencia en producción	No afecta a la calidad	Bajo coste de mantenimiento

Fuente: García (2013). *La contratación del mantenimiento industrial*.

Luego de haber identificado qué máquinas son críticas y cuales son importantes y prescindibles se tendrá que ver qué tipo de mantenimiento se le va a aplicar, ya sea preventivo, predictivo o correctivo.

7.9. Indicadores de mantenimiento

Hernández y Navarrete (2001) señala que un indicador “es un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas o percepción de los clientes en cuanto a costo- calidad y plazos” (p. 3).

Se debe definir y determinar cuáles son estos indicadores. Hay que ser meticulosos a la hora de elegir, porque corremos el riesgo de utilizar valores que no nos pueden proporcionar ningún dato o información útil como indicadores. Podemos correr el riesgo de obtener y procesar datos y obtener información diferente a la que necesitamos.

Algunos indicadores según Castañeda (2017), son los siguientes:

- Tiempo promedio para fallar o *Mean Time To Fail* (TPPF- MTTF): este indicador calcula el tiempo promedio que un equipo puede operar en su mejor capacidad o desempeño sin interrupción durante el período de trabajo que se le asigna. Este indicador constituye indirectamente la fiabilidad del equipo. También se le llama tiempo medio para fallar.

$$MTTF = \frac{\text{Horas operadas}}{\text{No.de fallas}} \quad (1)$$

- Tiempo promedio para reparar o *Mean Time To Repair* (TPPR- MTTR): Mida el tiempo necesario para reparar una falla del sistema o de una computadora. Este indicador calcula la eficiencia de restaurar el equipo al mejor estado operativo una vez que el equipo deja de funcionar debido a una falla en un período de tiempo determinado.

$$MTTR = \frac{\text{No.de horas de paro por avería}}{\text{No.de averías}} \quad (2)$$

Estos son indicadores de gestión de equipos los cuales nos indican el nivel de rendimiento o eficacia de las máquinas. (pp. 22-23)

7.9.1. Disponibilidad

Indica el tiempo en que un equipo, máquina, o sistema opera, este tiempo es menor al que se hace referencia idealmente.

$$D = \frac{TPPF - TPPR}{TPPF} \quad (3)$$

Donde TPPF es Tiempo Promedio para Reparar, y TPPF es Tiempo promedio para fallar.

7.9.2. Confiabilidad

Para Castañeda (2017) “es la posibilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado” (p. 23).

$$C_o = e^{-\lambda t} \quad (4)$$

Dónde λ es la tasa de fallas y se calcula ($\lambda = 1/MTBF$).

7.9.3. Mantenibilidad

Es la característica intrínseca que posee un elemento, relacionada a la capacidad que tiene de ser restaurado para sus funciones luego de que se le hayan aplicado las actividades de mantenimiento requeridas en cuanto a condiciones determinadas, con medios adecuados, la cual restaura nuevamente a la función para la cual fue diseñado. (Castañeda, 2017, pp. 23-24)

7.9.4. Costos del mantenimiento

El costo de mantenimiento Castañeda (2017) lo define como “el costo de las reparaciones que se le efectuará a la maquinaria a lo largo de su vida útil independientemente sea buena o no la gestión de mantenimiento que tengamos, siempre será un gasto que debemos tener en consideración” (p. 24).

Por esta razón, los costos siempre se mantienen lo más bajos posible y el propósito principal de la administración de costos es optimizar o reducir el uso de recursos y minimizar el tiempo de inactividad. Los costos de mantenimiento son necesarios para analizar los resultados obtenidos por la organización de mantenimiento y comparar la inversión con el desempeño de la empresa.

7.9.5. Disponibilidad operacional

Según Castañeda (2017) “es la posibilidad, de garantizar un servicio asignado en el tiempo” (p. 24). Se puede definir como el porcentaje de equipos o sistemas útiles en un periodo de tiempo o momento, depende de su función frente al stock total de equipos o sistemas.

Además, se requiere un análisis de tiempo de actividad, para tener en cuenta o no el mantenimiento preventivo o, mejor dicho, las paralizaciones ocasionadas por dicho preventivo. Se define la disponibilidad como la cantidad o porcentaje de equipos o sistemas disponibles en un momento determinado frente a la totalidad de equipos de la empresa.

Para Cárcel (2014):

El principal objetivo de un programa de mantenimiento es lograr la efectividad en la disponibilidad de los equipos de la planta. Para esto se necesita:

- Lograr el nivel de disponibilidad requerida en equipos e instalaciones.
- Lograrlo con el mínimo costo.
- Estimar las necesidades y capacidades técnicas que poseen los equipos y la instalación. Estos datos nos servirán para determinar las actividades y coordinaciones necesarias de operación
- Distinguir las causas o factores que no permiten que el sistema alcance los niveles de disponibilidad requeridos.
- Plantar actividades eficientes orientadas a lograr los niveles de disponibilidad que se deseen.
- Establecer y evaluar las técnicas y procedimientos destinados a restaurar los equipos a su condición óptima o inicial de funcionamiento.
- Llevar el control de la correcta aplicación de los procedimientos y técnicas, y en general, de todas las actividades de mantenimiento.
- Sugerir actividades para mejorar la disponibilidad continuamente y sus correspondientes causas.
- Constituir las actividades y las funciones del mantenimiento con las demás funciones intervinientes o que afectan en el ciclo vital del equipo o sistema, se estudia su esperanza de vida y la rentabilidad que se genera a través de éstas.
- Debido a que las actividades de mantenimiento tienen como fin lograr de forma eficiente incrementar los valores requeridos y

esperados de disponibilidad, es necesario entender la definición de disponibilidad, cómo se la plantea actualmente y los factores que inciden en ella.

