

**Diagnóstico de un Plan de Mantenimiento Preventivo para un Molino MRV 200 en la  
Compañía Colombiana de Cerámica Colcerámica S.A.S. CORONA**

Melissa Puentes Elorza, Didier Alexander Reyes Ayala, Enio José Rivas González

Dirección de Posgrados, Universidad ECCI, Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Msc. Fred Geovanny Murillo Rondón

Bogotá 2021

**Diagnóstico de un Plan de Mantenimiento Preventivo para un Molino MRV 200 en la  
Compañía Colombiana de Cerámica Colcerámica S.A.S. CORONA**

Melissa Puentes Elorza – 10 00 59

Didier Alexander Reyes Ayala – 99 811

Enio José Rivas González – 10 03 03

Dirección de Posgrados, Universidad ECCI, Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Msc. Fred Geovanny Murillo Rondón

Bogotá 2021

## Dedicatoria

El apoyo incondicional de nuestras familias fue un factor clave para no bajar la guardia en este proyecto y siempre querer dar más. Gracias a Dios por brindarnos salud, paciencia y fuerza en todo este camino. A nuestros compañeros de tesis, que a pesar de cada obstáculo y complicación que encontramos en el camino, logramos obtener un logro más en nuestra carrera profesional.

## Agradecimientos

A la Universidad por el apoyo como institución en este proceso de formación como personas e ingenieros éticos. A cada docente, que dedica su tiempo a formar personas honestas y dedicadas, ya que, con su ejemplo y guía, inspiran a muchos.

A nuestras familias, que son nuestro motor, por ser tan incondicionales y darnos fuerza todos los días en este camino.

A todas y cada una de las personas que aportaron a nuestro crecimiento, muchas gracias.

Dios los bendiga.

## Tabla de Contenido

1	Introducción.....	13
2	Título .....	15
3	Problema de Investigación.....	15
3.1	Descripción del problema.....	15
3.2	Formulación del Problema .....	16
4	Objetivos.....	16
4.1	Objetivo General .....	16
4.2	Objetivos Específicos.....	17
5	Justificación y Delimitación .....	17
5.1	Justificación.....	17
5.2	Delimitación .....	19
5.3	Limitaciones .....	20
6	Marcos de Referencia .....	20
6.1	Estado del Arte .....	20
6.2	Marco Teórico.....	32
6.2.1	Mantenimiento.....	32
6.3	Marco legal.....	50
7	Marco Metodológico de la Investigación .....	53

7.1	Recolección de la Información.....	53
8	Diagnóstico y Recopilación de la Información del Activo.....	57
8.1	Información Recopilada .....	57
8.2	Hoja de Vida del Activo.....	69
8.3	Entrevistas al personal del Área de Mantenimiento.....	74
8.4	Indicadores que maneja la Organización para el Molino.....	82
8.5	Estrategia del Mantenimiento Actual en la Organización.....	84
9	Metodologías Aplicables para el Mantenimiento del Molino. ....	84
10	Propuesta de Solución.....	85
10.1	Desarrollo del Plan de Mantenimiento .....	86
10.2	Plan de Mantenimiento.....	93
11	Análisis Financiero (Costo-beneficio) .....	94
12	Conclusiones y Recomendaciones.....	97
12.1	Recomendaciones .....	97
13	Referencias Bibliográficas.....	98

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Características del Molino MRV 200 .....	46
<b>Tabla 2.</b> Marco legal .....	50
<b>Tabla 3.</b> Cronograma.....	56
<b>Tabla 4.</b> Centralina Reductor. ....	58
<b>Tabla 5.</b> Centralina Pistones.....	60
<b>Tabla 6.</b> Pistones. ....	62
<b>Tabla 7.</b> Molino.....	64
<b>Tabla 8.</b> Clasificador. ....	66
<b>Tabla 9.</b> Alimentación.....	68
<b>Tabla 10.</b> Hoja de Vida Molino MRV 200. ....	69
<b>Tabla 11.</b> Repuestos Molino MRV 200. ....	70
<b>Tabla 12.</b> Base de Datos Averías. ....	72
<b>Tabla 13.</b> Manejo de datos. ....	73
<b>Tabla 14.</b> RCM Vs. TPM. ....	85
<b>Tabla 15.</b> Causa y Efecto Sistema Hidráulico.....	86
<b>Tabla 16.</b> Modos de Falla Sistema Hidráulico.....	87
<b>Tabla 17.</b> Causa y Efecto Sistema Mecánico.....	88
<b>Tabla 18.</b> Modos de Falla Sistema Mecánico. ....	89
<b>Tabla 19.</b> Causa y Efecto Sistema Eléctrico. ....	90
<b>Tabla 20.</b> Modos de Falla sistema Eléctrico. ....	91
<b>Tabla 21.</b> Causa y Efecto Sistema Eléctrico. ....	91
<b>Tabla 22.</b> Modos de Falla Sistema Eléctrico.....	92
<b>Tabla 23.</b> Presupuesto Proyección Financiera. ....	95

## Lista de Ilustraciones

<b>Ilustración 1.</b> Ubicación Geográfica de la planta de producción de Corona.....	19
<b>Ilustración 2.</b> Molino MRV 200 .....	47
<b>Ilustración 3.</b> Molino MRV 200. Funciones Principales.....	48
<b>Ilustración 4.</b> Molino MRV 200. Elementos Principales. ....	49
<b>Ilustración 5.</b> Entrevista.....	75

## Lista de Gráficos

<b>Grafica 1.</b> ¿Conoce usted el funcionamiento del Molino?.....	76
<b>Grafica 2.</b> ¿Recibe usted capacitación sobre el funcionamiento, operación y mantenimiento del Molino? .....	77
<b>Grafica 3.</b> ¿Qué tipo de mantenimiento se le realiza al Molino?.....	78
<b>Grafica 4.</b> ¿En qué sistema considera se presentan más las fallas? .....	80
<b>Grafica 5.</b> ¿Cuál es la falla más recurrente? .....	80
<b>Grafica 6.</b> ¿Qué considera usted hace falta para la adecuada mantención del Molino? ..	81
<b>Grafica 7.</b> Mantenibilidad Molino MRV 200 – Años 2019 / 2020.....	82
<b>Grafica 8.</b> Confiabilidad Molino MRV 200 – Años 2019 / 2020.....	83

## Lista de Anexos

Anexo 1. SISTEMAS MOLINO.....	69
Anexo 2. RCM MOLINO. ....	92
Anexo 3. PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO .....	93
Anexo 4. LUP'S.....	93

## Resumen

En el proyecto de investigación se encuentra el estudio metodológico de un activo crítico para esta compañía, el cual maneja unos indicadores claves para la planta (confiabilidad y mantenibilidad).

Se realiza el estudio de criticidad de cada sistema para detectar las averías o paros no programados, como resultado se realiza un plan de mantenimiento el cual cuenta con las descripciones de las tareas y sistemas a desarrollar por el personal técnico: su tiempo de Intervención y periodicidad de cada actividad.

**Palabras clave:** Propuesta, Corona, RCM, Entrevista, Confiabilidad, Mantenibilidad, Molino, Hidráulico, Mecánico, Eléctrico, Seguridad, LUP'S.

## **Abstract**

The research Project includes the methodical study of a critical asset for this company, which handles some key indicators for the plant (Reliability and Maintainability).

The criticality study of each systems is carried out to detect breakdowns or unscheduled shutdowns, as a result a maintenance plan is carried out which has the descriptions of the tasks and systems to be developed by the technical staff: their intervention time and periodicity of each activity.

**Key words:** Proposal, Corona, RCM, Interview, Reliability, Maintainability, Mill, Hydraulic, Mechanical, Electrical, Security, LUP'S.

## 1 Introducción

Con el transcurrir de los años y como resultado de los grandes avances tecnológicos se han desarrollado mejoras o incluso se ha innovado en la manera en la que se realizan actividades en el pasado y el mantenimiento no ha sido la excepción de estos avances.

Actualmente, se han desarrollado nuevas estrategias y filosofías de mantenimiento cada una de ellas con el propósito de optimizar los procesos de cada industria haciendo a su vez que las actividades de mantenimiento se desarrollen de forma sencilla buscando siempre la optimización y preservación de los activos.

En este sentido, la empresa CORONA reconocida multinacional de origen colombiano por su amplia trayectoria en la manufactura y comercialización de productos para el hogar, la construcción, la industria entre otros sectores de la economía colombiana tiene un firme propósito y es ser referencia mundial por sus altos estándares de calidad en cada uno de sus procesos; es por ello por lo que en su búsqueda de mejora continua y expansión de su ventaja competitiva no puede quedar rezagada en estos avances.

En este orden de ideas, la empresa CORONA teniendo como objetivo establecer sus políticas de mantenimiento como referente en la alta calidad de sus productos y servicios se vio en la necesidad de realizar una revisión dentro de su filosofía de mantenimiento en la planta de Superficies, Materiales y Pinturas con sede en Madrid – Cundinamarca, revisión que dio como resultado la necesidad de actualizar las estrategias empleadas en uno de sus equipos más críticos para la producción un Molino del tipo MRV 200.

De acuerdo con lo anterior, y para conocer la situación actual de la empresa y ofrecer un proyecto de gran beneficio para la organización se desarrollará el siguiente proyecto de

investigación el cual está estructurado de tal manera que brinde la mejor solución ante la problemática propuesta.

El presente proyecto está desarrollado metodológicamente en cuatro capítulos organizados de forma secuencial para brindar una mayor comprensión de este según se describen a continuación:

En el capítulo I, se agrupa la problemática presentada por la empresa para con el Molino MRV 200, los objetivos establecidos para cumplir el objetivo deseado, la justificación y delimitación del proyecto de investigación.

Para el capítulo II, se establece las fuentes bibliográficas y revisión documental a realizar, así como también el marco legal y de referencia para el desarrollo de este proyecto de investigación.

En lo que corresponde al capítulo III, se recopila toda la información referente al marco metodológico entre ellas la recolección de información, cronograma para el desarrollo de actividades entre otras.

Por su parte para el capítulo IV, se establecen las actividades a realizar para el desarrollo de cada uno de los objetivos específicos y así establecer finalmente la propuesta de un plan de mantenimiento para un molino MRV 200 para la empresa CORONA.

Finalmente, se encuentran las recomendaciones a realizar a la empresa CORONA y sede en la cual se desarrolló el proyecto de investigación.

## 2 Título

Diagnóstico de un Plan de Mantenimiento Preventivo para un Molino MRV 200 en la compañía Colombiana de Cerámica Colcerámica S.A.S. CORONA.

## 3 Problema de Investigación

### 3.1 Descripción del problema

La compañía Colombiana de Cerámica Colcerámica S.A.S (en adelante Corona), es una empresa multinacional de origen colombiano dedicada a la manufactura y comercialización de productos para el hogar, la construcción, la industria, la agricultura y el sector de energía, fundada hace más de 138 años. En este momento, está alineada a cuatro divisiones de negocios: Baños; Cocinas-Superficies-Materiales-Pinturas; Insumos Industriales-Manejo de Energía; y Mesa Servida – y dos Unidades Comerciales que son Almacenes Corona y Comercial Corona Colombia.

Corona cuenta con 20 plantas de manufactura a nivel nacional, 2 en Estados Unidos, 3 en Centroamérica y 3 en México, así como con una oficina de suministros globales en China. Adicionalmente, tiene participación a nivel Latinoamérica mediante la exportación de sus productos a países como Brasil, Chile y Venezuela; a nivel Norteamérica en Canadá; también en Centro América, el Caribe y a nivel europeo en Italia, España y el Reino Unido.

Para este caso de estudio, el activo a analizar se encuentra ubicado en la planta de Superficies, Materiales y Pinturas de la sede de Madrid, Cundinamarca. En esta sede, se cuenta con dos molinos modelo MRV 200, cuya función es la molienda y mezcla de diferentes arcillas para producir una pasta o “polvo” con diferentes características de humedad, viscosidad y homogeneidad. De acuerdo con lo anterior, los activos tienen una alta participación en el proceso de producción, ya que por medio de este activo se realiza la mezcla y trituración de materias

primas, obteniendo como resultado el insumo requerido para la fabricación de las diferentes referencias y diseños.

Actualmente, Corona emplea las estrategias de mantenimiento tipo Overhaul con una frecuencia bianual y mantenimientos correctivos para el Molino MRV 200 (en adelante Molino). A pesar de la implementación de estas estrategias, la confiabilidad del molino es baja, ya que las fallas persisten, por lo cual se busca identificarlas y corregir los causales de dichas averías, a partir del uso de otras metodologías.

### **3.2 Formulación del Problema**

¿Cómo Incide la implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo en la confiabilidad de un Molino MRV 200 de la compañía Colombiana de Cerámica Colcerámica S.A.S CORONA?

#### **3.2.1 Sistematización del Problema**

- ¿Cuál es la estrategia actual de mantenimiento empleada por la empresa para el Molino?
- ¿Qué metodologías son aplicables al mantenimiento del Molino?
- ¿Cómo establecer los pasos para implementar la metodología o metodologías de mantenimiento seleccionadas?

## **4 Objetivos**

### **4.1 Objetivo General**

Elaborar un Diagnóstico de un Plan de Mantenimiento Preventivo para un Molino MRV 200 de la compañía Colombiana de Cerámica Colcerámica S.A.S. CORONA.

## 4.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico de las estrategias de mantenimiento que actualmente emplea la empresa para la mantención del Molino.
- Reconocer las diferentes metodologías que sean aplicables para la adecuada gestión del mantenimiento del Molino.
- Establecer los procedimientos necesarios para implementar la metodología o metodologías de mantenimiento seleccionadas.

## 5 Justificación y Delimitación

### 5.1 Justificación

En la actualidad, el mantenimiento es una actividad fundamental en las organizaciones, no sólo porque el adecuado mantenimiento reduce el riesgo de accidentes, sino también porque incide en la productividad de la empresa y a su vez garantiza la confiabilidad de sus activos para el proceso de producción.

De acuerdo con lo anterior, el mantenimiento cumple un rol fundamental dentro de las organizaciones a nivel mundial, es por ello por lo que en su continua búsqueda de la excelencia las empresas establecen estrategias de gestión de mantenimiento para maximizar el rendimiento de sus activos, incrementar la confiabilidad de estos y a su vez optimizar los recursos de la organización.

En este orden de ideas, las actividades de mantenimiento empleadas actualmente en la empresa CORONA para la conservación del Molino, no se encuentran a la vanguardia de las políticas de mantenimiento de clase mundial, razón por lo cual en reiteradas oportunidades se

generan altos costos de mantenimiento, la no disponibilidad del activo y bajos niveles de confiabilidad de este.

Actualmente, las metodologías empleadas en el mantenimiento del Molino se asientan en mantenimiento del tipo Overhaul, el cual consiste en el cambio de repuestos y/o componentes del equipo en períodos de tiempo determinados sin que los mismos se encuentren deteriorados o presenten indicios de falla y mantenimiento correctivo, el cual se fundamenta en la reacción de emergencia para solventar una falla potencial.

Según lo anteriormente expuesto, el objetivo de este proyecto de investigación radica en elaborar un plan de mantenimiento preventivo que contribuya con la óptima mantención del activo, de tal manera que las acciones y métodos a implementar garanticen la eficiencia en el molino, asimismo, la puesta en marcha de este proyecto de investigación tendrá un impacto positivo dentro de la organización, ya que al tener establecido un plan de mantenimiento preventivo se reducirán los costos de mantenimiento, se incrementará confiabilidad del activo y por ende se obtendrá un mayor rendimiento del mismo.

Por otro lado, el desarrollo de este proyecto de investigación resulta beneficioso para los colaboradores de la organización no solo los adscritos al área de mantenimiento sino también para los pertenecientes al área de producción. En lo correspondiente al área de mantenimiento al tener estandarizados sus procesos se tendrá mayor disponibilidad de tiempo para la ejecución de otras actividades que generen valor agregado a la gestión del mantenimiento, y también se reducirán los riesgos a potenciales incidentes y accidentes que puedan generarse por la inadecuada ejecución del mantenimiento.

## 5.2 Delimitación

Este proyecto de investigación se desarrollará dentro de las instalaciones de la empresa Corona en su planta de producción ubicada en la dirección: Calle 7 No. 15 – 95, de Madrid Cundinamarca, en un periodo no mayor de seis (6) meses.

**Ilustración 1.** Ubicación Geográfica de la planta de producción de Corona



**Fuente:** Google Earth.

### 5.3 Limitaciones

El presente proyecto de investigación se encuentra limitado a la elaboración del plan de mantenimiento preventivo para el Molino MRV 200, el cual será entregado al departamento de mantenimiento de Corona en un lapso no mayor a ocho (8) meses contados a partir de la fecha de inicio de este proyecto de investigación. Así mismo, los recursos económicos a invertir en el desarrollo de este proyecto quedarán bajo la responsabilidad de los autores de la investigación.

## 6 Marcos de Referencia

### 6.1 Estado del Arte

#### 6.1.1 *Optimización del Mantenimiento Preventivo utilizando las Técnicas de Diagnóstico Integral. Fundamento teórico-práctico.*

En el año 2008, los autores Hernandez Pedro, Fernández Sergio y Carro Miguel elaboraron un artículo científico titulado “*Optimización del Mantenimiento Preventivo utilizando las Técnicas de Diagnóstico Integral. Fundamento teórico-práctico*”, dicho artículo fue publicado por la revista Ingeniería Energética del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría en la Habana, Cuba.

La investigación desarrollada, tenía como principal objetivo exponer un método de optimización para el mantenimiento preventivo planificado a partir de la introducción del mantenimiento basado en condición en las turbinas y generadores de vapor de una central eléctrica en Cuba empleando métodos de diagnóstico integral.

Los autores, establecen la premisa de que la función del mantenimiento ha cambiado vertiginosamente en los últimos sesenta (60) años producto de la aparición de diferentes factores entre los cuales mencionan:

1. Mayor enfoque hacia la calidad de los productos y de los procesos de mantenimiento.
2. Necesidad de obtener altos niveles de confiabilidad y disponibilidad.
3. Disminución de los costos de producción.
4. Aumento de la seguridad del personal y de las instalaciones.
5. Disminución de las demandas de servicio.
6. Introducción de nuevas técnicas.” (Hernández, Fernández, & Carro, 2008).

La correlación entre el artículo anteriormente mencionado y el presente trabajo de investigación se basa en el análisis de las diversas fallas que se pueden presentar en un equipo con el objetivo de determinar los costos que estas fallas le producen a la organización. Adicionalmente, se menciona la importancia del personal técnico dentro de las actividades de mantenimiento.

### ***6.1.2 Total Quality Management and Total Productive Maintenance in high Performance Manufacturing.***

En el año 2011, se publicó en la revista Dyna Ingeniería e Industria un artículo de investigación titulado “*Total Quality Management and Total Productive Maintenance in high Performance Manufacturing*”

El artículo estableció la correlación existente entre la implementación de diferentes métodos y prácticas de manufactura con la calidad y el mantenimiento productivo total en plantas industriales con un alto desempeño.

De igual manera, los autores realizaron análisis cuantitativos y cualitativos en diferentes plantas industriales en Europa, Asia y América con el fin de diagnosticar la situación actual en la cual se encontraban cada una de las plantas estudiadas. Los resultados obtenidos proporcionaron

una visión más amplia de la relación existente entre la gestión de calidad, el mantenimiento productivo total en las plantas de alto rendimiento que presenta una ventaja competitiva más amplia en contra parte con las plantas que presentan un desempeño promedio. (Sanchis, Escoto, & Peidro, 2011).

El artículo anteriormente mencionado, servirá como base para el desarrollo del análisis cuantitativo y cualitativo a desarrollar para realizar el diagnóstico inicial en el que se encuentra el Molino y las estrategias de mantenimiento que emplea actualmente la empresa Corona.

### ***6.1.3 Propuesta Inicial de un Modelo de Gestión de Mantenimiento de equipo biomédico para una IPS en Colombia.***

En el año 2006, Torres George elaboró un proyecto de investigación para la Universidad ECCI bajo el título de “*Propuesta Inicial de un Modelo de Gestión de Mantenimiento de Equipo Biomédico para una IPS en Colombia*”.

El desarrollo de dicho proyecto de investigación, se fundamentó en elaborar una propuesta de gestión de mantenimiento avalando parámetros de uso básico sin dejar a un lado los aspectos legales y de cumplimiento obligatorio en el sector salud.

Dentro de la propuesta se menciona la importancia de contar con la infraestructura adecuada, el talento humano idóneo y calificado, los lineamientos legales vigentes y bajo los cuales se debe regir la propuesta, así como también los indicadores de gestión a considerar en el plan de mantenimiento a ejecutar a cualquier equipo y de cualquier industria.

Por otro lado, el autor estableció los beneficios económicos y el incremento de la confiabilidad del equipo que se puede lograr cuando se cuenta con un adecuado sistema de gestión de mantenimiento. (Torres G. , 2016).

De acuerdo con lo anterior, el trabajo elaborado por el Ingeniero Torres establece aquellos requisitos y aspectos legales, humanos y tecnológicos a considerar para establecer adecuadamente una propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en los beneficios que se pueden obtener en el ámbito económico, legal, ambiental entre otros.

#### ***6.1.4 Obtención de un Modelo de Criticidad para los Equipos y Sistemas Tecnológicos de una Termoeléctrica.***

En el año 2016, se publicó en la revista Ingeniería Energética un artículo de investigación titulado “*Obtención de un Modelo de Criticidad para los Equipos y Sistemas Tecnológicos de una Termoeléctrica*”.

Este artículo estableció los elementos necesarios para obtener un modelo adecuado para determinar la criticidad y complejidad en los equipos y sistemas tecnológicos en las centrales eléctricas de la Habana, Cuba. Entre las variables consideradas por los autores de esta investigación se mencionan: probabilidad de ocurrencia de la falla, la consecuencia o severidad y la detección de la falla, esto con el fin de obtener un orden de prioridad en la atención de un componente o elemento de un equipo.

Por otro lado, establecieron una categorización o jerarquización de los componentes del equipo basados en una lista o matriz como resultado de valores ponderados que les permitieron establecer un modelo de criticidad personalizado para las centrales termoeléctricas y mejorar significativamente la gestión de mantenimiento por medio de la priorización adecuada en la atención del equipo. (Concepción, Del Castillo, Cabrera, & Toledo, 2016).

La premisa de los autores y la relación existente la severidad, probabilidad de ocurrencia y la detección de las fallas, así como también la jerarquización de cada uno de los componentes del

equipo en virtud del resultado de su análisis de criticidad nos facilitará la toma de decisión de los componentes, sistemas o elementos del molino que se deben priorizar al momento de elaborar la propuesta del plan de mantenimiento.

Lo anterior, como resultado de los análisis de modo y efecto de falla que se realizará a las reiteradas fallas que se presentan en el equipo actualmente.

#### ***6.1.5 Propuesta de un Plan de Mantenimiento a Máquina de Pruebas golpe de ariete mediante la metodología RCM2.***

En el año 2016, los Ingenieros Martinez Mayerly y Malagón Diego pertenecientes al programa de Especialización en Gerencia de Mantenimiento de la Universidad ECCI, desarrollaron un trabajo de investigación titulado “*Propuesta de un Plan de Mantenimiento a Máquina de Pruebas golpe de ariete mediante la metodología RCM2*”

La propuesta elaborada por los ingenieros Martinez y Malagón, se fundamentó en mejorar la calidad y productividad de los procesos de fabricación de las mangueras de los diferentes sistemas hidrosanitarios del banco de pruebas producto del golpe de ariete para ello desarrollaron una propuesta de plan de mantenimiento que consideró historial de falla del equipo, conjuntos y subconjuntos del equipo y sus principios de funcionamiento.

En este sentido, los criterios empleados en el desarrollo de la propuesta sirven de precedente para este trabajo de investigación al considerar el histórico de fallas, componentes del equipo para desarrollar una mejor propuesta para las prácticas de mantenimiento del molino ya que hoy en día no existe la empresa Corona no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para este equipo.

### ***6.1.6 Implementación de un Plan Piloto de TPM en una Industria de Cerámica.***

En el año 2008, los autores Pinto Diego y Mesa Juan Fernando realizaron la investigación titulada “*Implementación de un Plan Piloto de TPM en una Industria de Cerámica*” para la universidad EAFIT, esta investigación tenía como objetivo implementar las estrategias del TPM como metodología de trabajo en la industria Cerámica con el fin de evidenciar la efectividad de esta filosofía del mantenimiento.

“El TPM es una herramienta que necesita compromiso de todas las partes dentro de la empresa, desde la alta gerencia hasta los operarios, ya que durante la implementación de esta técnica se plantea un cambio cultural en toda la organización”. (Pinto & Mesa, 2008).

De acuerdo con los resultados obtenidos, esta investigación servirá como referencia en lo que corresponde a los pasos, procedimientos y metodologías para implementar TPM en el mantenimiento del molino en la empresa CORONA. Asimismo, la metodología para el análisis de criticidad requerido para el desarrollo de esta investigación.

### ***6.1.7 ¿Qué Importancia tiene el Mantenimiento Predictivo 4.0 (PdM) para la fábrica Inteligente?***

En el año 2021, se publicó en la revista ABAS un artículo titulado “*¿Qué Importancia tiene el Mantenimiento Predictivo 4.0 (PdM) para la fábrica Inteligente?*”.

De acuerdo con el artículo, la Industria 4.0 colabora directamente con la revolución tecnológica. Hoy en día, tanto las máquinas como las personas se enfrentan a la toma de decisiones que conllevan a una entrada masiva de datos y personalización en los procesos. La capacidad para predecir la necesidad de mantenimiento de activos en un futuro específico es uno de los principales retos en este ámbito. La posibilidad de realizar un mantenimiento predictivo contribuye a mejorar

el tiempo de inactividad de la máquina, los costos, el control y calidad de la producción. (Ibérica, 2021).

La industria 4.0, se centra en abordar el análisis de datos y métodos de aprendizaje automático para cambiar procedimientos de producción, por lo que no comprende los métodos de mantenimiento predictivo y su organización. En este contexto, este artículo presenta una revisión sistemática de iniciativas de mantenimiento predictivo para la industria 4.0, identificación y catalogación de métodos, estándares y aplicaciones. Como principales contribuciones, por medio de una encuesta se analizan los desafíos y limitaciones actuales en el mantenimiento predictivo, además de proponer una novedad taxonómica para clasificar esta área considerando las necesidades de la industria.

Según el artículo citado, las actividades de mantenimiento preventivo y predictivo requieren estrategias y planificación para cumplir las necesidades de calidad, seguridad y productividad requeridas por las industrias de hoy en día. Asimismo, el crecimiento de las industrias a un nivel 4.0 ha traído nuevas oportunidades y desafíos para el área de mantenimiento y es por medio de este artículo que se profundizarán los conocimientos sobre los distintos enfoques usados en el mantenimiento preventivo y predictivo, los desafíos a los que se enfrenta el mantenimiento, la posibilidad de estandarizaciones y dificultades en la implementación del mantenimiento preventivo y predictivo en las industrias.

#### ***6.1.8 “Diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo basado en la Metodología de las 5M para un Sistema de Transporte Masivo de Pasajeros”.***

En el año 2005, los autores Calderón Albert y Lara Edward, desarrollaron el proyecto de investigación titulado “*Diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo basado en la Metodología de las 5M para un Sistema de Transporte Masivo de Pasajeros*”.

“Para realizar un correcto mantenimiento, que garantice la disponibilidad y confiabilidad de la flota; es necesario que se tengan todos los recursos necesarios para lograr tales objetivos, con sitios designados para realizar las intervenciones a los vehículos que sean apropiados, con los parámetros adecuados de iluminación, señalización, seguridad, etc.; que aseguren que los procedimientos que se van a realizar allí, se hagan de la mejor manera y con los equipos y herramientas precisas para lograr al máximo la excelencia en la ejecución de las actividades” (Calderón & Lara, 2015).

De acuerdo con los autores anteriormente mencionados, una mejora significativa en la gestión del mantenimiento proviene del involucramiento del capital humano de las organizaciones para la toma de decisiones en cuanto a la adquisición de repuestos, mano de obra, herramientas y software de información. Por otro lado, mencionan la importancia de considerar la metodología actual de gestión de mantenimiento, los procedimientos, el medio ambiente, la materia prima y mano de obra en la elaboración de la propuesta de plan de mantenimiento adecuada y que permita una reducción de costos y un incremento en la productividad de la organización.

#### ***6.1.9 Propuesta de Guía para Aplicación de Mantenimiento Autónomo hasta la etapa tres, en Servicios de Odontología para Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud.***

En el año 2015, los autores López Acosta Miguel Eduardo y Madera Toncel Katia Isabel pertenecientes al programa de Especialización en Gerencia de Mantenimiento de la Universidad ECCI desarrollaron una propuesta titulada “*Propuesta de Guía para Aplicación de Mantenimiento Autónomo hasta la etapa tres, en Servicios de Odontología para Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud*”.

“En numerosas fábricas es muy marcada la separación existente entre el personal de mantenimiento y producción. El departamento de mantenimiento se encarga de reparar y entregar

el equipo para que la función productiva cumpla con su propósito exclusivo de fabricar. Esta clase de organización industrial conduce a pérdidas de efectividad global de producción, un pobre clima de trabajo, desmotivación y frecuentes enfrentamientos entre estas dos funciones.

La visión moderna del mantenimiento busca que exista un compromiso compartido entre las diferentes funciones industriales para la mejora de la productividad de la planta. En la medida en que se incorpora nueva tecnología en la construcción de los equipos productivos, los operarios de estos equipos deben tener un nivel técnico mayor, ya que deben conocer en profundidad su funcionamiento y colaborar en su mantenimiento.” (López & Madera, 2015).

De acuerdo con los autores, el departamento de mantenimiento debe ser capaz de establecer un compromiso en todos los niveles de la organización con el fin de lograr los objetivos estratégicos de la organización. Asimismo, la implementación de su propuesta tenía como objetivo mejorar los indicadores de confiabilidad y disponibilidad del activo al cual se le aplicaría su propuesta, situación similar a la que se busca con el desarrollo de este proyecto de investigación dónde se persigue reducir costos de mantenimiento estableciendo un plan de mantenimiento preventivo que garantice la confiabilidad y disponibilidad del molino en la empresa Corona.

#### ***6.1.10 Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo para Equipos de la Línea de Perforación de la Empresa Cementaciones de Colombia Ltda.***

En el año 2008, el autor Urrego Juan Sebastián realizó la investigación titulada “*Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo para Equipos de la Línea de Perforación de la Empresa Cementaciones de Colombia Ltda*” para la universidad Santo Tomas, esta investigación tenía como propósito la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo que gestionara las actividades periódicas de forma eficiente, evitara tiempos muertos, redujera costos

y previniera fallas en los activos de la organización; lo anterior con la premisa de fomentar el incremento en la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los equipos.

“En todo modelo de mantenimiento es inevitable eliminar las fallas al 100%, por tal motivo es indispensable legislar herramientas de evaluación útiles con el fin de determinar y reducir que se vuelva a presentar. Hallar la raíz del problema provee a la empresa parámetros para la toma de decisiones, ejecutando un plan correctivo puntual al identificar por qué de cada tipo de falla.

El análisis de causa raíz es el método ideal para aprender de las fallas y eliminar sus causas, su objetivo fundamental es determinar el origen de la falla, frecuencia con que ocurre e impacto que produce”. (Urrego, 2017).

Tomando como referencia la investigación realizada por autor Urrego, se considerará el análisis de causa raíz para determinar el origen de las fallas que presenta el molino y establecer la actividad adecuada para su corrección y así establecer las actividades necesarias para formular la propuesta del plan de mantenimiento preventivo.

#### ***6.1.11 Optimización del Mantenimiento Preventivo, utilizando las Técnicas de diagnóstico integral. Resultados finales y Evaluación Económica.***

Para el año 2008, los autores Hernández, Pedro L. Carro, Miguel de Oca, Juan Montes García, Luis Fernández, Sergio J, en la revista de ingeniería energética publicaron un artículo titulado “*Optimización del Mantenimiento Preventivo, utilizando las Técnicas de Diagnóstico Integral. Resultados finales y Evaluación Económica*”.

El trabajo realizado por los autores aporta un análisis de evaluación económica con el fin de introducir el mantenimiento basado en condición como una forma de mejoramiento del

mantenimiento preventivo planificado para este artículo se desarrolla en las centrales termoeléctricas cubanas (Hernández, Fernández, & Carro, 2008).

El aporte del artículo anteriormente mencionado con el desarrollo del proyecto es la generación de análisis o futuros cambios a tener en cuenta para la implementación de los planes de mantenimiento preventivo, teniendo en cuenta evaluaciones económicas para mejorar los mantenimientos planeados y optimizar los recursos que se brinden.

#### ***6.1.12 Programación Óptima del Mantenimiento Preventivo de Generadores de Sistemas de Potencia con presencia Eólica.***

Para el año 2018, los autores Salgado Duarte Yorladys, Martínez Alfredo y Santos Ariel en la revista de Ingeniería Energética publicaron un artículo titulado “*Programación Óptima del Mantenimiento Preventivo de Generadores de Sistemas de Potencia con presencia Eólica*”.

El objeto de estudio del artículo se fundamentó principalmente en minimizar los costos de operación y de mantenimiento de sistemas de potencia con fuentes no convencionales de energía por medio del modelado de funciones lineales y cuadráticas ambas considerando la demanda del sistema. (Duarte, Martínez, & Santos, 2018).

De acuerdo con los resultados obtenidos por los autores y su aporte para con el desarrollo del proyecto es entender e interpretar la forma correcta para que la operación y mantenimiento de la máquina logren optimizar los gastos y generar menor costos a la organización.

#### ***6.1.13 Comportamiento del Mantenimiento Preventivo y Correctivo y su Efecto en los Costos. Caso de Tienda Departamental.***

Para el año 2017, los autores Reyes Miguel Angel, Aguirre Valeria, Aparicio Jesús, Gutierrez Luis y Sánchez Dante publicaron en la revista de Ciencia Administrativa un artículo

titulado “*Comportamiento del Mantenimiento Preventivo y Correctivo y su Efecto en los Costos. Caso de tienda departamental*”.

Como resultado de su investigación, demostraron la importancia de los planes de mantenimiento y la relación directa que tienen estos con los costos de la organización. Para ello, establecieron la correlación de los costos del mantenimiento preventivo con los costos del mantenimiento correctivo y evidenciando las diferencias entre ellos. (Reyes, Aguirre, Aparicio, Gutierrez, & Sánchez, 2017).

El aporte de este artículo permitirá comprender la relación directa que existe entre el mantenimiento y como influye sobre los costos de la organización, de tal manera que mejorar técnicas de mantenimiento y correcto cuidado de los equipos se traducirá en la reducción de costos para la organización.

#### ***6.1.14 Prospectiva Metodológica para el Mantenimiento Preventivo.***

Para el año 2014, los Ingenieros Colmenares Orlando y Villalobos Daniel publicaron en la revista Ingenium un artículo titulado “*Prospectiva Metodológica para el Mantenimiento Preventivo*”.

En dicha publicación, indicaron la situación de incertidumbre que se genera a la hora de querer implementar un plan de mantenimiento preventivo sobre todo por la relación existente entre los componentes que actúan de manera paralela en los que se reparan, teniendo en cuenta desgastes y en ocasiones la ayuda para identificar fallas más comunes o fallas de daños colaterales. Los autores plantean una metodología para aplicar un programa de mantenimiento a un equipo, empleando una metodología que permita simplificar el macro de los componentes de un equipo y sus subconjuntos. (Colmenares & Villalobos, 2014).

El aporte de este artículo con el desarrollo del proyecto es el comprender como se puede manejar la incertidumbre y cómo reaccionar frente a las consecuencias que las diferentes fallas pueden generar en una máquina o proceso y siguiendo la metodología que plantean los autores, se logrará dar un mejor enfoque y seguimiento al actual proyecto.

## 6.2 Marco Teórico

6.2.1 **Mantenimiento** la definición de este concepto que más se asemeja al proyecto es: la combinación de todas las acciones técnicas y de gestión destinadas a mantener o restaurar un elemento en un estado que le permita funcionar como lo requerido. (*Norma IEC 60050, 1990*).

### 6.2.2 *Tipos de mantenimiento*

6.2.2.1 *Correctivo*: se le conoce como mantenimiento de reacción o de emergencia y es el que se ejecuta cuando un componente sufre un fallo o avería y se debe intervenir con urgencia; comúnmente aplicado en pequeñas industrias.

Según Torres Urrego, el mantenimiento correctivo puede ser desarrollado bajo las siguientes etapas:

- Identificar el problema y sus causas.
- Estudiar las diferentes alternativas para su reparación.
- Evaluar las ventajas de cada alternativa y escoger la óptima.
- Planear la reparación de acuerdo con personal y equipo disponibles. (Urrego, 2017).