- El conocimiento sobre la disponibilidad de equipos e instalaciones de la planta industrial resulta comúnmente, insuficiente, impreciso tomado en cuenta muy poco y los esfuerzos orientados a solucionar estos factores, tienen que desarrollar si se pretende es lograr aumentar la disponibilidad a bajo costo, que es el legítimo objetivo del mantenimiento industrial. (p. 82)

7.9.6. Maquinaria y equipo de trituración

Según Sandoval (2008):

Las trituradoras son máquinas utilizadas para reducir el tamaño de materiales que son útiles para diferentes procesos como, por ejemplo, en la industria de la construcción se utilizan para triturar grava de río el cual se convierte en uno de los componentes principales para elaborar hormigón, base para asfalto y construcción de viviendas.

Las máquinas trituradoras usualmente procesan grava de río, pero de igual manera se utilizan para otra clase de roca, por lo cual se requieren chequeos de mantenimiento frecuentes para evitar que la maquinaria se dañe o se deteriore más aceleradamente a causa de los movimientos bruscos y vibraciones que produce.

El mantenimiento preventivo en las máquinas de trituración es indispensable aplicarlo independientemente del material a triturar, debido a que el equipo constantemente se encuentra en movimientos vibratorios que son parte del proceso.

Las vibraciones constantes hacen que en el equipo se produzcan desajustes en algunos componentes principales y en piezas como tornillos; por lo que se necesitan ajustes frecuentes y lubricación en las partes principales del equipo. La aplicación correcta del mantenimiento preventivo permite que se obtengan productos de mejor calidad. (p. 11)

Las máquinas trituradoras son fabricadas con materiales resistentes al desgaste y a esfuerzos de impacto. Estos materiales de fabricación son aleaciones combinadas en hierro colado y tungsteno. Las hay generalmente en dos tipos: de mandíbulas o quijadas y de tipo cono.

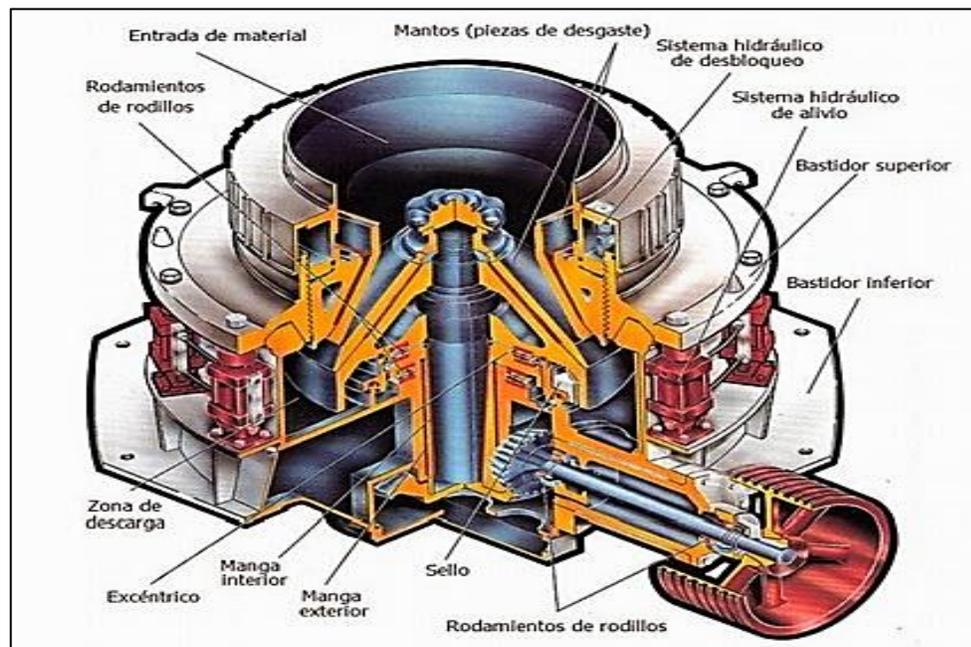
7.9.6.1. Trituradora de cono

Esta es utilizada como trituradora secundaria y es la que le da al material en trituración la granulometría final deseada. Este tipo de trituradora utiliza cojinetes de rodillo antifricción que transfiere eficientemente potencia a la cámara de trituración y dan un movimiento agresivo del manto para máxima producción. Los depósitos de aceite son autónomos, con menos espacio y se tiene una instalación más rápida. (Sandoval, 2008, p. 15)

El material ingresa al área de trituración, un sistema de ensambles en forma de cono con movimiento excéntrico se encarga de triturar el material a las dimensiones deseadas. Dentro de algunos factores críticos para la apropiada operación de la trituradora están:

- Mantener una alimentación de material uniforme.
- No permitir un exceso de humedad en el material de alimentación. No exceder del tamaño permitido de material de alimentación.
- Asegurarse de que todo el equipo de soporte esté en perfectas condiciones de funcionamiento. Esto incluye: bandas transportadoras, motores eléctricos, fajas, entre otros.