6.2.2.2 *Predictivo*: es el conjunto de actividades programadas para detectar las fallas de los activos antes de que ocurran por medio de ensayos no destructivos. Albert Calderón en su escrito formula que el mantenimiento predictivo se define como: el conjunto de actividades, programadas para detectar las fallas de los activos físicos, por relevación antes de que sucedan, con los equipos en operación y sin perjuicio de la producción, usando aparatos de diagnóstico y pruebas no destructivas (Calderón & Lara, 2015)

6.2.2.3 *Overhaul*: Consiste en realizar revisiones y reparaciones a los equipos en intervalos programados antes de que alguna falla ocurra. Tomando como referencia lo publicado en la revista IRIM 9, este tipo de mantenimiento consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo, sustituyendo o reparando todos los elementos sometidos a desgaste. Con lo anterior, se busca asegurar un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano. (IRIM, 2006).

6.2.2.4 *Actualización*: este tipo de mantenimiento se enfoca en la renovación tecnológica, buscando compensar las continuas exigencias, que en el momento de construcción no existían o no fueron consideradas, pero que en la actualidad sí deben serlo. (Calidad, 2019)

6.2.2.5 *Preventivo*: se desarrolló con la idea de anticipar y prever los fallos de equipos y máquinas, usando para ello una serie de datos de distintos sistemas y subsistemas, ejecutando un programa de frecuencias basadas en calendario o uso del equipo para realizar las actividades que se consideran importantes antes que se genere una falla.

A continuación, se detallan algunas observaciones del autor Albert Calderón sobre el desarrollo del mantenimiento preventivo:

- Por medio de unas variantes como lo son las rutinas de inspección hasta rutinas de lubricación y ajuste e incluso el monitoreo en tiempo real de las condiciones de operación del equipo.
- Sistemas de monitoreo los cuales suministran información valiosa sobre variables como temperatura, ruido, vibración, flujo, caudal o condiciones de operación del equipo y que deben ser consideradas en la elaboración del plan de mantenimiento preventivo.
- Recolectar la información real del estado de las máquinas, equipos e instalaciones y en algunos casos se requerirá de inversiones para llevarlas a condiciones básicas de funcionamiento. (Calderón & Lara, 2015)

### **6.2.3 *Objetivos del Mantenimiento***

Los objetivos del mantenimiento según Francisco Castela, se establecen con el propósito de maximizar el tiempo de servicio del activo, incrementar la disponibilidad y confiabilidad de estos y con ello aportar a la maximización de los recursos de la organización.

El autor, enumera los siguientes objetivos del mantenimiento:

- Reducir costos asociados a paradas por averías en los equipos.
- Disminuir costos indirectos producto de la pérdida de producción, así como los propios del mantenimiento.
- Sugerir y proyectar mejoras en los activos de la organización para disminuir riesgos de daños y averías.

Por lo tanto, se puede concluir que el mantenimiento busca la reducción de gastos aumentando el tiempo de servicio de los activos, maquinaria en general de la organización, con el

propósito de lograr disponibilidad e incrementar productividad y calidad del producto. (Castela, 2016)

#### **6.2.4 *Función del mantenimiento***

Albert Calderón postula dos funciones esenciales de mantenimiento para que toda empresa logre una buena gestión de este:

- Funciones primarias. Son aquellas que el departamento de mantenimiento deber realizar a diario. Primero el mantenimiento del equipo industrial, segundo la inspección y lubricación de equipos, tercero el mantenimiento de edificios y terrenos, cuarto la gestión de información del mantenimiento y por último las modificaciones de instalaciones.
- Funciones secundarias: Se deben asumir estas labores ya que son de términos técnicos y conocimientos específicos, aunque estas labores pueden ser intervenidas con la ayuda de los operadores o personas que estén relacionadas con el equipo el activo a reparar. Primero la gestión de almacenes de mantenimiento, segundo la seguridad de las plantas y por último la eliminación de residuos. (Calderón & Lara, 2015)

#### **6.2.5 *Metodologías de mantenimiento***

- Causa Raíz: este análisis se emplea determinar el origen de alguna falla que afecte el debido funcionamiento de los activos. Para Edgar Fernández Álvarez, esta metodología permite relacionar la causa y el efecto por medio de graficas que ayuden a establecer la causa raíz, formulando los siguientes interrogantes:
- ¿Cómo puede ocurrir la falla?

- ¿Porque son las causas de la falla? (Álvarez, 2018)

En resumen, determinar adecuadamente las causas y la incidencia de las fallas, permite definir acciones correctivas para su adecuada solución y evitar la reincidencia d este tipo de inconvenientes en un futuro.

- Poka-Yoke

Es una herramienta procedente de Japón que significa “a prueba de errores”, y lo que busca con esta forma de diseñar los procesos es eliminar o evitar equivocaciones, ya sean de origen humano o automatizado. Este sistema se puede implantar también para facilitar la detección de errores. Edgar Fernández Álvarez, resalta las siguientes premisas:

- Las inspecciones permiten detectar defectos en los equipos.
- Es en el proceso donde hay que eliminar la fuente del error.
- Una vez corregida la fuente del error, esta no se debe repetir.
- La clave es encontrar los errores antes de que estos se conviertan en defectos.
- La causa de los defectos es consecuencia de los errores cometidos por los colaboradores, mientras que los defectos son producto de no corregir dicha acción.

(Álvarez, 2018)

- Método Kaizen.

Termino de origen japonés, cuyo significado es el "cambio para mejorar", que con el tiempo se ha adaptado como un "Proceso de Mejora Continua". La traducción literal del término es: KAI: Modificaciones, ZEN: Para mejorar

Este método busca la integración activa de todos los trabajadores de la organización, en los procesos de mejora continua, por medio de pequeños aportes.

Edgar Fernández Álvarez, justifica que por más pequeño o simple que parezca algún aporte, este tiene el potencial de mejorar la eficiencia de las operaciones y crear una cultura organizacional que garantice la continuidad de las participaciones de los trabajadores. (Álvarez, 2018).

- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).

El principio del RCM es lograr la máxima confiabilidad en los equipos, pero no podrá aportar mayor confiabilidad que la brindada por los diseñadores y fabricantes, considerando que cada componente se comporta de manera diferente, cada uno de estos tendrá combinaciones de modos de falla distintos, esto debido a que las condiciones de trabajo son diferentes (temperatura, presión, velocidad, viscosidad, entre otros). Para la definición del plan de mantenimiento se deberá realizar un análisis de cada componente para determinar sus estándares de funcionamiento.

Por otra parte, el RCM es un proceso que se usa para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional, es decir, es una metodología mediante la cual se determina que se debe hacer para que los elementos físicos continúen desempeñando las funciones para las que han sido diseñado. (Cuervo & Álvarez, 2020)

Para la implementación del RCM, se desarrollan en una serie de fases, en las cuales se encuentran funciones y metas de la productividad; evaluación de los modos y efectos de los fallos que generan improductividad; también se definen los métodos adecuados para reducir las consecuencias del fallo. A continuación, se representan las siete fases:

Fase 1: Identificar y priorizar los recursos físicos de la planta, para ello se realiza una lista de equipos a los que se les debe realizar mantenimiento, evaluando su efecto sobre los procesos de negocio de la empresa.

Fase 2: Definir las funciones (primarias, secundarias, protectoras) de los equipos a mantener. Se fijan las metas de productividad diferenciando entre las capacidades de los equipos y los requerimientos.

Fase 3: Establecer los niveles esperados de rendimiento y en consecuencia los fallos funcionales, lo que define la calidad y cantidad del mantenimiento.

Fase 4: Identificar los modos probables de fallo, sus causas y efectos. Existen modos de fallo no especificados por el fabricante, cuya inclusión es determinada por la experiencia. Se describen también los efectos y sus consecuencias.

Fase 5: Seleccionar las tácticas de mantenimiento que permitan gestionar eficientemente los fallos.

Fase 6: Ejecutar estrategias de mantenimiento determinando acciones y recursos necesarios.

Fase 7: Optimizar las metodologías y programas mediante la reevaluación periódica de los resultados de las acciones RCM. Se trata de un proceso continuo de monitorización, retroalimentación de datos y consiguiente adaptación o modificación. (Carrasco, 2016)

- Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Como lo indica Cárcel Carrasco Francisco Javier, el TPM tiene tres significados diferentes: una de ellas es la búsqueda de la eficacia económica, la prevención del mantenimiento a través del

“diseño orientado al mantenimiento”, y finalmente la participación total de los trabajadores mediante el mantenimiento autónomo. (Carrasco, 2016).

El TPM es un sistema de gestión de mantenimiento que evita todo tipo de pérdidas durante la vida útil del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal desde los operadores hasta la alta dirección, y que orienta sus acciones en el desarrollo de las actividades por medio de pequeños grupos.

Otra interpretación sobre el TPM es la que sugiere Edgar Fernández Álvarez, al describirlo como una nueva dirección para la producción, que también organiza a todos los empleados desde la alta dirección hasta los trabajadores de la línea de producción y es un sistema de mantenimiento del equipo a nivel de compañía que puede apoyar las instalaciones de producción más sofisticadas. (Álvarez, 2018).

Álvarez se basa en ocho pilares, los cuales son una serie de procesos de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado:

#### Pilar 1: Mejora Enfocada

Su objetivo es maximizar la efectividad de los equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado para la eliminación de las pérdidas existentes en las plantas industriales, estas pérdidas en los procesos productivos son:

- a) Fallos en los equipos principales.
- b) Cambios y ajustes no programados.
- c) Ocio y paradas menores.
- d) Reducción de velocidad.

e) Defectos en el proceso.

f) Pérdidas de arranque.

## Pilar 2: Mantenimiento Autónomo

Se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipo, mecanismos, aspectos operativos, cuidados, conservación, manejo, averías, etc. Buscando que los operadores entiendan la importancia de conservar en buenas condiciones su área de trabajo, realizar inspecciones preventivas y la participación en procedimientos de mantenimiento de primera etapa para luego asimilar acciones de mantenimiento más complejas.

El mantenimiento autónomo tiene a prevenir fallas mediante la implantación de un sistema básico que consta de:

a) Limpieza.

b) Eliminación de fuentes de suciedad y contaminación.

c) Elaboración de normas de Mantenimiento Autónomo.

d) Aplicar técnicas de inspección general.

e) Aplicar técnicas de autoinspección.

f) Estandarización de procedimientos.

g) Control de objetivos.

### Pilar 3: Mantenimiento Programado

Consiste en lograr mantener el equipo y el proceso en estado óptimo por medio de actividades sistemáticas y metódicas para construir y mejorar continuamente a fin de evitar paradas innecesarias. Para conseguirlo, se establecen los siguientes pasos:

- a) Establecer contramedidas diarias.
- b) Confirmar planes y acciones de mantenimiento programado.
- c) Mejorar la vida útil de los equipos e instalaciones.
- d) Control de repuestos y stocks.
- e) Perfeccionar el análisis, capacidad de diagnóstico y prevención de averías.
- f) Confirmar planes de lubricación.

### Pilar 4: Mantenimiento de Calidad

Para conseguir este pilar, se pueden realizar las siguientes medidas:

- a) Realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad.
- b) Prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para “cero defectos” y que estas se encuentran dentro de los estándares técnicos.
- c) Observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a la situación de anormalidad potencial.
- d) Identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en la calidad del producto final y realizar el control de estos.

Pilar 5: Prevención del Mantenimiento.

Este pilar se centra en las actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos.

Pilar 6: Mantenimiento de Áreas de Soporte.

Su objetivo es lograr que las mejoras lleguen a la gerencia de los departamentos administrativos y actividades de soporte y que no solo sean actividades en la planta de producción.

Estas mejoras buscan un fortalecimiento de estas áreas, al lograr un equilibrio entre las actividades primarias de la cadena de valor y las actividades de soporte.

En estos departamentos las siglas del TPM toman estos significados:

T.- Total Participación de sus miembros.

P.- Productividad (volúmenes de ventas y ordenes por personas).

M.- Mantenimiento de clientes actuales y búsqueda de nuevos.

Pilar 7: Polivalencia y Desarrollo de Actividades

Se refiere al conocimiento adquirido a través de la reflexión y experiencia acumulada en el trabajo diario durante un tiempo y requieren de un personal que haya desarrollado habilidades para el desempeño de las siguientes actividades:

- a) Habilidad para identificar y detectar problemas en los equipos.
- b) Comprender el funcionamiento de los equipos
- c) Entender la relación entre los mecanismos de los equipos y las características de calidad del producto.

d) Poder de analizar y resolver problemas de funcionamiento y operaciones de los procesos

e) Capacidad para conservar el conocimiento y enseñar a otros compañeros.

f) Habilidad para trabajar y cooperar con áreas relacionadas con los procesos industriales.

Pilar 8: Seguridad y Entorno.

Este pilar busca lograr el objetivo de “cero accidentes” y “cero contaminaciones”. Para crear ambientes higiénicos y medio ambientales seguros.

Las acciones que soportan este pilar son:

a) Establecer medidas de seguridad del equipo / instalación.

b) Lograr condiciones laborales más seguras.

c) Mejorar el medio ambiente laboral (ruidos, vibraciones, suciedad, entre otros)

d) Evitar la contaminación ambiental.

e) Cuidar la salud de los trabajadores.

f) Promover acciones de limpieza e higiene. (Álvarez, 2018)

### **6.2.6 Estudio de Taxonomía**

Según Omar Campos-López, la taxonomía es la clasificación sistemática de equipos o sistemas en grupos genéricos basada en sus características comunes (localización, uso, tipo de equipo, entre otros). La taxonomía es representada en forma de pirámide y representa la ubicación del equipo o activo dentro de la organización. (Campos-López, 2019)

### 6.2.7 *Estudio de Criticidad*

Los análisis de criticidad de los equipos o componentes permiten establecer relación entre:

- Instalaciones
- Sistemas
- Equipos
- Componentes de un equipo.

Y según Urrego Torres Juan Sebastián, esto debe estar respaldado por la parte administrativa para la toma de decisiones mejorando la gestión del mantenimiento, ejecución de mejora continua, rediseño frente al impacto de confiabilidad actual y sus riesgos.

A continuación, se presentará un glosario específico de los índices de criticidad:

- Activo: recurso que tiene valor, un ciclo de vida y genera un flujo de caja.
- Acción: ejecutar una tarea para solucionar una posible falla o problema.
- Afectación: limitación a una condición para generar una aplicación.
- Análisis de Criticidad de Modo de Falla y Efectos (FMECA, Failure, Mode, Effects and Criticaly Analysis): sistema en el cual es posible cuantificar las consecuencias de las fallas de un componente y la frecuencia con que estas ocurren para instaurar acciones de mantenimiento donde se presenten una mayor repercusión en la funcionalidad, confiabilidad, mantenibilidad, riesgos y costos totales del equipo con el fin de disminuir o abolir por completo.
- Causa de falla: circunstancias asociadas con el diseño, manufactura, instalación, uso y mantenimiento que hayan conducido a una falla.
- Confiabilidad operacional: es la capacidad de un activo para cumplir sus funciones.

- Consecuencia: resultado de un evento por ello, los modelos para el cálculo deben considerar los aspectos de seguridad, ambiental, costos de reparación e imagen de la empresa.
- Consecuencias de falla: función frente aspectos de mayor relevancia para el operador, seguridad, ambiente y económico.
- Criticidad: indicador de riesgo que permite establecer prioridades en el proceso, sistema, y equipos, facilitando la toma de decisiones frente al área de mayor importancia para mejorar la confiabilidad del activo.
- Defecto: causa inmediata de falla.
- Efecto de falla: describe el tipo de falla y el porqué de la misma.
- Riesgo: probabilidad de tener una pérdida se expresa como  $R=P \times C$ ;

Dónde: R es el riesgo, P probabilidad de ocurrencia en un evento y C sus consecuencias  
(Urrego, 2017)

### **6.2.8 Definición de Molino**

Un molino es una máquina la cual se usa para la molienda de granos y semillas, la recolección de agua y generación de corriente hidroeléctrica. (R., s.f.)

#### **MOLINO MRV 200**

Su principio de funcionamiento se basa en la molienda y mezcla de diferentes arcillas para producir una pasta o “polvo” con diferentes características de humedad, viscosidad y homogeneidad.

El molino se alimenta con 4 tipo de arcillas diferentes por su bajante principal, al momento de contar con el porcentaje de alimentación dado por el operador, el equipo inicia su ciclo de

rotación y vibración de las masas o “martillos”; a través de esta etapa el material se tritura generando un “polvo” que será retirado de la cámara mediante la succión del clasificador de salida.

La capacidad de entrega del equipo se mide en toneladas/ hora, las cuales serán transportadas después de su salida por medio de bandas transportadoras para continuar el proceso de humectación y tamizado.

Por otro lado, el sistema cuenta con ayudas hidráulicas para soportar las diferentes cargas y un sistema automatizado de control de presiones y seguridades del equipo.

Características del Activo:

**Tabla 1.** Características del Molino MRV 200

Nombre	Molino MRV 200
Fabricante	Ib - Technology
Año de Ensamble	2010
Tiempo de Uso	12 Horas / Día
Capacidad	30 Toneladas / Hora
Costo del Activo	\$ 1.200'000.000

**Fuente:** Elaboración propia basado en datos técnicos Molino MRV 200. CORONA. Madrid.

**Ilustración 2.** Molino MRV 200



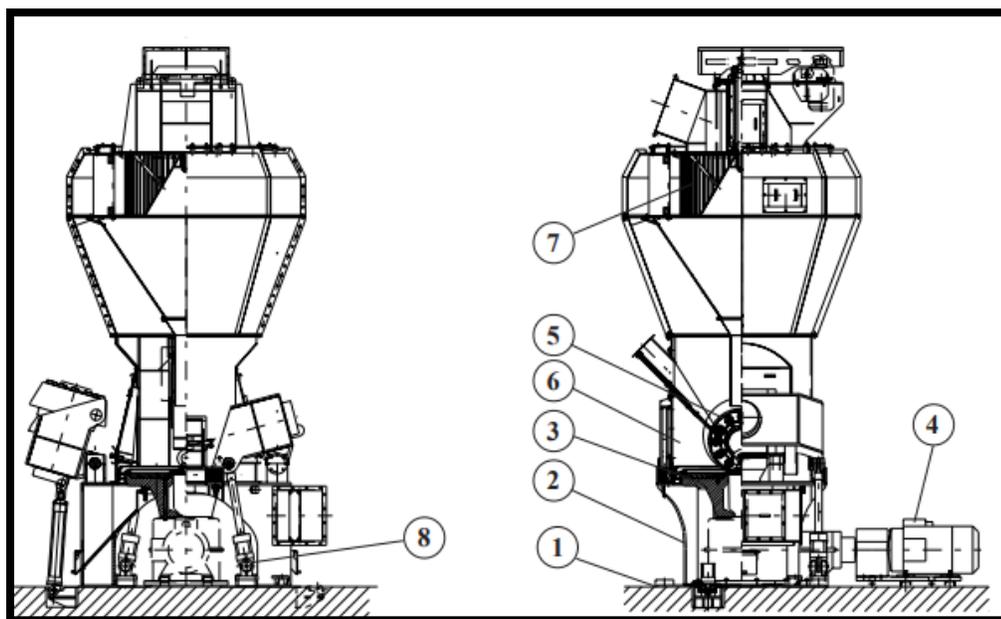
**Fuente:** Molino MRV 200. CORONA. Madrid.

A continuación, se presentarán las funciones principales y secundarias del activo con su respectiva ilustración con el fin de brindar una descripción más clara acerca del funcionamiento del molino, sus partes, características y requerimientos. Cabe aclarar que no es un análisis detallado del activo, sino un acercamiento más claro con el propósito de proponer una vista más cercana al molino.

1. La máquina ha sido diseñada y fabricada para el molido fino de diferentes materiales.
2. Debe excluirse absolutamente el uso de la máquina para moler materiales diferentes de los acordados con el fabricante.

3. No está admitido el uso de la máquina en ambientes sometidos a normas antideflagrantes por atmósferas explosivas.
4. El uso de la máquina está destinado a ambientes conformes y con atmósfera normal.
5. El uso de la máquina en ambientes que presentan características particulares puede ser admitido sólo si está acordado y aprobado por la oficina técnica de LB S.p.A.
6. No está previsto el uso de la máquina para destinos de uso no conformes a los originales de fabricación.

**Ilustración 3.** Molino MRV 200. Funciones Principales.



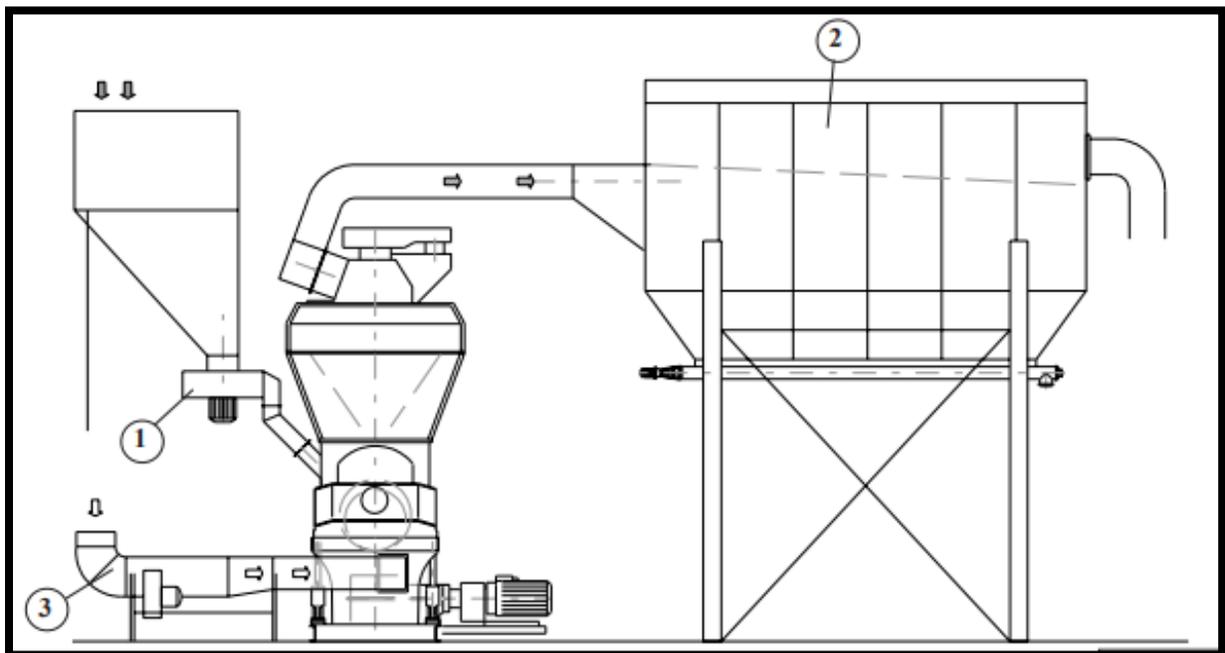
**Fuente:** Molino MRV 200. LB Officine Meccaniche.

El molino vertical de rodillos tipo MRV es un molino para moler mediante proceso en seco, que permite obtener un molido muy fino de los materiales con valores residuales hasta 0,5% mayores o iguales a 40 micrones.

La máquina está constituida principalmente por los siguientes elementos:

1. Bastidor de base.
2. Parte inferior.
3. Pista rotatoria.
4. Motorización de movimiento pista rotatoria.
5. Rodillos de molido.
6. Cámara de molido.
7. Separador dinámico.
8. Sistema oleodinámico.

**Ilustración 4.** Molino MRV 200. Elementos Principales.



**Fuente:** Molino MRV 200. LB Officine Meccaniche.

### 6.3 Marco legal

Tabla 2. Marco legal

Norma, Ley y/o Decreto	Observación
<p>ISO 14224 – Recolección de datos de mantenimiento</p>	<p>La norma ISO 14224 relaciona la criticidad de los activos de la organización como fundamento primordial de la confiabilidad y del mantenimiento.</p> <p>Por otro lado, establece la estructura jerárquica de los activos en función a la taxonomía, divididos en dos grupos (uso/localización y subdivisión de equipos).</p>
<p>ISO 9001 – Sistemas de Gestión de Calidad</p>	<p>La norma ISO 9001 establece los requisitos que debe cumplir la organización para la estandarización de sus procesos y procedimientos relacionados con la calidad en la prestación de sus servicios.</p>
<p>ISO 14001 – Sistemas de Gestión Ambiental</p>	<p>Esta normativa, establece los requisitos necesarios para una adecuada gestión ambiental por parte de la organización.</p>
<p>ISO 55001 – Gestión de Activos</p>	<p>La norma ISO 55001, establece los requisitos para la organización con el fin de orientarlos en la definición y</p>

	<p>establecimiento de sus políticas de gestión de activos, objetivos, procesos y procedimientos permitiéndole así establecer una ruta clara y precisa para la obtención de sus objetivos estratégicos de manera eficaz y eficiente.</p>
<p>ISO 45001 – Sistemas de Gestión de Salud y Seguridad en el Trabajo.</p>	<p>Esta norma tipifica los requisitos necesarios para establecer un sistema de seguridad y salud en el trabajo que fomente el trabajo seguro, la prevención de accidentes en todos los niveles de la organización y además la mejora continua del SST proactivamente.</p>
<p>Resolución 666 del 24 Abril de 2020.</p>	<p>Define los protocolos de bioseguridad para mitigar, controlar y realizar el adecuado manejo de la pandemia por el COVID 19.</p> <p>Establece las responsabilidades a cumplir por parte de los empleadores y empleados para evitar la propagación del virus.</p>

<p>Resolución 675 del 24 Abril de 2020.</p>	<p>Establece los requerimientos que deben cumplir las empresas de la industria manufacturera en cuanto a los protocolos de bioseguridad del personal. Así como también los elementos de protección personal (EPP) que deben ser suministrados a los colaboradores.</p>
<p>ISO 17024 – Sistemas de Gestión para certificación de competencias laborales.</p>	<p>Abarca la certificación de competencias laborales del personal de la organización, dónde las competencias se definen como la capacidad demostrada para aplicar conocimientos, habilidades y atributos.</p>
<p>RETIE – Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas</p>	<p>Este reglamento aplica en todas las instalaciones eléctricas utilizadas en la generación, transporte, transformación, distribución y uso final de la electricidad; incluyendo la alimentación de equipos, electrodomésticos, máquinas y herramientas.</p>
<p>ACGIH ([American Conference of Government Hygienists) – Conferencia Americana de Higienistas Gubernamentales</p>	<p>Establece los límites máximos de material particulado (inhalable o respirable) al cual puede estar expuesto un colaborador</p>

	en una jornada de 40 horas. Asimismo, sugiere los elementos de protección personal que debe usar el empleado expuesto a este tipo de ambiente.
--	--

**Fuente:** Elaboración propia.

## **7 Marco Metodológico de la Investigación**

Para el estudio de caso de este proyecto se empleará el tipo de investigación mixta, ya que se manejarán datos cuantitativos como el análisis de indicadores de confiabilidad, entrevistas al personal técnico y operativo del activo con el fin de obtener datos estadísticos y los datos cualitativos van desde el histórico y causas de las averías hasta procedimientos de mantenimiento con el fin de identificar el comportamiento de la máquina durante los últimos años.

### **7.1 Recolección de la Información**

Para el desarrollo del objetivo uno (1), se recopilará información como el histórico de fallas, manual del equipo, entrevistas, métodos de análisis de criticidad del equipo y análisis de indicadores de confiabilidad. Posteriormente para el objetivo dos (2) analizarán e identificarán las diferentes metodologías aplicables por medio de la bibliografía consultada en fuentes seguras de información. Finalmente, para el desarrollo del objetivo tres (3) se establecerán listas de chequeo para identificar el paso a paso de las estrategias, realizar la socialización y capacitación del personal, la construcción de diagramas y por último, definir el plan de mantenimiento preventivo; todo esto con el fin de construir un plan piloto para analizar el comportamiento del diagnóstico a presentar.

A continuación, se presentará la clasificación de las diferentes fuentes bajo las cuales se obtendrá la información.

### **7.1.1 Fuentes Primarias**

Las fuentes primarias que se emplearán para la obtención de información serán directamente en la empresa Corona, como lo son la ficha técnica de la máquina, reportes de falla, órdenes de trabajo, indicadores de confiabilidad y mantenibilidad, procedimientos de mantenimientos realizados, sus diferentes métodos y personal empleado, así como las entrevistas al personal más cercano a la máquina.

### **7.1.2 Fuentes Secundarias**

Se realizarán encuestas a los empleados de Corona para identificar los manejos que ellos normalmente le brindan al activo sin estar documentados o registrados, empleando también artículos científicos, tesis y diferente material de apoyo para lograr soportar la veracidad de la información y los métodos empleados en este documento.

### **7.1.3 Herramientas**

- ISO 14224 – Taxonomía de Activos
- Criticidad de activos

### **7.1.4 Metodología**

Para el desarrollo de los objetivos, se plantearon tres pasos, los cuales aportaran a estructurar de la mejor manera el diagnóstico para la solución del problema actual.

Primer paso: Se determinará la población o muestra a la cual se realizará la entrevista, que área, que departamento, porcentaje de la población que va a participar y cómo se va a desarrollar.

Determinar si los mantenimientos que están desarrollando actualmente son adecuados para la preservación del activo y si las personas se encuentran capacitadas para tal labor.

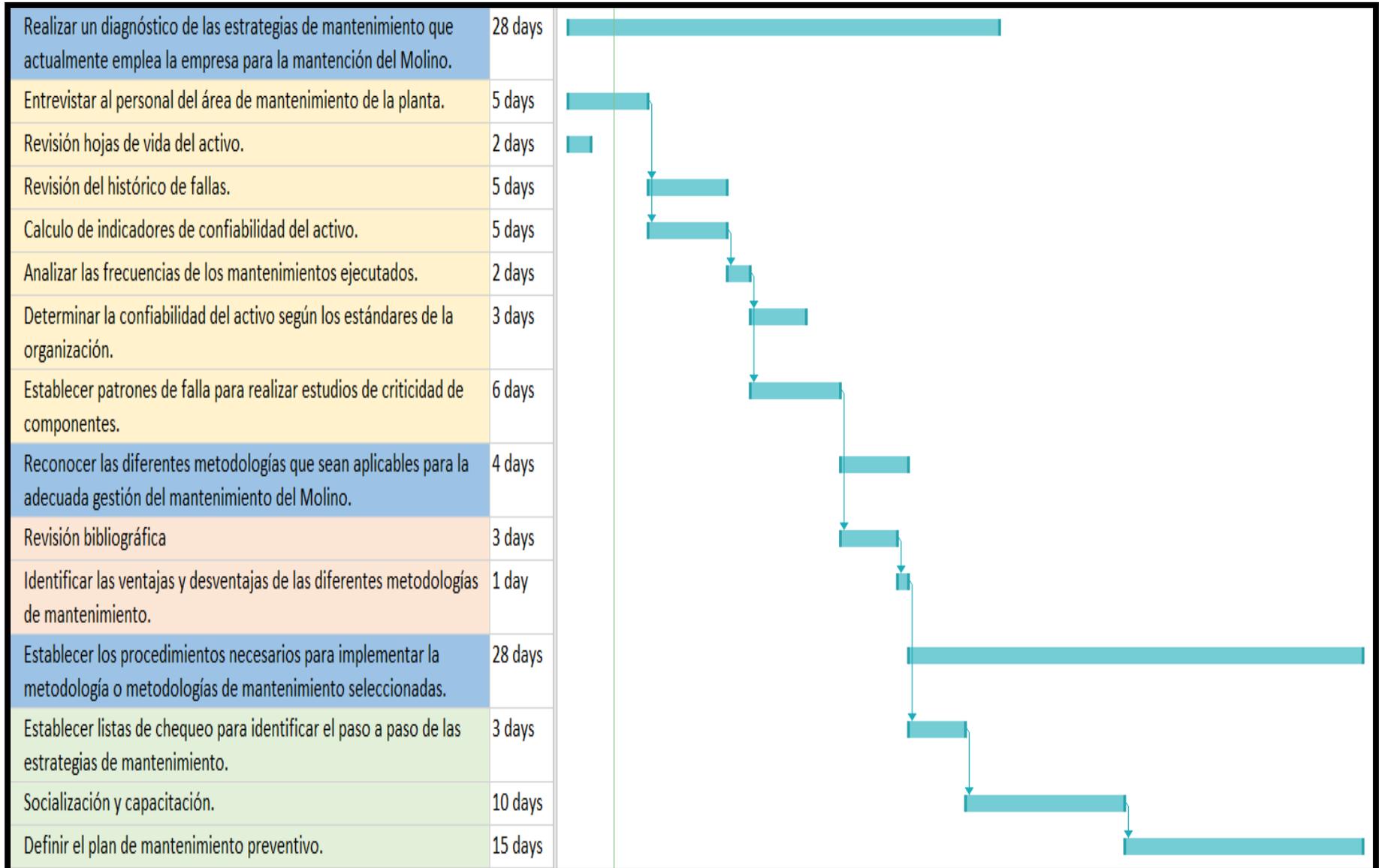
Segundo paso: Identificar los indicadores más adecuados para el análisis de las alternativas de preservación del molino.

Tercer paso: Determinar que la metodología más adecuada será la que se presenta en este proyecto ya que aporta y beneficia a la organización con un plan de mantenimiento estructurado y soportado analíticamente por medio de encuestas, indicadores y recursos.

### ***7.1.5 Cronograma***

A continuación, se realizará la presentación del cronograma donde se pueden observar las diferentes tareas y actividades a desarrollar para cumplir los objetivos específicos, su duración y si son o no sucesoras o dependientes de otras. Esto, con el fin de dar organización a las metas y cumplimiento de los plazos establecidos para el desarrollo del proyecto.

**Tabla 3.** Cronograma.



Fuente: Elaboración Propia.

## 8 Diagnóstico y Recopilación de la Información del Activo

### 8.1 Información Recopilada

Dentro de la información recopilada para el desarrollo de este proyecto se cuenta con el despiece de los diferentes sistemas que componen el molino, como lo son principalmente el sistema hidráulico y el mecánico; se presentará la hoja de vida y ficha técnica del activo, los repuestos más solicitados, los indicadores que maneja y las principales fallas.

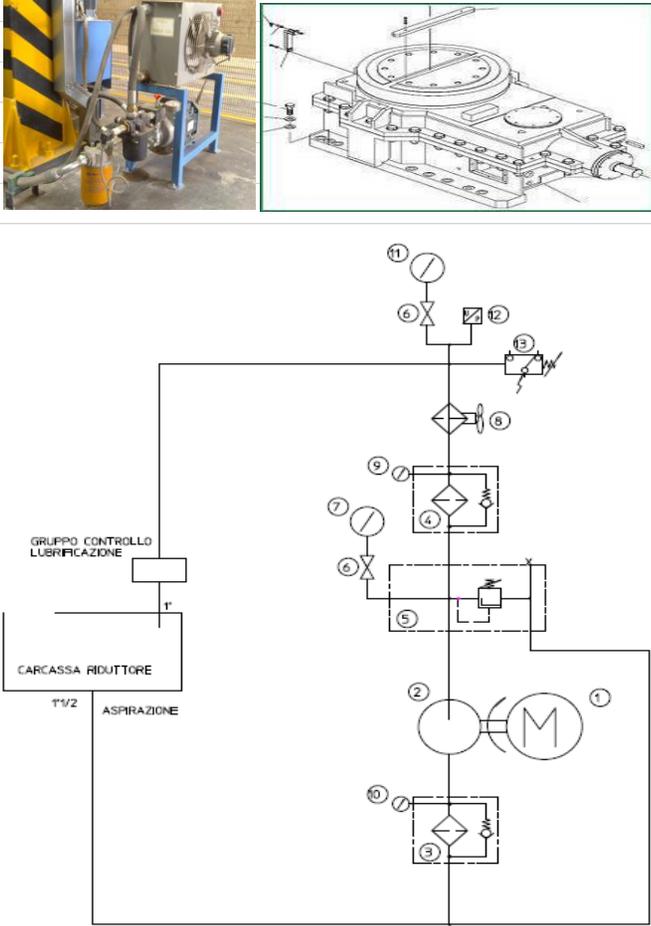
#### 8.1.1 *Sistema Hidráulico*

El sistema hidráulico este compuesto principalmente por una centralina del reductor principal y una centralina de pistones, así como los mismos pistones.

##### 8.1.1.1 **Centralina del Reductor**

A la cual se le realizan inspecciones de bomba, filtros de aspiración, temperatura de aceite, así como cambios de manómetro y de aceite entre otros, como se evidencia en la tabla que se presenta a continuación.

Tabla 4. Centralina Reductor.