Figura 3. Partes de un molino de trituración



Fuente. Eloranta. (2008). *Manual de Trituración y Cribado*.

7.9.7. Procesos productivos

Para Sandoval (2008) los procesos productivos “son la secuencia de actividades requeridas para elaborar un producto (bienes o servicios). Generalmente existen varias maneras para producir un producto, ya sea este un

bien o un servicio” (p. 18). Pero la selección cuidadosa de cada uno de sus pasos y la secuencia de ellos ayudarán a lograr los principales objetivos de producción como lo son:

- Eficiencia
- Calidad
- Confiabilidad
- Flexibilidad

7.9.8. Descripción del proceso

Para Sandoval (2008):

Los procesos se pueden clasificar según el tipo de flujo del producto:

- En línea
- Intermitente
- Por proyecto

La selección de cada una de estas clasificaciones es estratégica para la empresa, debido a que unas elevan los costos, otras pueden mejorar la calidad, otras mejoran el servicio al cliente y otras permiten atender cambios rápidos de productos. (p. 19)

7.9.8.1. Proceso lineal o por producto

Se caracteriza porque se diseña para producir un determinado bien o servicio mediante una secuencia de operaciones lineal, el tipo de la

maquinaria, así como la cantidad de la misma y su distribución se realiza con base a un producto definido. (Sandoval, 2008, p.19)

Este tipo de proceso requiere que el producto esté bien estandarizado y que fluya de una operación a otra de acuerdo con una secuencia previamente establecida, debiendo tener el cuidado que ninguna tarea atrase a las siguientes.

7.9.8.2. Proceso intermitente

Para Sandoval (2008) el proceso intermitente “se caracteriza por la producción por lotes a intervalos intermitentes. Se organizan en centros de trabajo en los que se agrupan las máquinas similares y los trabajadores respectivos” (p. 20). Un producto fluirá hacia los departamentos o centros que necesite y no utilizará los otros.

En el proceso intermitente las operaciones son ineficientes y de poco control debido al flujo desordenado y variedad de productos, pero resulta recomendable su aplicación cuando el volumen del producto es bajo o cuando se trata de un nuevo producto cuyo volumen de mercado es bajo al inicio.

7.9.8.3. Proceso por proyecto

“Se utiliza para producir productos únicos, tales como: una casa, una lancha, una película” (Sandoval, 2008, p. 20). En este caso todo se realiza en un lugar específico y no se puede hablar de un flujo del producto, sino que de una secuencia de actividades a realizar para lograr avanzar en la construcción del proyecto sin tener contratiempos y buena calidad. Este tipo de proyectos se caracterizan por la dificultad para planearlos, controlarlos y los altos costos que representan.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO
 - 1.1. Mantenimiento
 - 1.2. Planes de mantenimien
 - 1.3. Norma ISO 55000
 - 1.4. Beneficios de la gestión de activos
 - 1.5. Fundamentos
 - 1.6. Lista de equipos
 - 1.7. Codificación de equipos
 - 1.8. Análisis de criticidad
 - 1.9. Indicadores de mantenimiento
 - 1.9.1. Disponibilidad
 - 1.9.2. Confiabilidad
 - 1.9.3. Mantenibilidad
 - 1.9.4. Costos de mantenimiento

- 1.9.5. Disponibilidad operacional
- 1.9.6. Maquinaria y equipo de trituración
 - 1.9.6.1. Descripción
 - 1.9.6.2. Trituradora de cono
- 1.9.7. Procesos productivos
- 1.9.8. Descripción del proceso
 - 1.9.8.1. Proceso lineal o por producto
 - 1.9.8.2. Proceso intermitente
 - 1.9.8.3. Proceso por proyecto

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

9. METODOLOGÍA

En esta sección se detallan los procedimientos a seguir con la finalidad de lograr cumplir los objetivos planteados de forma válida y precisa, se abordan el tipo, diseño y enfoque de la investigación o propuesta, se definen las variables y su operacionalización, se delimita la población en estudio, muestreo, hipótesis, las técnicas de recolección de datos, instrumentos, procesamiento y análisis de datos, límites de la investigación, obstáculos, descripción de aspectos éticos de la investigación, autonomía y categoría de riesgo.

9.1. Tipo de la investigación o propuesta

La presente investigación de gestión en mantenimiento es de nivel descriptivo en la primera etapa se describe el problema que causa las horas inoperativas en la maquinaria, en segundo lugar es explicativa porque mediante métodos teóricos explica la causa de inoperatividad en las máquinas de la línea de producción del molino de trituración de piedra, correlacional porque encuentra la relación existente entre las variables dependientes e independientes y evolutiva porque propone una gestión de mantenimiento integral que ayuda a reducir las horas por inoperatividad de maquinaria de la línea de producción del molino de piedra.

9.2. Diseño de la investigación o propuesta

Por lo tanto, se reunirá la información mediante entrevistas y bitácoras de los técnicos de mantenimiento y operadores de producción, con el fin de

determinar las condiciones en las que se encuentra la gestión de mantenimiento de la línea del molino de trituración de piedra.

9.3. Enfoque de la investigación o propuesta

El presente trabajo será diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, ya que es el que más se adapta a las características de la investigación. El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos, de forma sistemática y confiable, los datos servirán para conocer y contestar las preguntas de investigación.

El enfoque está basado en generar la gestión de mantenimiento de la línea del molino de trituración con el fin de aumentar su confiabilidad. También se aplicará métodos de medición (indicadores de mantenimiento) para el seguimiento y avance de los resultados.

9.4. Variables

Las variables que se estudiarán durante el proceso son: tiempo de paro de equipo, tiempo de reparaciones, cantidad de paros mensuales, disponibilidad de la línea y el costo-beneficio, con el fin de obtener resultados para el análisis de la investigación.

9.4.1. Operacionalización de variables

En la tabla II se describen las preguntas que se relacionan directamente con la variable.

Tabla III. **Operacionalización de variables**

Operacionalización de variables		
Problema	¿Cómo diseñar un programa de mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar la continuidad de la línea de producción del molino de trituración	
	Independiente	Dependiente
Variables	Programa de mantenimiento basado en la confiabilidad	Disponibilidad
Definición Conceptual	Programa basado en la metodología RCM, que determina los requerimientos de mantenimiento de la línea de producción de molino de trituración en base a las funciones del sistema, sus fallas y causas, para luego determinar las estrategias más adecuadas al contexto de operación	Porcentaje de tiempo durante el cual la línea estuvo en condiciones de operar
Definición Operacional	Variable que expresa el uso y control de las actividades de mantenimiento.	Variable que expresa el proceso de medición de la disponibilidad de la línea de producción del molino
Hipótesis	Si se implementa un programa de mantenimiento basado en la confiabilidad en el sistema; entonces se podrá mejorar la disponibilidad de la línea de la producción del molino de trituración	

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Operacionalización de la variable independiente**

Variable Independiente	Programa de Mantenimiento basado en la confiabilidad	
Dimensiones	Indicadores	Actividades de investigación o tratamiento
Identificación de componentes de la línea del molino	No. De componentes de la línea del molino	Determinar los componentes de la línea del molino, su estado y su función
Identificación de componentes críticos	No. De puntos críticos	Establecer procedimientos para determinar con precisión errores del sistema
Aplicación de técnicas de mantenimiento	Mantenimiento preventivo	Tomar acciones para detectar fallas, defectos y corregir causas de desgaste
Chequeo en sitio y en operación	Procedimiento de Verificación	Formulación de procedimiento para la verificación y costo del mantenimiento. Selección tareas de mantenimiento en sitio y en operación

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Operacionalización de la variable dependiente**

Variable Independiente		Disponibilidad
Dimensiones	Indicadores	Instrumento o ítems
Tiempo en que el sistema funciona bien	Hora de buen funcionamiento	Horómetros
Tiempo en que el sistema debe funcionar	Hora de entrega que el equipo debe funcionar	Horómetros

Fuente: elaboración propia.

9.5. Universo y población de estudio

La población de estudio serán los técnicos de mantenimiento y personal de producción de la planta trituradora de piedra que se ubica en el departamento de Escuintla, aldea el Rodeo, los cuales se estiman que aproximadamente son 15 personas.

9.6. Criterios de inclusión

Personal de planta, operadores, mecánicos y jefe de planta, que aceptaron aportar información voluntaria y conocimiento obtenido empíricamente para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

9.6.1. Criterios de exclusión

Personal indirecto, tales como pilotos de camiones, excavadoras y cargadores frontales, que por alguna razón podrían o no aportar información para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

9.6.2. Muestreo

El personal operativo de la planta de trituración de piedra ubicada en la aldea el Rodeo, Escuintla, Guatemala, es relativamente pequeña es por ello, que se tomarán en cuenta la totalidad de los mismos, para la realización del presente trabajo de investigación.

Se tomó un error de 1 % y una confianza de 95 % y un porcentaje del personal operativo, con ello se plantea que accedan a colaborar con el estudio en un 90 %, lo que indica que un 10 % no quiso colaborar o no estuvo presente.

Fórmula de muestreo:

$$n = \frac{k^2 * pq * N}{(e^2 * (N - 1) + k^2 * p * q)} \quad (5)$$

Donde:

- n: tamaño muestra a determinar
- p: variabilidad positiva = (0.90)
- q: variabilidad negativa = (0.10)
- N: tamaño de la población = (15)
- e: es el error muestral que se considera = (0.01)
- k: constante de nivel de confianza que indica la probabilidad de que los resultados del estudio sean ciertos o no.