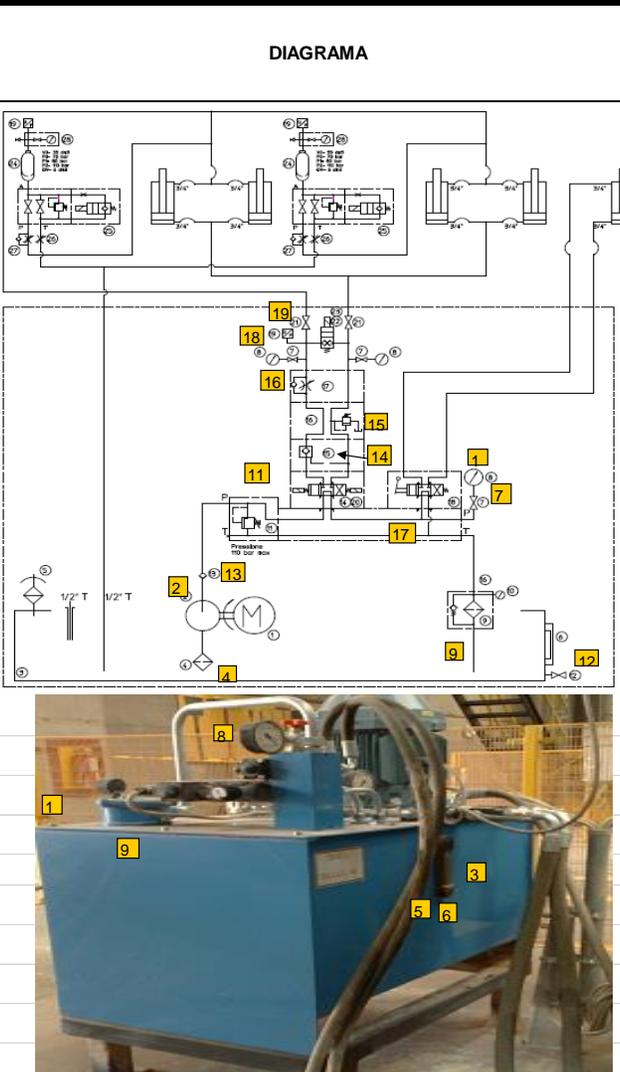
DIAGRAMA	No.	Item	Tiempo (min)	FRECUENCIA					Persona Resp.
				T	D	S	Q	M	
	1	AJUSTE DE TORNILLERIA TAPA TANQUE	10			X			FREDY RICARDO
	2	INSPECCION BOMBA DE ENGRANAJE ALP 2D 40	60			X			FREDY RICARDO
	3					X			FREDY RICARDO
	4	INSPECCION FILTRO DE ASPIRACION MPS 100 S -G1-M60	10			X			FREDY RICARDO
	5	INSPECCION NIVEL DE ACEITE	5			X			FREDY RICARDO
	6	INSPECCION TEMPERATURA DE ACEITE	5			X			FREDY RICARDO
	7	CAMBIO DE MANOMETRO PRESION	20			X			FREDY RICARDO
	8	CAMBIO DE MANOMETRO GLICERINA <sup>ø</sup> 63 0,60 ATT RAD ABS	20			X			FREDY RICARDO
	9	CAMBIO DE MANOMETRO GLICERINA <sup>ø</sup> 63 0,60 ATT RAD ABS	20			X			FREDY RICARDO
	10	INSPECCION FILTRO DE ASPIRACION MPS 100 -S-G1-M60	5			X			FREDY RICARDO
	11	INSPECCION FILTRO LMP 100 -1-BA-G1-A16N	10			X			FREDY RICARDO
	12	INSPECCION VALVULA DE MAXIMA BS,VBP,20,M1.,.001	5			X			FREDY RICARDO
	13	MANOMETRO DE ESCLUCION FT 291 , 1/4"	10			X			FREDY RICARDO
	14	INSPECCION DE INTERCAMBIADOR DE CALOR	5			X			FREDY RICARDO
	15	CAMBIO DE ACEITE	180			X			FREDY RICARDO
	16								FREDY RICARDO
	17								FREDY RICARDO
	18								FREDY RICARDO
	19								FREDY RICARDO
	20								FREDY RICARDO
	21								FREDY RICARDO
	22								FREDY RICARDO

Fuente: Elaboración Propia. Basado en Material de Apoyo CORONA.

### 8.1.1.2 Centralina de pistones

A la cual se le realizan inspecciones en las válvulas, ya sean de retorno, bloqueo o estrangulación, así como cambios de los manómetros de presión y glicerina entre otros, como se evidencia en la tabla que se presenta a continuación.

**Tabla 5.** Centralina Pistones

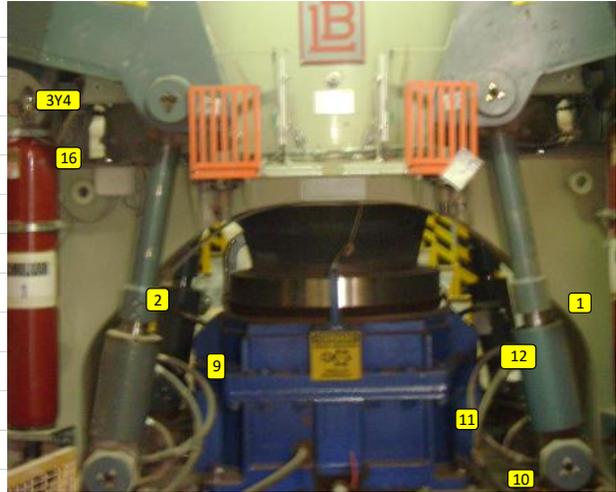
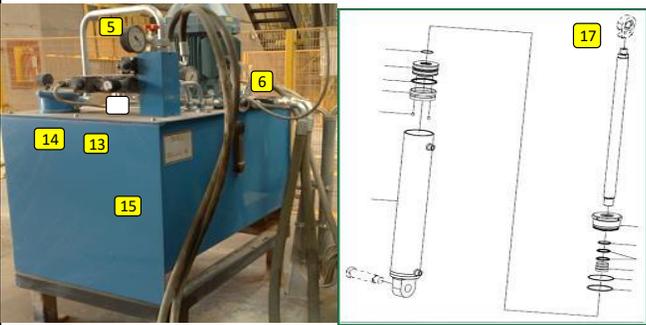
DIAGRAMA	No.	Item	Criterio	FRECUENCIA					Persona Resp.
				T	D	S	Q	M	
	1	AJUSTE DE TORNILLERIA TAPA TANQUE	TORQUE 1,16 kg/m			X			FREDY RICARDO
	2	INSPECCION BOMBA DE ENGRANAJE ALP 2D 13	180 BAR MAX			X			FREDY RICARDO
	3	INSPECCION DEL TANQUE (100LT)	SIN FUGAS			X			FREDY RICARDO
	4	INSPECCION FILTRO DE ASPIRACION SP 64B	PRESION MAX 140 BAR			X			FREDY RICARDO
	5	INSPECCION NIVEL DE ACEITE	SEGUN MIRILLA DE NIVEL			X			FREDY RICARDO
	6	INSPECCION TEMPERATURA DE ACEITE	ENTRE 30- Y 50- C			X			FREDY RICARDO
	7	CAMBIO DE MANOMETRO PRESION	FECHA DE CALIBRACION			X			FREDY RICARDO
	8	CAMBIO DE MANOMETRO GLICERINA	FECHA DE CALIBRACION			X			FREDY RICARDO
	9	INSPECCION FILTRO SOBRE EL RETORNO	PRESION MAX 0,8 BAR			X			FREDY RICARDO
	10	CAMBIO MANOMETRO PRESION RETORNO SOBRE EL HIDRAULICO	CADA 2 MESES			X			FREDY RICARDO
	11	INSPECCION BLOQUE 2 POSICIONES VALVULA DE ALIVIO REGULACION BOMBA	TOMAR MEDICION TORNILLO			X			FREDY RICARDO
	12	INSPECCION VALVULA ESFERA BAJA PRESION DE 1/2	SIN FUGAS DE ACEITE TOTALMENTE CERRADO SIN FUGAS DE ACEITE			X			FREDY RICARDO
	13	INSPECCION VALVULA DE RETORNO	SIN FUGAS DE ACEITE			X			FREDY RICARDO
	14	INSPECCION VALVULA DE BLOQUEO	QUE NO SUPERE 120 BAR			X			FREDY RICARDO
	15	INSPECCION VALVULA DE MAX	QUE NO SUPERE 80 BAR			X			FREDY RICARDO
	16	INSPECCION VALVULA DE ESTRANGULACION	ESTE AL 50% CERRADA			X			FREDY RICARDO
	17	INSPECCION DISTRIBUIDOR MANUAL	PRESION MAX 120 BAR , BAJAR Y SUBIR PISTONES COMPROBAR PRESIONES AJUSTADAS AL SISTEMA			X			FREDY RICARDO
	18	INSPECCION TRANSDUCTOR DE PRESION	SIN FUGAS DE ACEITE			X			FREDY RICARDO
	19	INSPECCION VALVULA DE ESFERA DE 1/2	TOTALMENTE ABIERTO			X			FREDY RICARDO

Fuente: Elaboración Propia. Basado en Material de Apoyo CORONA.

### 8.1.1.3 Pistones

A los cuales se le realizan inspecciones y ajustes de mangueras hidráulicas entre otros, como se evidencia en la tabla que se presenta a continuación.

Tabla 6. Pistones.

DIAGRAMA	No.	Item	Criterio	FRECUENCIA					Persona Resp.	
				T	D	S	Q	M		
	1	INSPECCION PISTONES	SIN FUGAS EXECIVAS			X			RICARDO FREDY	
	2	AJUSTE TORNILLOS BRAZO PISTONES (12mm)	TORQUE 8,74kg/m				X		RICARDO FREDY	
	3	INSPECCION PRESION ACUMULADOR	ENTRE 40 Y 50 BAR			X			RICARDO FREDY	
	4	INSPECCION PRESION ACUMULADOR EN PROCESO	ENTRE 70 Y 80 BAR			X			RICARDO FREDY	
	5	INSPECCION VALVULA DE SEGURIDAD	PRESION MAX 120 BAR PARA SU ACTIVACION			X			RICARDO FREDY	
	6	INSPECCION ESTRANGULADOR DE 3/8	ABIERTO REGULACION AL 90%			X			RICARDO FREDY	
	7	INSPECCION ESTRANGULADOR DE 1/2	ABIERTO REGULACION AL 50%			X			RICARDO FREDY	
	8	INSPECCION APERTURA DE CONTROL DE RECARGA ACUMULADOR	PRESION MAX 100 BAR PRESION MIN 50 BAR SIN FUGAS O PERFORACIONES			X			RICARDO FREDY	
	9	AJUSTE DE MANGUERAS HIDRAULICO	TORQUE 1,16 kg/m			X			RICARDO FREDY	
	10	AJUSTE DE SOPORTE MANGUERAS HIDRAULICO (6 mm)	SIN FUGAS O PERFORACIONES ABIERTOS			X			RICARDO FREDY	
	11	INSPECCION DE MANGUERAS HIDRAULICO	CADA 4000 HORAS DE TRABAJO			X			RICARDO FREDY	
	12	INSPECCION REGISTROS SISTEMA HIDRAULICO	CADA 4000 HORAS DE TRABAJO			X			RICARDO FREDY	
	13	CAMBIO DE ACEITE SHELL TELLUS 46	CADA 1000 HORAS DE TRABAJO			X			RICARDO FREDY	
	14	CAMBIO DE FILTROS	ENTRE 40 Y 50 BAR			X			RICARDO FREDY	
	15	ANALISIS DE MUESTRAS DEL HIDRAULICO	DESGASTE MAX 1 mm			X			RICARDO FREDY	
		16	CARGA DE ACUMULADORES	POR CONDICION FUGAS EXECIVAS			X			RICARDO FREDY
		17	INSPECCION ROTULA BRAZO PISTON				X			RICARDO FREDY
		18	CAMBIO DE PISTONES HIDRAULICOS				X			RICARDO FREDY
19										
20										
21										
22										

Fuente: Elaboración Propia. Basado en Material de Apoyo CORONA.

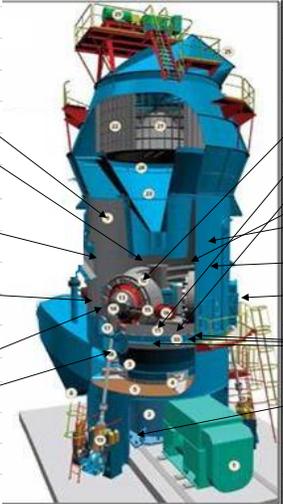
### **8.1.2 Sistema Mecánico**

El sistema mecánico conformado por el molino, un clasificador y un sistema de alimentación.

#### **8.1.2.1 Molino**

Al cual se le realizan cambios de tornillería en las corazas, en las tapas y en las láminas de protección, así como ajustes en la tornillería y calibración de rodillos entre otros, como se evidencia en la tabla que se presenta a continuación.

Tabla 7. Molino

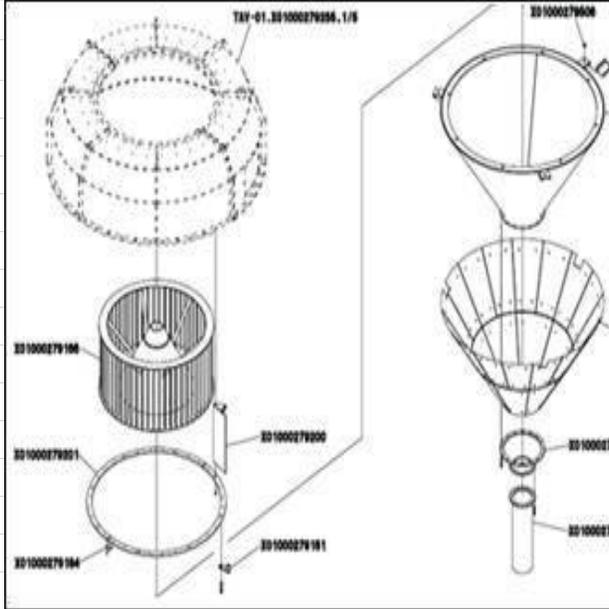
DIAGRAMA	No.	Item	Criterio	FRECUENCIA					Persona Resp.
				T	D	S	Q	M	
	1	INSPECCION LAMINAS INTERNAS DUCTO DEL MOLINO	SIN PERFORACIONES					X	FREDY RICARDO
	2	INSPECCION LAMINAS INTERNAS CLASIFICADOR	SIN PERFORACIONES					X	FREDY RICARDO
	3	CAMBIO DE TORNILLERIA LAMINAS INTERNAS CLASIFICADOR	CADA 4 MESES - POR CONDICION DE DESGASTE					X	FREDY RICARDO
	4	CAMBIO DE LAMINAS MEDIALUNA CAMARA MRV	CADA 4 MESES - POR CONDICION DE DESGASTE					X	FREDY RICARDO
	5	CAMBIO DE LAMINAS LATERALES CAMARA MRV	CADA 2 MESES - POR CONDICION DE DESGASTE					X	FREDY RICARDO
	6	CAMBIO DE CORAZAS INFERIORES CAMARA MRV	POR CONDICION DE DESGASTE					X	FREDY RICARDO
	7	CAMBIO DE CORAZA PUERTA DE INPECCION	CADA 4 MESES - POR CONDICION DE DESGASTE					X	FREDY RICARDO
	8	CAMBIO DE CORAZAS INTERMEDIAS CAMARA MRV	CADA 8 MESES					X	FREDY RICARDO
	9	CAMBIO DE CORAZAS SUPERIORES CAMARA MRV	CADA AÑO					X	FREDY RICARDO
	10	CAMBIO DE LAMINAS PROTECCION RODILLO	CADA 4 MESES - POR CONDICION DE DESGASTE					X	FREDY RICARDO
	11	CAMBIO DE LAMINAS TAPAS GUARDAPOLVO LATERALES	CADA 4 MESES - POR CONDICION DE DESGASTE					X	FREDY RICARDO
	12	CAMBIO DE LAMINAS POLIURETANO TAPAS LATERALES	CADA 4 MESES - POR CONDICION DE DESGASTE					X	FREDY RICARDO
		13	CAMBIO DE LAMINAS BAJANTE CAMARA MOLIENDA	CADA 2 MESES - POR CONDICION DE DESGASTE					X
14		CAMBIO DE TORNILLERIA CORAZAS CAMARA MRV	CADA 4 MESES - POR CONDICION DE DESGASTE					X	FREDY RICARDO
15		CAMBIO DE TORNILLERIA TAPAS LATERALES	CADA 4 MESES - POR CONDICION DE DESGASTE					X	FREDY RICARDO
16		CAMBIO DE TORNILLERIA LAMINAS DE PROTECCION RODILLO	CADA 4 MESES - POR CONDICION DE DESGASTE					X	FREDY RICARDO
17		MEDICION DESGASTE SEGMENTOS PISTA	40 mm MAX DESGASTE por condicion					X	FREDY RICARDO
18		CAMBIO DE PISTA	POR CONDICION DE DESGASTE					X	FREDY RICARDO
19		CAMBIO DE DEFLECTORES PISTA	CADA 4 MESES - POR CONDICION DE DESGASTE					X	FREDY RICARDO
20		CAMBIO DE ANILLO PISTA	CADA AÑO					X	FREDY RICARDO
21		CAMBIO DE TORNILLERIA ANILLO PISTA	CADA 4 MESES - POR CONDICION DE DESGASTE					X	FREDY RICARDO
22		MEDICION DESGASTE RODILLOS	40 mm MAX DESGASTE por condicion					X	FREDY RICARDO
23		CAMBIO DE RODILLOS	CADA 4 MESES - POR CONDICION DE DESGASTE					X	FREDY RICARDO
24		INSPECCION CUERPO DEL MOLINO	SIN FUGAS O PERFORACIONES					X	FREDY RICARDO
25		INSPECCION TORNILLOS DE ANCLAJE MOLINO	SIN DESAJUSTE					X	FREDY RICARDO
26		CAMBIO DE BUCOLAS PISTONES	CADA 4 MESES - POR TBM					X	FREDY RICARDO
27		CAMBIO DE PASADORES BUCOLAS PISTONES	CADA 4 MESES - POR TBM					X	FREDY RICARDO
28		AJUSTE DE TORNILLOS 10mm BUCOLAS	TORQUE 5,18 kg/m					X	FREDY RICARDO
29		CALIBRACION DE RODILLOS	SEGÚN TONELAJE O DESGASTE CUERPOS					X	FREDY RICARDO
30		AJUSTE DE TORNILLOS 12mm ANILLO PISTA	TORQUE 8,74 kg/m					X	FREDY RICARDO
31		AJUSTE DE TORNILLO 36 MM BRIDA SUJECION RODILLO	TORQUE SEGÚN GRADO DUREZA					X	FREDY RICARDO
32		INSPECCION PROTECCION INTERMEDIA CLASIFICADOR	SIN PASO DE MATERIAL					X	FREDY RICARDO

Fuente: Elaboración Propia. Basado en Material de Aoyo CORONA.