Los valores de k que más se utilizan y sus respectivos niveles de confianza son:

Tabla VI. **Valores k y niveles de confianza**

TABLA DE APOYO AL CÁLCULO DEL TAMAÑO DE UNA MUESTRA									
POR NIVELES DE CONFIANZA									
Certeza	95 %	94 %	93 %	92 %	91 %	90 %	80 %	62.27 %	50 %
Z	1.96	1.88	1.81	1.75	1.69	1.65	1.28	1	0.675
Z²	3.84	3.53	3.28	3.06	2.86	2.72	1.64	1	0.45
E	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.2	0.37	0.5
e²	0.003	0.004	0.005	0.006	0.008	0.01	0.04	0.1369	0.25

Fuente: Hernández. (1999). *así es SAP R/3*.

$$N = \frac{(1.96)^2 (0.90) (0.10) (15)}{(0.012) (15 - 1) + \{(1.96)^2 (0.10) (0.90)\}}$$

Resultado = 14.94

La muestra fue la siguiente:

- Población de personal operativo: 15
- Muestra de personal operativo: 15
- Mínimo de personal operativo aceptado: 14
- Producción de agregados: promedio
- Muestra de producción de agregados: promedio
- Mínimo de producción aceptada: promedio

9.7. Hipótesis

- HO: la gestión de mantenimiento preventivo no se relaciona con la confiabilidad en la línea de producción del molino de la planta de trituración

de piedra de la empresa Macizo S.A. ubicada en la aldea El Rodeo, Escuintla, Guatemala.

- HI: la gestión de mantenimiento preventivo se relaciona con la confiabilidad en la línea de producción del molino de la planta de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. ubicada en la aldea El Rodeo, Escuintla, Guatemala.

9.8. Métodos de recolección de datos

Se realiza muestreo estadístico, entrevistas al personal operativo, encuestas y cuestionarios, revisión de documentos y observaciones dentro de la planta.

9.9. Instrumentos de recolección de datos

Se realizarán las siguientes fases en el trabajo para obtener un resultado exitoso.

- Recolección de datos: se utilizarán instrumentos y métodos como bitácoras, encuestas, entrevistas, investigación en la red de internet (computadora personal), indicadores de producción y mantenimiento.
- Revisión documental: se investigará el significado y aplicación del mantenimiento basado en la confiabilidad y la gestión de activos físicos ISO 55000.
- Trabajo de campo: la investigación se desarrollará en la recolección de datos. Se iniciará con la experiencia de los técnicos en mantenimiento y

operadores del proceso. Para seguir con la revisión de la línea del molino, así como reportes que se tengan de trabajos realizados anteriormente.

- Diseño de formato para indicadores: se realizará un formato con base en los resultados obtenidos, para diseñar indicadores que se puedan analizar y encontrar detalles más profundos para ayudar a la gestión de mantenimiento.

9.10. Procesamiento y análisis de datos

Se elaboró un consentimiento informado para todos los participantes, el cual firmaron para poder realizar el cuestionario, se procedió a realizar los cuestionarios a técnicos y operadores.

Al tener todas las encuestas se procedió a tabular datos y presentar resultados con tablas y gráficas que permitan una mejor comparación entre grupos correlacionados en el estudio, así como su comparación con la literatura existente.

9.11. Límites de la investigación

Entre los cuales se puede mencionar el tamaño de la muestra que pueda ser pequeño y no dar un resultado significativo, el método de recolección de datos y los análisis de discusión.

9.12. Obstáculos (riesgos y dificultades)

- Escasa colaboración del personal operativo.

- Limitaciones de tiempo debido a las actividades laborales del personal operativo.
- Difícil acceso a causa de la crisis mundial COVID-19.

9.13. Aspectos éticos de la investigación

Se maximizaron los efectos benéficos al obtener los datos mediante técnicas observacionales, evitar así comprometer la integridad de los participantes y con ello se obtuvo la mayor información, suficiente que nos permitió realizar un análisis completo, según los objetivos trazados.

El uso de los datos brindados por los participantes fue exclusivamente para la realización de esta investigación; no se proporcionó a personas ajenas a la misma ya que, ante todo, se pretendió la privacidad de los involucrados.

Tampoco se utilizó dicha información para su comercialización o para emprender acciones legales o civiles. No se solicitó datos personales que resulten irrelevantes para las metas trazadas en el presente trabajo de investigación.

9.14. Autonomía

Para la realización de la presente investigación fueron tomadas en cuenta aquellas personas con las características descritas en los criterios de inclusión y que, además, se encuentren plenamente de acuerdo en participar de la misma.

Para asegurar lo anterior, se realizó para cada una de ellas un consentimiento informado que, de forma clara y sencilla, explica el propósito y los beneficios de su realización y la razón por la cual se le ha tomado en cuenta; se

indicó a los participantes que tienen derecho a no formar parte del estudio o a retirarse del mismo en cualquier momento.

Se les hizo saber que la información proporcionada es confidencial y su acceso es exclusivamente para los miembros del equipo. Finalmente, se explicó que las encuestas son anónimas y que no son necesarios datos personales como nombre, dirección y teléfono.

Se aceptan las diferentes opiniones y respuestas proporcionadas por los participantes, evitar a toda costa juzgarles y tomar siempre en cuenta los factores socioeconómicos y culturales propios de cada departamento y municipio, ya que dichos aspectos influyen de forma significativa en la manera de pensar de los individuos.

9.15. Riesgo de la investigación

Dado que la recolección de datos para el presente trabajo de investigación se llevó a cabo mediante la realización de encuestas.

9.15.1. Nivel 1 (sin riesgo)

Comprende los estudios que utilizan técnicas observacionales, con las que no se realiza ninguna intervención o modificación intervencional con las variables fisiológicas, psicológicas o sociales de las personas que participan de dicho estudio, por ejemplo, encuestas, cuestionarios, entrevistas, revisión de expedientes clínicos y otros documentos, que no invadan la intimidad de la persona.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

En esta investigación se llevó a cabo la técnica de investigación de campo, en el cual se realizó la recolección de datos, por medio de entrevistas y encuestas a los operarios del área de producción y mantenimiento, para luego realizar los cálculos estadísticos, que consistió en la realización de cuadros, que presentan los datos obtenidos tabulados, mediante la encuesta y datos sobresalientes de las entrevistas.

Por parte administrativa, se analizará los datos recolectados en bitácoras, hojas electrónicas, fichas técnicas y manuales.

Las técnicas de análisis en su mayoría se utilizarán en la fase de preparación del proyecto y el diseño de la propuesta, a continuación, se detallan algunas de ellas:

- Entrevistas: permite desarrollar una charla con una o más personas con el objetivo de hablar sobre ciertos temas con un fin determinado.
- Métodos deductivos: en este método se desciende de lo general a lo particular, de forma que partiendo de enunciados de carácter universal y utilizando instrumentos científicos, se infieren enunciados particulares.
- Análisis FODA: es una herramienta analítica que le permitirá trabajar con toda la información que posea sobre su negocio, útil para examinar sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

- Índices financieros: es una relación entre cifras extractadas de los estados financieros y otros informes contables de una empresa con el propósito de reflejar en forma objetiva el comportamiento de la misma.
- Presupuesto: se le llama presupuesto al cálculo y negociación anticipado de los ingresos y gastos de una actividad económica durante un periodo de tiempo.
- Análisis de costos: el análisis de costo determina la calidad y cantidad de recursos necesarios, además el análisis de costo no sólo ayuda a determinar el costo del proyecto y su mantenimiento, sino que también sirve para determinar si vale o no la pena llevarlo a cabo.
- Análisis de puestos: implica el estudio sistemático de una ocupación en términos de lo que hace el trabajador en la relación referente a fecha, a la gente, y a cosas; los métodos y las técnicas empleados, las máquinas, las herramientas, el equipo, y las ayudas del trabajo utilizadas; los materiales, entre otros.
- Gráficos comparativos: es una herramienta que permite la comparación de un conjunto de datos para su análisis.
- Estadística descriptiva: la estadística descriptiva es una gran parte de la estadística que se dedica a recolectar, ordenar, analizar y representar un conjunto de datos, con el fin de describir apropiadamente las características de este.

11. CRONOGRAMA

Tabla VII. Cronograma de actividades

No.	Descripción de Actividades	MES 1			MES 2			MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Fase 1. Evaluar la productividad. Revisión de datos históricos																							
2	Realización de Ishikawa, medición de tiempos improductivos																							
3	Medición de tiempos de máquina																							
4	Medición de tiempos y mov.																							
5	Fase 2: Describir los factores de mantenimiento y su impacto en la productividad																							
6	Entrevista y recolección de la información a operarios																							
7	Entrevista y recolección de la información a mecanicos																							
8	Fase 3: Establecer indicadores de medición y cumplimiento de la productividad																							
9	Coordinar la reunión de jefes de área																							
10	Análisis de productividad de empresas similares																							
11	Generación de indicadores																							
12	Fase 4: Establecer programa de capacitaciones a personal operativo																							
13	Revisión de documentación																							
14	Realizar un análisis del personal operativo																							
15	Tabulación de la información generado																							
16	Conclusiones																							
17	Fase 5: análisis financiero																							
18	Revisión de datos financieros																							
19	Revisión de gastos de mantenimiento																							
20	Análisis de financiero con la implantación																							
21	Tabulación de la información generada																							
22	Conclusión de la información																							

Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La idea de la propuesta de investigación es el establecer un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, por lo que se requiere realizar inversión en capacitaciones, stock de repuestos y tiempo.

- Humanos: se estima que el personal disponible necesita capacitación para poder ejecutar adecuadamente las funciones que desempeñan. Se estiman gastos de capacitación en Q. 5,000.00
- Financieros: se espera una inversión de Q. 200,000 en repuestos críticos como parte de la gestión de mantenimiento preventivo, este flujo retorna con la mejora de disponibilidad y crecimiento de la producción.
- Tecnológicos: la implementación de su sistema de un software de mantenimiento preventivo para agilizar la información y crear una base de datos sólida.
- Ambiental: como parte del estudio se realizará una evaluación del proceso productivo y como realizar la eliminación de lubricantes y desechos de desperdicios de limpieza.
- Impacto social: la trituradora tiene acceso por medio de la aldea El Rodeo, por lo cual se trabaja junto con el COCODE para gestionar aspectos de ruidos y reparación de carreteras cada cierto tiempo, así como mejoramiento de drenajes.