#### 8.1.2.2 Clasificador

Al cual se le realizan mediciones e inspecciones de desgaste de espesores, así como cambios y ajustes de correas, como se evidencia en la tabla que se presenta a continuación.

**Tabla 8.** Clasificador.

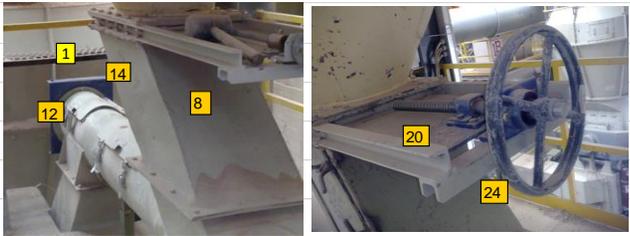
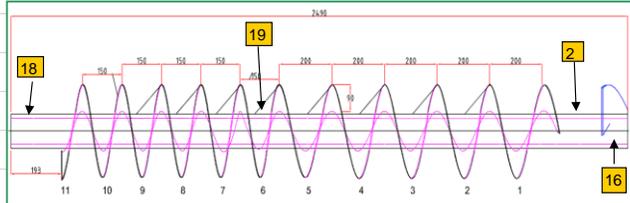
DIAGRAMA	No.	Item	Criterio	FRECUENCIA					Persona Resp.
				T	D	S	Q	M	
	1	MEDICION DE DESGASTE DE POLEA CONDUCTORA 3 CANALES 1 60 3SPB	3 mm MAX DESGASTE					X	FREDY RICARDO
	2	AJUSTE DE TORNILLOS 10 mm POLEA CONDUCTORA	TORQUE 5,18 Kg/m					X	FREDY RICARDO
	3	MEDICION DE DESGASTE DE POLEA CONDUCTORA	3 mm MAX DESGASTE					X	FREDY RICARDO
	4	AJUSTE DE TORNILLOS 10 mm POLEA CONDUCTORA	TORQUE 5,18 Kg/m					X	FREDY RICARDO
	5	INSPECCION CUÑERO EJE ROTOR CLASIFICADOR	DESGASTE MAX 3 mm					X	FREDY RICARDO
	6	MEDICION DESGASTE ESPESOR DE ASPAS CLASIFICADOR	DESGASTE MAX 5 mm ANCHO					4	FREDY RICARDO
	7	MEDICION DESGASTE ESPESOR DE FUNDAS CLASIFICADOR	DUREZA APROX 40 SHORT B					4	FREDY RICARDO
	8	INSPECCION VIBRACION RODAMIENTOS CLASIFICADOR	CADA 3 MESES						FREDY RICARDO
	9	LUBRICACION RODAMIENTOS	APLICAR 20,8 gr 20 BOMBASOS					X	FREDY RICARDO
	10	INSPECCION TUBO DE RETORNO CONO DE RECHAZO	SIN PERFORACIONES					X	FREDY RICARDO
	11	INSPECCION Y AJUSTE TORNILLO 12 mm TUBO DE RECHAZO	TORQUE 8,74 Kg/m					2	FREDY RICARDO
	12	INSPECCION DESGASTE CONO DE RECHAZO	SIN PERFORACIONES					X	FREDY RICARDO
	13	INSPECCION LAMINAS DE PROTECCION DEL RETORNO AL CONO	SIN PERFORACIONES					X	FREDY RICARDO
	14	AJUSTE DE TORNILLOS 12 mm LAMINAS PROTECCION CONO	TORQUE 8,74 Kg/m					X	FREDY RICARDO
		15	INSPECCION CORREAS BX 150 CLASIFICADOR	SIN FISURAS					X
16		AJUSTE CORREAS BX 150 CLASIFICADOR	TENCION NO > A 2 cm DE ELONG					X	FREDY RICARDO
17		CAMBIO DE CORREAS CLASIFICADOR	CADA 6 MESES TBM					6	FREDY RICARDO
18		CAMBIO DE FUNDAS CLASIFICADOR	1 VEZ AL AÑO					12	FREDY RICARDO
19		INSPECCION COMPUERTAS CLASIFICADOR	SIN FUGAS DE AIRE					X	FREDY RICARDO
20		INSPECCION PROTECCION INTERMEDIA CLASIFICADOR	SIN PASO DE MATERIAL					X	FREDY RICARDO
21									
22									

**Fuente:** Elaboración Propia. Basado en Material de Apoyo CORONA.

### 8.1.2.3 Alimentación

Al cual se le realizan inspecciones de carcasa, rodamientos, temperatura compuertas inferiores y superiores, así como ajustes de la tornillería y mediciones de desgaste de los piñones, como se evidencia en la tabla que se presenta a continuación.

**Tabla 9.** Alimentación.

DIAGRAMA	No.	Item	Criterio	FRECUENCIA					Persona Resp.
				T	D	S	Q	M	
	1	INSPECCION CARCAZA	SIN PERFORACIONES			X			FREDY RICARDO
	2	MEDICION DESGASTE ELICE GUSANO	DESGASTE MAX 30mm			X			FREDY RICARDO
	3	MEDICION DESGASTE PIÑON CONDUCCIDO	DESGASTE MAX 1 mm ENTRE Z			X			FREDY RICARDO
	4	MEDICION DESGASTE PIÑON CONDUCTOR	DESGASTE MAX 1 mm ENTRE Z			X			FREDY RICARDO
	5	AJUSTE TENCION CADENA 12 B	ELONGACION MAX. 1 cm			X			FREDY RICARDO
	6	INSPECCION RODAMIENTOS CAPSULA	SIN CONTAMINACION			X			FREDY RICARDO
	7	INSPECCION RODAMIENTOS FY	SIN CONTAMINACION			X			FREDY RICARDO
			CAMBIO DE SINFIN ALIMENTADOR	POR CONDICION DE DESGASTE SIN FUGAS O PERFORACIONES			X		
	8	INSPECCION BAJANTE	SIN FUGAS O PERFORACIONES			X			FREDY RICARDO
	9	INSPECCION TEMPERATURA DEL REDUCTOR	$< 0 = A 50 \cdot$			X			FREDY RICARDO
	10	LUBRICACION ACEITE REDUCTOR	EN LA MITAD DE LA MIRILLA			X			FREDY RICARDO
	11	AJUSTE TORNILLO TENSOR REDUCTOR (12mm)	TORQUE DE 8,74 kg/m			X			FREDY RICARDO
	12	INSPECCION COMPUERTAS SUPERIORES SINFIN	SIN FUGAS O PERFORACIONES			X			FREDY RICARDO
	13	INSPECCION COMPUERTAS INFERIORES SINFIN	SIN FUGAS O PERFORACIONES			X			FREDY RICARDO
	14	AJUSTE TORNILLOS COMPUERTAS (12mm)	TORQUE DE 8,74 kg/m			X			FREDY RICARDO
	15	AJUSTE TORNILLOS CARCAZA (12mm)	TORQUE DE 8,74 kg/m			X			FREDY RICARDO
	16	INSPECCION DESGASTE EJE DE TRANSMISION	DESGASTE NO > A 0,5 mm			X			FREDY RICARDO
	17	INSPECCION CHAVETERO EJE DE TRANSMISION	DESGASTE NO > A 0,5 mm			X			FREDY RICARDO
	18	INSPECCION EJE POSTERIOR	DESGASTE NO > A 0,5 mm			X			FREDY RICARDO
	19	INSPECCION TUBO SINFIN	DESGASTE NO > A 5 mm			X			FREDY RICARDO
	20	AJUSTE COMPUERTA DE APERTURA SILO	SIN FUGAS O PERFORACIONES			X			FREDY RICARDO
	21	AJUSTE TORNILLOS DE FIJACION REDUCTOR	TORQUE DE 8,74 kg/m			X			FREDY RICARDO
	22	LUBRICACION DE RODAMIENTOS	10 gr GRASA MOVIL CH460			X			FREDY RICARDO
	23	INSPECCION DE RODAMIENTOS	DESGASTE NO > A 0,5 mm			X			FREDY RICARDO
24	INSPECCION TIMON DE APERTURA SILO	QUE NO ESTE FRENADO			X			FREDY RICARDO	

Fuente: Elaboración Propia. Basado en Material de Apoyo CORONA.

\*Nota: Las tablas presentadas en el numeral 7, hasta el 7.1.2.3. se pueden visualizar en el siguiente Anexo 1. SISTEMAS MOLINO.

## 8.2 Hoja de Vida del Activo

**Tabla 10.** Hoja de Vida Molino MRV 200.

<b>HOJA DE VIDA ACTIVO</b>	
<b>IDENTIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE EQUIPO</b>	
Nombre del Equipo:	MOLINO MRV 200
Ubicación del equipo:	
Marca:	LB
Modelo:	2015
Serie:	VERTICAL ROLLER MILL
Fecha de puesta en funcionamiento:	2015
<b>DATOS DEL PROVEEDOR</b>	
Fabricante y Lugar de origen:	lb-technology/ italia
Fecha de adquisición:	2015
Nombre de proveedor y Dirección:	lb-technology
Mantenimiento indicado por el fabricante:	anual
<b>CARACTERÍSTICAS METROLOGICAS DEL EQUIPO</b>	
Medición a realizar:	CALIBRACION TONELADAS
Tipo de mantenimiento	overhaul
Energías existentes    Eléctrica    Hidráulica    Neumática    Vacío	COLCERAMICA CORONA <b>CLIENTE</b>
Presión de Trabajo: 110 bar	
Frecuencia : 60 hz	
Voltaje: 440 vc	
Garantía: SI <input type="checkbox"/> x    NO <input type="checkbox"/>	



**Fuente:** Elaboración Propia. Basado en Material de Apoyo CORONA.

### 8.2.1.1 Repuestos

Tabla 11. Repuestos Molino MRV 200.

CANTIDAD	CODIGO	REPUESTO
2	30000048766	ZBB_MTTTO Cod. Nuevo-30000026882
2	30000043933	RODAMIENTO 6205 2RSR
4	30000026220	X01000275803 RUEDA
4	30000043936	RODAMIENTO 6206 2RS C3
4	30000043972	RODAMIENTO 6212 2Z C3
4	30000026130	RODAMIENTO 51112
8	30000026213	X01000275042 RUEDA pb
1	30000051311	ELEMENTO FLEXIBLE ACOUPLE GE24
2	30000050360	X01000275071 MEMBRANA
2	30000043492	PULSANTE EMERGENCIA XAL-J174
2	30000046449	RELE PHOENIXCONTAC PLCRSC24/21
2	30000024926	INTERRUPTOR VCF2GE SECCIONADOR TELEM
1	30000033773	INTERRUPTOR VCF3GE-SECCIONADOR COFRE
1	30000031003	ACELEROMETRO 25MM/S 10 100HX VLV021 24VD
5	30000020457	CONECTOR TRANDUCTOR BP1 REF 07 08 AEP
4	30000050687	RETENEDOR 70-90-10
4	30000050384	X01000278017 PERNO
5	30000027117	X01000277052 CORAZA TIPO B
12	30000033189	X01000272147 ESPESOR SEGMENTOS MOLIENTES
2	30000026271	SOPORTE FILTRO MRV 200
4	30000026212	X01000275037 ARANDELA
2	30000026128	X01000275022 RETENEDOR pb
1	30000028573	X01000278500 BRAZO
0	30000027148	BUJE BRAZO PISTON HIDRAULICO MOLINO MRV
2	30000060552	RETENEDOR 100-130-16 VITON
2	60000023933	PILA AA 1.5V
100	60000026079	ADHESIVO AMARRE PLASTICO
6	60000016655	PLATINA ANTIDESGASTE 93X10X7MM POLIURETA
20	60000020272	RETAL 1A LIMPIEZA MECANICA
2	60000002360	CHAPA TABLERO ELECTRICO TIPO BOMBIN CON
2	60000026882	CANDADO MEDIANO CLAVE
6,1	60000028443	CADENA 12B DOBLE
5	60000022614	TELA CERAMICA ALUMINIO 1/8X1P
20	60000024441	SOLDADURA WESTHARD70 5/32
15	60000024460	SOLDADURA 7018 1/8
15	60000024457	SOLDADURA 6011 1/8
2	60000023569	LOCTITE 495

Fuente: Elaboración Propia. Basado en Material de Apoyo CORONA.

#### 8.2.1.1 Bases de datos

La organización Corona, dentro de su programa de mantenimiento y manejo de activos recopila y almacena información de las novedades presentadas o de requerimientos solicitados para los diferentes activos que manejan, por medio de la herramienta de Microsoft Excel, ayudando así a la coordinación de actividades mensuales, preventivas o predictivas para su maquinaria.

**Tabla 12.** Base de Datos Averías.

ID	MES	FECHA	ACTIVIDAD	Eq PROCESO	MAQUINA
49	enero	6/01/2020	Mecánica	AREA MOLIENDA PASTA	MOLINO MRV 200 1
90	enero	21/01/2020	Eléctrica	AREA MOLIENDA PASTA	MOLINO MRV 200 1
131	febrero	6/02/2020	Mecánica	AREA MOLIENDA PASTA	MOLINO MRV 200 1
141	febrero	8/02/2020	Mecánica	AREA MOLIENDA PASTA	MOLINO MRV 200 1
152	febrero	12/02/2020	Mecánica	AREA MOLIENDA PASTA	MOLINO MRV 200 1
165	febrero	16/02/2020	Mecánica	AREA MOLIENDA PASTA	MOLINO MRV 200 1
166	febrero	16/02/2020	Mecánica	AREA MOLIENDA PASTA	MOLINO MRV 200 1
200	marzo	1/03/2020	Mecánica	AREA MOLIENDA PASTA	MOLINO MRV 200 1
330	junio	20/06/2020	Mecánica	AREA MOLIENDA PASTA	MOLINO MRV 200 1
366	julio	1/07/2020	Eléctrica	AREA MOLIENDA PASTA	MOLINO MRV 200 1
460	agosto	5/08/2020	Eléctrica	AREA MOLIENDA PASTA	MOLINO MRV 200 1
462	agosto	5/08/2020	Mecánica	AREA MOLIENDA PASTA	MOLINO MRV 200 1
463	agosto	5/08/2020	Mecánica	AREA MOLIENDA PASTA	MOLINO MRV 200 1

DESCRIPCIÓN	TIEMPO PERDIDO (min)	PAROS CORREG	TIPO DE PARO
SE PARTE TUBO PORTAALETAS LADO TRANSMISION SINFIN 120	200	1	AVERIA
DAÑO REDUCTOR Y MOTOR SIN FIN 1260	115	1	AVERIA
SE PARTE BASE DEL PISTON	180	1	AVERIA
EMPATE CADENA ROTO	60	1	AVERIA
SE PARTE TORNILLOS DEL ANILLO QUE AJUSTA LOS PISTONES MOLINO 1	180	1	AVERIA
SE PARTE TORNILLO DEL SOPORTE INTERMEDIO DEL SIN FIN 07	60	1	AVERIA
SE SAFA ANILLO PISTA MOLINO	40	1	AVERIA
DAÑO CAPSULA TRASMISION SIN FIN 2225	300	1	AVERIA
AVERIA RODADAMIENTO SIN FIN	370	1	AVERIA
DAÑO MOTOR DEL VENTILADOR DE REFRIGERACION #2	180	1	AVERIA
averia por daño del motor del ventilador centralina	155	1	AVERIA
daño bomba centralina	450	1	AVERIA
Daño valvula regulacion presion molino	480	1	AVERIA

**Fuente:** Elaboración Propia. Basado en Material de Apoyo CORONA.

Tabla 13. Manejo de datos.

MES	FECHA	TURNO	TECNICO	ACTIVIDAD	Eq PROCESO
diciembre	01/12/2020	2		Mecánica	AREA ENSAMBLE LINEA 01
diciembre	02/12/2020	3	PLINO FIG	Eléctrica	AREA CARGUE HORNO 9
diciembre	02/12/2020	2	GIOVANNI	Mecánica	AREA ENSAMBLE LINEA 01
diciembre	03/12/2020	3	GIOVANNI	Mecánica	AREA CARGUE HORNO 1
diciembre	03/12/2020	3	SEBASTIA	Eléctrica	AREA ENSAMBLE LINEA 01
diciembre	03/12/2020	3	JAIRO HEF	Mecánica	AREA DESCAR HORNO REVISION Y EMPAQUE 09
diciembre	03/12/2020	3	JAIRO HEF	Mecánica	AREA DESCAR HORNO REVISION Y EMPAQUE 10
diciembre	03/12/2020	1	SEBASTIA	Mecánica	AREA ENSAMBLE LINEA 07
diciembre	03/12/2020	1	JOSE BAS	Mecánica	AREA ENSAMBLE LINEA 12
diciembre	03/12/2020	2	DAVID VEL	Eléctrica	AREA MOVIMENTACION

MAQUINA	AREA	SECCION	DESCRIPCIÓN	TIEMPO PERDIDO (min)	PAROS CORREG	TIPO DE PARO	TIEMPO HORAS
PRENSA HIDRAULICA 1 PH1400	ENSAMBLE	Sección de ensamble	tecnico se encontraba en el comedor. 50min.	50	1	AVERIA	0,8
VEHICULO AUTOGUIADO TGV 1 HORNO 9	MOVIMHORNO	Sección Movimentación y hornos	des' pues de un bloqueo del TGB en la plaza del brazo	230	1	AVERIA	3,8
PRENSA HIDRAULICA 1 PH1400	ENSAMBLE	Sección de ensamble	produccion se revisa y se encuentra correa reventada	0			0,0
LINEA CARGUE HORNO 1	MOVIMHORNO	Sección Movimentación y hornos	línea de ingreso al horno por prisioneros de la polea	30	1	AVERIA	0,5
SECADERO VERTICAL 1EVA 270	ENSAMBLE	Sección de ensamble	temperaturas altas secadero A11= 190 y A13= 210.	0			0,0
FORMADORA DE CAJAS WRAP REVISION H9	REV Y EMPAQU	Sección Revisión y Empaque	empujador	160	1	AVERIA	2,7
MESA DESCARGUE HORNO 10	REV Y EMPAQU	Sección Revisión y Empaque	motorizado, trancones y producción partida secadero	70	1	AVERIA	1,2
PRENSA HIDRAULICA 7 PH1400	ENSAMBLE	Sección de ensamble	la pulidora (30 minutos).	0			0,0
PRENSA HIDRAULICA 14 PH2090	ENSAMBLE	Sección de ensamble	cambio encoder molde y se baja el molde 150'+250 min	400	1	AVERIA	6,7
TRANSFER HIDRAULICO 2 HORNOS 7 & 8	MOVIMHORNO	Sección Movimentación y hornos	del tecnico. 140 minutos	528	1	AVERIA	8,8

Fuente: Elaboración Propia. Basado en Material de Apoyo CORONA.