El presente trabajo de investigación se realizará con recursos propios del estudiante de maestría. Siendo la investigación descriptiva, se tendrán en cuenta los siguientes recursos:

Tabla VIII. **Costos del estudio**

	Materiales	Presupuesto
Humano	Investigador (24 semanas x 2 días semana)	Q. 16 800.00
	Asesor	Q. 3 500.00
	Oficina	0.00
Materiales	1 computadora personal	Q. 12 500.00
	Cámara Fotográfica	Q. 1 500.00
	1 impresora Canon MG 2400	Q. 1 150.00
	Sistema de inyección de tinta	Q. 150.00
	Alimentación	Q. 3 000.00
	Transporte	Q. 3 000.00
	Servicios de telefonía móvil e internet	Q. 10 000.00
	Gastos imprevistos 10 %	Q. 5 800.00
Financieros	Financiada por integrantes del grupo de investigación	
TOTAL		Q. 57 400.00

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

1. ACIEM. (s.f.). *Guía de los Fundamentos de Mantenimiento y Confiabilidad*. Colombia: Autor. Recuperado de https://www.capacitacion.aciem.org/Certificacion/Guia_Fundamentos.pdf
2. Amendola, L. (2005). *Dirección y Gestión de Paradas de Planta*. España: Ediciones Espuela de Plata
3. Amendola, L. (2006) *Estrategias y Tácticas en la Dirección y Gestión de Proyectos*. España: Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de <https://www.pmmlearning.com/wp-content/uploads/2020/07/volumen1.pdf>
4. Amendola, L. (2006). *Gestión de Proyectos de Activos Industriales*. Valencia, España: Editorial de la UPV. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=286886>
5. Amendola, L. (noviembre, 2012). Análisis de GAP en la Gestión de Activos Físicos para lograr la Sustentabilidad. *Global Asset Management*, (1), 1-15. Recuperado de <http://www.mantenimientomundial.com/notas/AssessmentPAS55.pdf>

6. Amendola, L. y Depool, T. (2006). *Mitigar los riesgos en la gestión de paradas de planta*. España: Asociación Española de Mantenimiento (AEM). Recuperado de <http://www.mantenimientomundial.com/notas/EDP.pdf>
7. Bedoya, C. (septiembre, 2014). ISO 55000 Gestión de activos. Una mirada hacia el futuro desde el área de mantenimiento. *XXXI Congreso Técnico, FICEM*. Congreso llevado a cabo en Santo Domingo, República Dominicana. Recuperado de <https://doczz.net/doc/1078732/presentaci%C3%B3n-de-powerpoint>
8. Cárcel, F. (diciembre, 2014). Mantenimiento Industrial Basado en la Gestión del Conocimiento. *Ingeniería del Mantenimiento en Canarias*, 8(1), 80-85. Recuperado de https://issuu.com/revista-tbn/docs/tbn_8_web/56
9. Castañeda, L. (2017). *Plan de mantenimiento preventivo basado en la Norma ISO 55000 para mejorar la disponibilidad de las máquinas y equipos de la empresa metalmecánica MAZ Ingenieros Contratistas S.A.C.* (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo, Perú. Recuperado de https://www.academia.edu/41062304/FACULTAD_DE_INGENIERIA
10. Díaz, A. (1992). *Confiabilidad en mantenimiento*. Venezuela: IESA.
11. Duffuaa, S. (2000). *Sistemas de mantenimiento, planeación y control*. México: LIMUSA WILEY.

12. Eloranta, J. (2008). *Manual de Trituración y Cribado*. Finlandia: METSO. Recuperado de https://www.academia.edu/26051679/Manual_de_Trituraci%C3%B3n_y_Cribado
13. Forero, L. (2019). ISO 55000 Gestión de activos, una visión general. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://predictiva21.com/iso-55000-gestion-de-activos-una-vision-general/>
14. Franco, Y. (3 de junio de 2011). Marco Metodológico. Definición. [Mensaje de blog]. Recuperado de <http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/06/marco-metodologico-definicion.html>
15. Fuenmayor, E. (abril, 2017). Calculando la Frecuencia Óptima de Mantenimiento o Reemplazo Preventivo. *Revista Predictiva*, 21(23), 8-16. Recuperado de <https://predictiva21.com/calculando-frecuencia-optima-inspeccion/?fbclid=IwAR39TLqKi0Os-z6TF0dHtLtEjGX8IgbVpAzuj3ZyOlz2IVw6RDdbH2bOhiLk>
16. García, O. (2006). *Gestión Moderna del Mantenimiento, Principios fundamentales*. Colombia: Ediciones de la U. Recuperado de http://biblioteca.unach.edu.ec/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=8709#.YSwRXY70mUk
17. García, S. (2013). *La contratación del mantenimiento industrial*. España: Díaz De Santos. Recuperado de <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479789626.pdf>

18. Garrido, S. (2012). Ingeniería de mantenimiento. Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial. Madrid: RENOVETEC. Recuperado de <http://www.renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf>
19. Hernández, E. y Navarrete, E. (septiembre, 2001). Sistema de cálculo de indicadores para el mantenimiento. *Centro de Estudio Innovación y Mantenimiento*, 6(1), 1-9. Recuperado de <http://www.mantenimientomundial.com/notas/6calculo.pdf>
20. Hernández, J. (1999). *Así es SAP R/3*. Barcelona: McGraw-Hill.
21. Integra Markets. (2017). *Gestión y planificación del mantenimiento industrial*. Lima, Perú: Autor. Recuperado de <https://es.slideshare.net/gafpe/gestion-y-planificacion-del-mantenimiento-industrial>
22. Organización Internacional de Normalización (2014). *ISO 55000 Gestión de activos - Aspectos generales, principios y terminología*. Ginebra: Autor. Recuperado de https://www.armada.mil.co/sites/default/files/normograma_arc/mantenimiento1/ISO%2055000%20DE%202014.pdf
23. Martínez, F. (febrero, 2017). Mantenimiento Centrado en Fiabilidad: Análisis de mejoras en el mantenimiento y explotación de un sistema industrial. *Revista predictiva* 21, 27(1), 20-25. Recuperado de <https://predictiva21.com/analisis-mejoras-mantenimiento-explotacion-sistema-industrial/>

24. Pérez, C. (s.f.). Los Indicadores de Gestión. Artículo, Una Guía para su definición. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/los-indicadores-de-gestion>
25. Pinzón, A. (2011). *Diseño de un plan de gestión para el mantenimiento centrado en confiabilidad para el centro de generación eléctrica a base de gas de la empresa Copower LTDA* (Tesis de especialización). Universidad Industrial de Santander, Colombia. Recuperado de <https://docplayer.es/13860358-Alexander-pinzon-avila.html>
26. Sandoval, U. (2008). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo de la Planta Trituradora de Grava de Río y sus Derivados "Vado Hondo", Santa Catarina Mita, Jutiapa*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0481_MI.pdf
27. Sotuyo, S. (2001). *Optimización Integral de Mantenimiento*. Chile: Ellmann, Sueiro y Asociados. Recuperado de <https://docplayer.es/10229635-Oim-optimizacion-integral-de-mantenimiento-ing-santiago-sotuyo-blanco-ellmann-sueiro-y-asociados.html>
28. Tavares, L. (1996). *Administración Moderna de Mantenimiento*. Brasil: Novo Polo Publicações.

29. Trujillo, G. (marzo, 2016). El mantenimiento y la confiabilidad con miras al futuro. *Con Mantenimiento Productivo*, 17(97), 1-6. Recuperado de <https://conmantenimiento.com.mx/wp-content/uploads/2020/10/Con-Mantenimiento-97.pdf>

30. Universidad de León. (2014). *Toma de decisiones y solución de problemas*. España: Autor. Recuperado de <https://servicios.unileon.es/formacion-pdi/files/2013/03/TOMA-DE-DECISIONES-2014.pdf>

31. Vásquez, E. (2011). *Metodología para auditar la Gestión de Mantenimiento de PDVSA. Caso: Refinería San Roque*. España: Editorial Académica Española

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de consistencia

Sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea el Rodeo, Escuintla, Guatemala

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	PREGUNTA GENERAL	
Inexistencia de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea el Rodeo, Escuintla, Guatemala.	Crear el sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea el Rodeo, Escuintla, Guatemala.	¿Qué se debe realizar para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea el Rodeo, Escuintla, Guatemala?	<p>Tipo de Investigación Por el tipo de investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación básica.</p> <p>Nivel de la Investigación De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel las características de un estudio descriptivo.</p> <p>Método de la Investigación Durante el proceso de investigación para demostrar y comprobar la hipótesis se aplicarán los métodos que a continuación se indican:</p>

Continuación del apéndice 1.

PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PREGUNTAS ESPECÍFICAS	
Desconocimiento de cómo establecer el sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea el Rodeo, Escuintla, Guatemala	Establecer el sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea el Rodeo, Escuintla, Guatemala	¿Cómo se debe establecer el sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea el Rodeo, Escuintla, Guatemala?	<p>Histórico. - A través de este método se conocerá la evolución histórica que ha experimentado el problema de investigación .</p> <p>Comparativo. -. A través de este método, se hará una comparación entre los periodos planteados.</p> <p>Diseño de la Investigación: No Experimental</p>
Falta de información de cuáles son los principales factores para poder realizar el sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea el Rodeo, Escuintla, Guatemala	Conocer cuáles son los principales factores para poder realizar el sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea el Rodeo, Escuintla, Guatemala.	¿Cuáles son los principales factores para poder realizar el sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea el Rodeo, Escuintla, Guatemala?	

Continuación del apéndice 1.

<p>No se ha determinado el costo-beneficio de haber establecido un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea el Rodeo, Escuintla, Guatemala.</p>	<p>Determinar el costo-beneficio de haber establecido un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea el Rodeo, Escuintla, Guatemala.</p>	<p>¿Cuál es el costo-beneficio de establecer un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, con base a la norma ISO 55000 para la continuidad de la línea de producción, aplicado al molino de trituración de piedra de la empresa Macizo S.A. en la aldea el Rodeo, Escuintla, Guatemala?</p>
---	---	--

Fuente: elaboración propia.