Excel ayuda a organizar la información de forma coherente y clara para que a cualquier persona de la organización le sea fácil de interpretar. Se almacenan datos como lo son el tipo de actividad, el proceso, para que máquina, el área responsable, a que sección se remite, el tipo de descripción, el tipo de paro y el tiempo.

### **8.3 Entrevistas al personal del Área de Mantenimiento**

Bajo el desarrollo de la encuesta que se presenta a continuación se desarrolló la recopilación de la información del cómo se está manejando el proceso del mantenimiento del activo actualmente.

**Ilustración 5.** Entrevista.

1.	¿Conoce usted el funcionamiento del Molino?	
	X	SI
	X	NO
2.	¿Qué tipo de mantenimiento se le realiza al molino?	
	X	Preventivo
	X	Overhaul
	X	Correctivo
	X	Predictivo
3.	¿En que sistema considera que se presentan más las fallas?	
	X	Hidraulico
	X	Electrico - Control
	X	Mecánico
4.	¿Cuál falla es la mas recurrente?	
	_____	
	_____	
	_____	
5.	¿Qué considera que haga falta para el mantencion adecuada del equipo?	
	X	Presupuesto
	X	Mantenimientos preventivos
	X	Mayor seguimiento y control
6.	¿Recibe capacitaciones sobre la operación y mantenimiento del Molino?	
	X	SI (Frecuencia _____)
	X	NO
7.	¿Cuál es la frecuencia de mantenimiento?	
	X	Semanal
	X	Semestral
	X	Anual

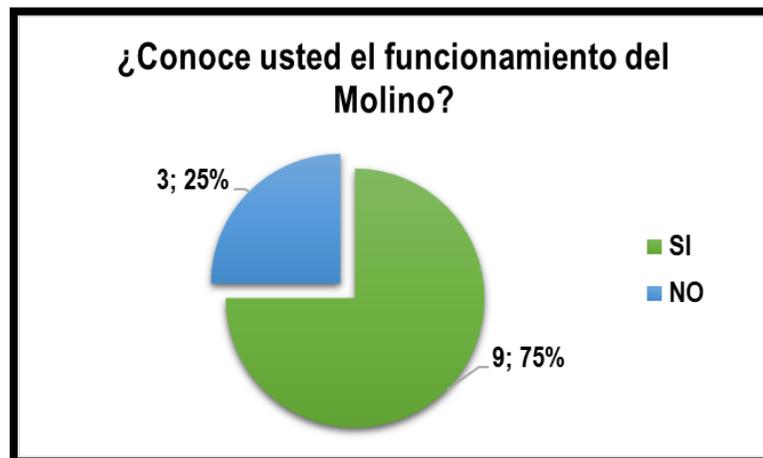
**Fuente:** Elaboración Propia. Basado en Material de Apoyo CORONA.

### 8.3.1 Análisis de Datos de la Entrevista

Para dar cumplimiento con el objetivo específico de realizar un diagnóstico de las estrategias de mantenimiento que actualmente emplea la empresa en la mantención del Molino, se llevó a cabo una entrevista estructurada, la cual se aplicó a doce (12) personas de la compañía entre técnicos de mantenimiento y personal de operaciones.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de dicha aplicación:

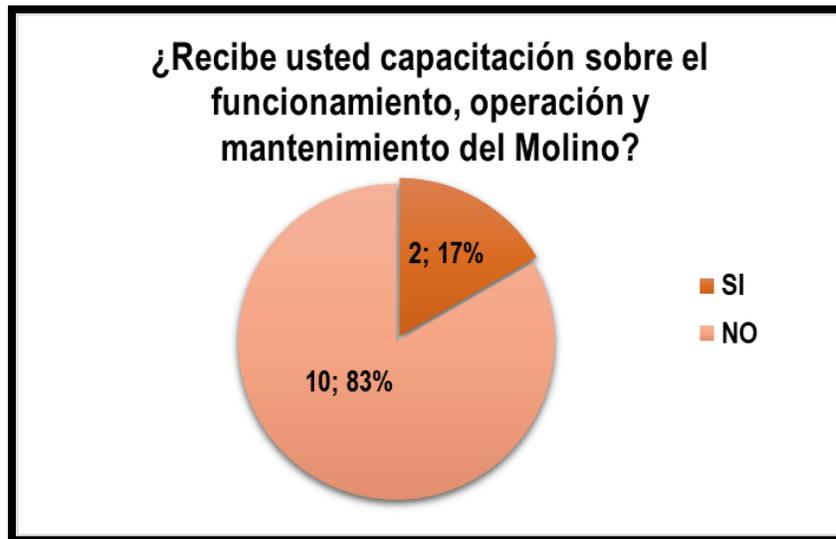
**Grafica 1.** ¿Conoce usted el funcionamiento del Molino?



**Fuente:** Elaboración propia.

Del total de la muestra consultada, el 75 % (9 personas) conoce el funcionamiento del activo, mientras que el 25 % restante no conoce el funcionamiento de este.

**Grafica 2.** ¿Recibe usted capacitación sobre el funcionamiento, operación y mantenimiento del Molino?



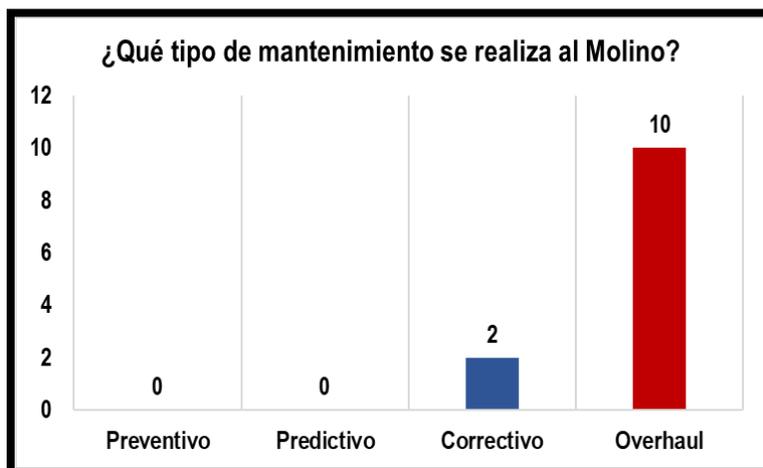
**Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo con el personal entrevistado, el 83 % de ellos coincide en que no reciben capacitaciones sobre el funcionamiento, operación y mantenimiento del Molino.

En este sentido, se puede inferir que se requiere la socialización y capacitación al personal de la planta, de tal manera que se encuentren familiarizados con los activos de la organización y su contribución con el cumplimiento de objetivos establecidos por la organización.

Asimismo, es importante destacar que los encargados de mantenimiento y operaciones del molino deben conocer cómo funciona el mismo ya que esto les permitirá detectar anomalías o fallas prematuras que se pudiesen presentar en el equipo.

**Grafica 3.** ¿Qué tipo de mantenimiento se le realiza al Molino?

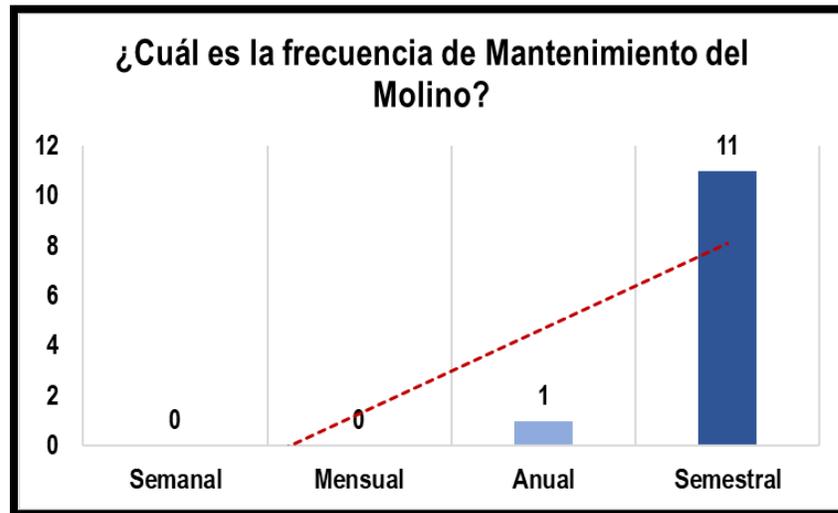


**Fuente:** Elaboración propia.

En lo correspondiente a las estrategias de mantenimiento aplicadas actualmente al activo, el 83,3 % de los entrevistados coincide que el mantenimiento que se realiza al Molino es del tipo Overhaul, esta estrategia de mantenimiento se centra en el reemplazo o sustitución de piezas o componentes de alto impacto en el funcionamiento del equipo. Asimismo, al ejecutarse mantenimientos del tipo Overhaul no se considera sí el componente o piezas del activo cuentan con una vida útil considerable y que no sea necesario su reemplazo.

Por otro lado, se puede evidenciar que las políticas de mantenimiento predictivo y preventivo para el activo son nulas dentro de la organización, esto como resultado de la inexistencia de un plan o estrategias para la adecuada mantención del activo de la organización.

**Ilustración 7** ¿Cuál es la frecuencia de mantenimiento del Molino?

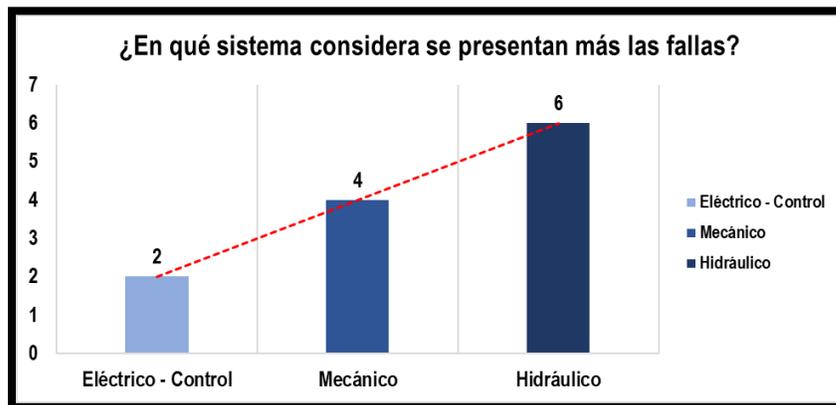


**Fuente:** Elaboración propia.

Para las frecuencias de mantenimiento, actualmente la organización se centra en un mantenimiento con intervalos de seis meses entre cada mantenimiento a ejecutar, tiempo el cual se realiza el aprovisionamiento de partes, componentes o piezas a sustituir en la intervención.

De igual manera, la ejecución de este tipo de mantenimiento en intervalos de tiempo tan amplios requiere gran inversión de tiempo, recurso humano, tecnológico y financiero sin mencionar que el tiempo de parada del activo sería prolongado.

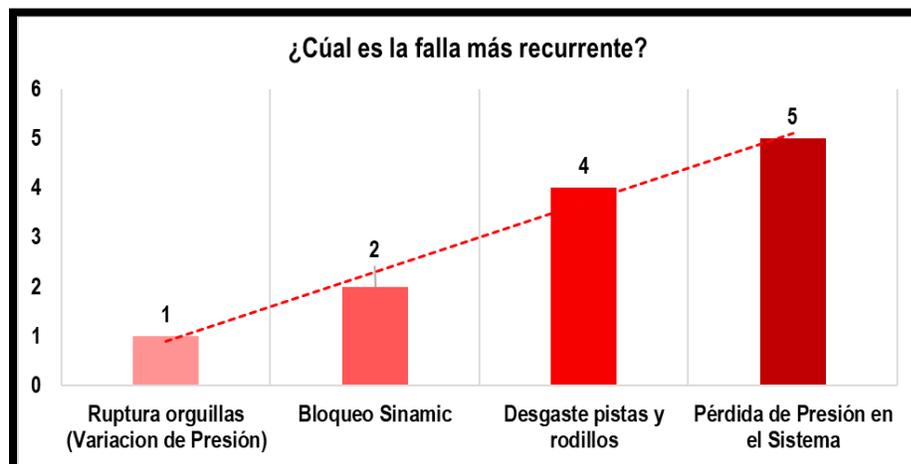
**Grafica 4.** ¿En qué sistema considera se presentan más las fallas?



**Fuente:** Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos, las fallas que mayor frecuencia tienen en el molino son las fallas del sistema hidráulico (50 %), el 33,3 % corresponde a fallas del sistema mecánico y el 16,67 % restante corresponde a fallas en el sistema eléctrico y de control del Molino.

**Grafica 5.** ¿Cuál es la falla más recurrente?



**Fuente:** Elaboración propia.

En contexto con la pregunta número 5, ¿En qué sistema considera se presentan más las fallas?, pregunta en la cual se evidenció que el sistema con más fallas corresponde al sistema

hidráulico; la pérdida de presión en el sistema y el desgaste de pistas y rodillos son las fallas más frecuentes en el equipo con un 41,66 % y 33,33 % respectivamente.

Por otra parte, las fallas que se presentan en menor frecuencia están el bloqueo en el Sinamic, el cual forma parte del sistema de arranque del molino a través del tablero eléctrico con un 16,66 % de ocurrencia y la ruptura de orguillas con un 8,4 %.

**Grafica 6.** ¿Qué considera usted hace falta para la adecuada mantención del Molino?



**Fuente:** Elaboración propia.

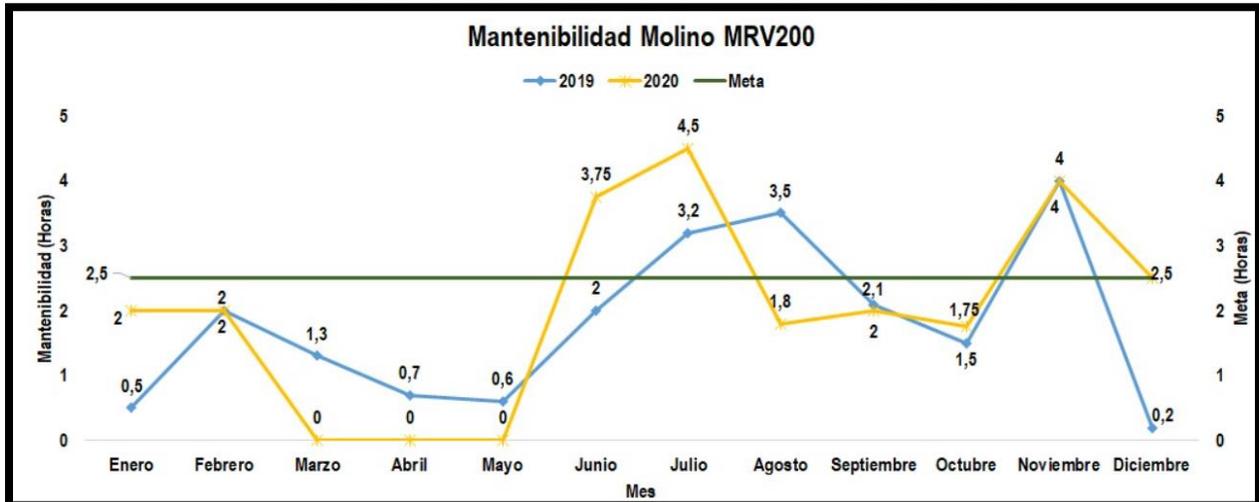
Para el 75 % de los entrevistados, las fallas recurrentes en el Molino se pueden solucionar si se contase con una política o estrategia de mantenimiento del tipo preventivo, políticas en las cuales se realicen intervenciones periódicas a los todos los componentes del activo.

En este sentido, las estrategias de mantenimiento preventivo tendrán como finalidad intervenir los componentes del equipo a fin de minimizar las fallas de los sistemas del equipo, reducir tiempos de intervención por concepto de mantenimiento correctivo y Overhaul, así como también incrementar la vida útil del molino.

#### 8.4 Indicadores que maneja la Organización para el Molino.

Actualmente, la empresa Corona maneja indicadores de mantenibilidad y confiabilidad del activo que de acuerdo con la información recopilada se presentan de la siguiente manera:

**Grafica 7.** Mantenibilidad Molino MRV 200 – Años 2019 / 2020.



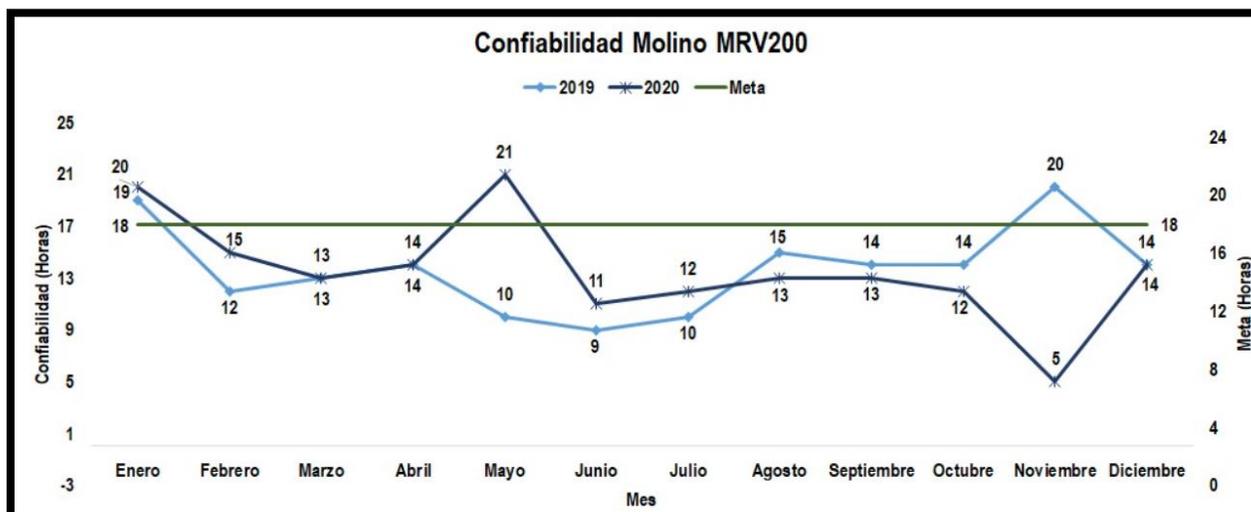
**Fuente:** Elaboración Propia. Basado en Material de Apoyo CORONA.

En la gráfica de Mantenibilidad dada en horas/mes, se evidencia que el tiempo de restablecimiento posterior a una falla para el equipo no se cumple la meta establecida por la organización. Se puede observar claramente inestabilidad que presenta el departamento de mantenimiento al momento de realizar la intervención al equipo.

Por otro lado, y de acuerdo con la información recopilada el objetivo es reestablecer el equipo a su adecuado funcionamiento con un índice inferior a las 2,5 horas, situación que para el año 2020 presentó una fluctuación importante durante el último trimestre del año.

A pesar de lo anteriormente expuesto, hoy en día no se ha establecido un plan de acción o un plan de mejora para poder corregir las desviaciones que presenta dicho indicador.

**Grafica 8.** Confiabilidad Molino MRV 200 – Años 2019 / 2020.



**Fuente:** Elaboración Propia. Basado en Material de Apoyo CORONA

En lo que corresponde a la confiabilidad del Molino y de acuerdo con la gráfica anterior, para los años 2019 y 2020 la confiabilidad del equipo sólo cumplió las expectativas de la organización en tres ocasiones en un período de 24 meses. Esto quiere decir, que la confiabilidad actual del equipo esta fuera de las expectativas de la organización.

De igual manera que para el indicador de mantenibilidad se evidencia que no existen un plan de acción o acción de mejora que reestablezca las condiciones de operación y mantenimiento diseñadas originalmente para el molino.

Es por ello, que se requiere de forma inmediata establecer acciones que garanticen la confiabilidad y mantenibilidad de este activo tan importante dentro del proceso de producción de la empresa Corona.

### **8.5 Estrategia del Mantenimiento Actual en la Organización.**

Actualmente la empresa, para el Molino MRV 200 no maneja un plan de mantenimiento más allá del cambio de repuestos y/o componentes del equipo en períodos de tiempo determinados sin que los mismos se encuentren deteriorados o presenten indicios de falla, lo que se conoce como mantenimiento Overhaul y el mantenimiento correctivo, que se ejecuta como acciones de emergencia para solucionar fallas funcionales o potenciales.

### **9 Metodologías Aplicables para el Mantenimiento del Molino.**

El objetivo principal de este proyecto de investigación es elaborar un diagnóstico de mantenimiento preventivo que contribuya con la reducción de los costos actuales de mantenimiento y a su vez se incremente la confiabilidad del equipo se seleccionará como estrategia de mantenimiento a emplear en el diseño del diagnóstico la metodología RCM, por lo tanto, se realizó el siguiente cuadro comparativo con el fin de exponer lo más relevante de cada metodología.

Para llevar a cabo esta estrategia se realizarán análisis de modo y efecto de fallo a las fallas más recurrentes reportadas por el departamento de mantenimiento de la empresa CORONA de tal manera que se establezcan las actividades necesarias para eliminar la causa raíz de dichas fallas. Asimismo, y por razones de costo y tiempo de implementación este diagnóstico es la más acorde y más viable económicamente para la empresa CORONA.

**Tabla 14.** RCM Vs. TPM.

<b>Cuadro Comparativo para Estrategias de Mantenimiento</b>	
<b>Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)</b>	<b>Mantenimiento Productivo Total (TPM)</b>
Su premisa va enfocada en aumentar la fiabilidad del sistema por medio de la reducción de tiempos de parada resultante de las averías de los equipos.	El objetivo principal es mejorar la eficiencia del equipo, operaciones y sistema, asegurando la disponibilidad y confiabilidad del activo.
Por su parte el RCM puede implementarse en periodos de entre tres y seis meses.	El periodo de implementación es a largo plazo, en algunos casos puede ser un año o superior.
La eficiencia del activo se logra por medio de la sistematización de enfoques, corrección de fallas, mantenimiento programado y preventivo de acuerdo a las consecuencias de las fallas de cada sistema.	Incrementa la eficiencia global del equipo atacando las seis pérdidas: paros del equipo, tiempo de preparación y ajuste, vacío y paros menores, disminución de velocidad, disminución de producción en el arranque y defectos.
La reducción de costos de mantenimiento se logra mediante la optimización de los intervalos de mantenimiento.	La reducción de costos está asociada a la resolución de los problemas que presenta el equipo.
Se emplea un lenguaje sencillo y de fácil entendimiento lo que le permite al personal involucrado conocer el alcance de sus actividades.	Requiere del involucramiento y compromiso de la organización para llevarse a cabo con éxito.
Las actividades de mantenimiento se realizan de forma proactiva mediante el análisis de fallas en el equipo y sus componentes.	Las actividades de mantenimiento se enfocan en el desarrollo de habilidades competitivas de toda la organización en busca de identificar y eliminar pérdidas en los procesos.

**Fuente:** Elaboración Propia.

## **10 Propuesta de Solución.**

Como propuesta de solución frente a la problemática planteada se sugiere realizar un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM, ya que la organización enfoca sus indicadores en la confiabilidad, este sería un buen método para incrementar dicho indicador; de esta manera se realizará a continuación la presentación del tipo de manejo que se le puede dar a cada sistema crítico del Molino MRV200, los cuales se presentaron en los numerales 7.1.1. y 7.1.2. del presente documento.

## 10.1 Desarrollo del Plan de Mantenimiento

### 10.1.1 Sistema Hidráulico

Se realiza el análisis de causa y efecto obteniendo como resultado los posibles modos de falla mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 15.** Causa y Efecto Sistema Hidráulico.

Item No.	Nombre de Partición	Modo de falla	Causa / Efec	Probabilidad	Si
1.2.1	Bomba Hidraulica Marca Bibolo numero de parte 14 codigo: 3000021112 cantidad 1 material aleaciones	Daño de piñones por desgaste con friccion con el aceite	Causa	Baja	No
1.2.2	Electrovlvulas Marca rexroth numero de parte 11 codigo:30000011121 cantida 7 material aleaciones	Daño de embolo por desgaste con friccion con el aceite o particulas externas	Causa	Baja	No
1.2.3	Piston amortiguador: marca rexroth nuemero de parte 21 codigo:30000030021 cantidad 4 material aleacion	Daño empaquetadura por particulas de impurezas en el aceite	Causa	Media	Si

**Fuente:** Elaboración Propia.

Como resultado del método de causa y efecto se evidencian tres componentes con una probabilidad alta de falla, lo que indica que se deberán tratar con mayor cuidado estos componentes y los de probabilidad media

A continuación, se presenta un diagrama lógico MSG3 análisis detallado donde se deben especificar modos de falla, la descripción de la tarea a desarrollar, las frecuencias, quien realiza la actividad y el estado del equipo.

**Tabla 16.** Modos de Falla Sistema Hidráulico.

ITEM NO.	EQUIPO, ENSAMBLE O COMPONENTE	MODOS DE FALLA	DESCRIPCION DE RUTINA DE MITO	EFECTO	TAREA	DESCRIPCION DE LA TAREA	FRECUENCIA	DURACION TAREA (min.)	ESTADO DE LA MAQUINA	Lista de Tarea No.
1.2.3	Piston amortiguador: marca rexroth numero de parte 21 codigo:30000030021 cantidad 4 material aleacion	Daño empaquetadura por particulas de impurezas en el aceite	RCMMITTOPLANEADO MECMOLINO-LIDETEN	ENP	I/F	1. EQUIPO APAGADO 2. CANDADEO 3. LLAVES MIXTAS Y EXTRACTOR 4. LIBERAR PRESION DEL SISTEMA HIDRAULICO. 5. SOLTAR MANGUERAS DEL PISTON. 6. BAJAR PISTONY BUJE. INTALAR NUEVO	2 W	120	P	8
1.2.7	Tuberia centralina numero de parte 110 codigo: 300000022100 cantidad 30 mts material acero	Daño por mala manipulas o enroscado	RCMMITTOPLANEADO MECMOLINO-LIDETEN	ENP	DES	1. EQUIPO APAGADO 2. CANDADEO 3. LLAVES MIXTAS Y EXTRACTOR 4. LIBERAR PRESION DEL SISTEMA HIDRAULICO. 5. SOLTAR TAPA CENTRALINA. 6. CAMBIAR VICONOS	4 W	30	P	10

**Fuente:** Elaboración Propia.

Cabe resaltar que, para mayor claridad en el proceso, a los componentes que en el análisis de modo y efecto de falla presentan una probabilidad alta, se les realizarán lecciones de un punto (LUP's) con el fin de garantizar la seguridad y efectividad del desarrollo del procedimiento (ver anexo tal)

### 10.1.2 Sistema Mecánico

Se realiza el análisis de causa y efecto obteniendo como resultado los posibles modos de falla mostrados en la siguiente tabla.

**Tabla 17.** Causa y Efecto Sistema Mecánico

Item No.	Nombre de Partición	Modo de falla	Causa / Efec	Probabilidad	Si
1.1.1	Sinfín Molino parte#6 codigo SAP: 30000023422: cantidad instalada: 1 Material: Acero con recubrimiento en las aletas de acero	Desgaste de las aletas por contacto con el insumo	Causa	Alta	Si
1.1.2	Reductor .500 W 500 Nm Marca :SEW numero de parte 5 codigo SAP 3000005564 Cantidad en la maquina: 1	Desgaste en los piñones internos por arranques y paros continuos	Causa	Alta	Si

**Fuente:** Elaboración Propia.

Como resultado del método de causa y efecto se evidencian cinco componentes con una probabilidad alta de falla, lo que indica que se deberán tratar con mayor cuidado estos componentes.

A continuación, se presenta un diagrama lógico MSG3 análisis detallado donde se deben especificar modos de falla, la descripción de la tarea a desarrollar, las frecuencias, quien realiza la actividad y el estado del equipo.

**Tabla 18.** Modos de Falla Sistema Mecánico.

ITEM NO.	EQUIPO, ENSAMBLE O COMPONENTE	MODOS DE FALLA	DESCRIPCION DE RUTINA DE MITO	EFECTO	TAREA	DESCRIPCION DE LA TAREA	FRECUENCIA	DURACION TAREA (min.)	ESTADO DE LA MAQUINA	Lista de Tarea No.
1.1.1	Sinfin Molino parte#6 codigo SAP: 30000023422: cantidad instalada: 1 Material: Acero con recubrimiento en las aletas de acero	Desgaste de las aletas por contacto con el insumo	RCM MTTOPLANEADO MEC MOLINO- L1DETEN	ENP	I/F	1. EQUIPO APAGADO 2. CANDADEO 3. LLAVES MIXTAS Y EXTRACTOR 4. SOLTAR CHUMACERAS Y PIÑON CONDUCTOR 5. CON DIFERENCIAL HALAR SIN FIN DETERIORADO 6. BAJAR SIN FIN E INTALAR EL NUEVO	4 W	300	P	1
1.1.2	Reductor .500 W 500 Nm Marca :SEW nuemro de parte 5 codigo SAP 3000005564 Cantidad en la maquina: 1	Desgaste en los piñones internos por arranques y paros continuos	RCMMTTOPLANEADO MECMOLINO-L1DETEN	ENP	I/F	1. EQUIPO APAGADO 2. CANDADEO 3. LLAVES MIXTAS 4. BAJAR CADENA DE TRASMISION 5. RETIRAR PIÑON CONDUCTOR 6. SOLTAR REDUCTOR 7. CAMBIO A NUEVO O REPARADO	13 W	200	P	2

Fuente: Elaboración Propia.

### 10.1.3 Sistema Eléctrico

Se realiza el análisis de causa y efecto obteniendo como resultado los posibles modos de falla mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 19.** Causa y Efecto Sistema Eléctrico.

Item No.	Nombre de Partición	Modo de falla	Causa / Efec	Probabilidad	Si
1.3.1	Sinamic marca siemens numero d eparte E1 codigo:3000002110 cantidad 1 material electricos	Daño por variacion de amperajes d los motores sobrecarga	Causa	Alta	Si
1.3.2	Breaker 500amp marca siemens numero de parte E001 codigo 3000002299 cantidad 1 material electricos	Daño por variacion de amperaje o conexiones sueltas	Causa	Alta	Si

**Fuente:** Elaboración Propia.

Como resultado del método de causa y efecto se evidencian cuatro componentes con una probabilidad alta de falla, lo que indica que se deberán tratar con mayor cuidado estos componentes y los de probabilidad media

A continuación, se presenta un diagrama lógico MSG3 análisis detallado donde se deben especificar modos de falla, la descripción de la tarea a desarrollar, las frecuencias, quien realiza la actividad y el estado del equipo.

**Tabla 20.** Modos de Falla sistema Eléctrico.

ITEM NO.	EQUIPO, ENSAMBLE O COMPONENTE	MODOS DE FALLA	DESCRIPCION DE RUTINA DE MITTO	EFECTO	TAREA	DESCRIPCION DE LA TAREA	POSEE BRECHAS?	FRECUENCIA	DURACION TAREA (min.)	OFICIO
1.1.1	Sinfín Molino parte#6 codigo SAP: 30000023422: cantidad instalada: 1 Material: Acero con recubrimiento en las aletas de acero	Desgaste de las aletas por contacto con el insumo	RCM MITTOPLANEADO MEC MOLINO- L1DETEN	ENP	V/F	1. EQUIPO APAGADO 2. CANDADEO 3. LLAVES MIXTAS Y EXTRACTOR 4. SOLTAR CHUMACERAS Y PIÑON CONDUCTOR 5. CON DIFERENCIAL HALAR SIN FIN DETERIORADO 6. BAJAR SIN FIN E INTALAR EL NUEVO	X	4 W	300	M
1.1.2	Reductor .500 W 500 Nm Marca :SEW nuemro de parte 5 codigo SAP 3000005564 Cantidad en la maquina: 1	Desgaste en los piñones internos por arranques y paros continuos	RCM MITTOPLANEADO MEC MOLINO-L1DETEN	ENP	V/F	1. EQUIPO APAGADO 2. CANDADEO 3. LLAVES MIXTAS 4. BAJAR CADENA DE TRASMISION 5. RETIRAR PIÑON CONDUCTOR 6. SOLTAR REDUCTOR 7. CAMBIO A NUEVO O REPARADO		13 W	200	M

Fuente: Elaboración Propia.

#### 10.1.4 Sistema de Seguridad

Se realiza el análisis de causa y efecto obteniendo como resultado los posibles modos de falla mostrados en la siguiente tabla.

**Tabla 21.** Causa y Efecto Sistema Eléctrico.

Item No.	Nombre de Partición	Modo de falla	Causa / Efec	Probabilidad	Si
1.4.2	Sensor de proximidad marca parker numero de parte: E009 codigo: 3000004453 cantidad 4 material: electrico	Daño por golpes	Causa	Media	Si
1.4.3	Guaya de seguridad marca sneider numero de parte E0010 codigo: 30000034992 cantidad 20 mts Material: Electrico	Daño por golpes	Causa	Baja	No

Fuente: Elaboración Propia.

Como resultado del método de causa y efecto se evidencian cero componentes con una probabilidad alta de falla, lo que indica que se deberán tratar con mayor cuidado los componentes con probabilidad media de falla.

A continuación, se presenta un diagrama lógico MSG3 análisis detallado donde se deben especificar modos de falla, la descripción de la tarea a desarrollar, las frecuencias, quien realiza la actividad y el estado del equipo.

**Tabla 22.** Modos de Falla Sistema Eléctrico.

ITEM No.	EQUIPO, ENSAMBLE O COMPONENTE	MODOS DE FALLA	DESCRIPCION DE RUTINA DE MITO	EFECTO	TAREA	DESCRIPCION DE LA TAREA	FRECUENCIA	DURACION TAREA (min.)	ESTADO DE LA MAQUINA	Lista de Tarea No.
1.4.2	Sensor de proximidad marca parker numeor de parte: E009 codigo: 3000004453 cantidad 4 material: electrico	Daño por golpes	RCMMITTOPLANEADO ELECMOLINO-L1DETEN	ENP	DES	1. EQUIPO APAGADO 2 CANDADE 3. REVISION DE ENERGIAS RESIDUALES 4. CAMBIAR SENSORES DEFECTUOSOS.	13 W	30	P	25

**Fuente:** Elaboración Propia.

**\*Nota:** todas las tablas presentadas en el numeral 9 se pueden visualizar en el Anexo 2. RCM MOLINO.

## 10.2 Plan de Mantenimiento

En el plan de mantenimiento se refleja la descripción de los componentes con mayor probabilidad de falla, las tareas están discriminadas por sistemas: Eléctrico, Mecánico y seguridad. Para lograr un cumplimiento de las actividades programadas los técnicos deben realizar las actividades como se evidencia en las descripciones de cada una, respetando el tiempo, el repuesto y realizando un alistamiento previo de las herramientas para dicha actividad. Para llevar un seguimiento óptimo del plan, es necesario revisar y evaluar semanalmente que actividades se programan, de igual manera si se presenta alguna anomalía o paro no programado se debe registrar como un comentario para tener el reporte y posterior análisis. (Anexo 3. PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO)

En este plan se logra observar las tendencias de cada sistema, fallos y cumplimiento de los mantenimientos preventivos que se desarrollaran en el transcurso del año; para las actividades de mayor complejidad se desarrollan unas lup's (Anexo 4. LUP'S.) las cuales sirven como instructivo para el técnico que desarrolle la tarea y cada actividad para desarrollar tiene una frecuencia establecida por el manual del equipo, curvas de desgaste y socializado por los técnicos a cargo del activo.

## 11 Análisis Financiero (Costo-beneficio)

Para dar cumplimiento con el objetivo del proyecto de investigación, se elaboró un presupuesto financiero con el fin de cuantificar la inversión monetaria que será realizada por los autores para el desarrollo de la “Diagnóstico de un Plan de Mantenimiento Preventivo para un Molino MRV 200 en la compañía Colombiana de Cerámica Colcerámica S.A.S. CORONA”.

En este sentido, se establecieron algunos criterios para la elaboración de la inversión a realizar entre los criterios se pueden mencionar:

1. Talento Humano: integrado por los autores del proyecto los Ingenieros: Melissa Puentes, Didier Reyes y Enio Rivas, quienes serán los encargados de recolectar y analizar la información en las instalaciones de la planta Corona, así como también establecer la correlación entre las diferentes variables y finalmente elaborar el diagnóstico de un plan de mantenimiento, socializarla y capacitar al personal de planta.
2. Equipos y Software: Corresponde a los equipos de cómputo y licencias requeridas para el desarrollo del proyecto, haciendo énfasis en que los equipos son propiedad de los autores del proyecto.
3. Capacitación: la cual será realizada durante los tres (3) últimos meses del desarrollo del proyecto y constará en la socialización del diagnóstico, familiarización al personal técnico y operativo de la planta, así como también las recomendaciones para la implementación exitosa del diagnóstico.
4. Servicios Tecnológicos y Telefónicos: considerando servicios de voz y datos para cada uno de los autores del proyecto a fin de mantenerse en constante comunicación y evitar riesgos por la pérdida de recolección y transmisión de datos.

5. Materiales e Insumos: correspondiente a material de oficina, papelería, tintas e impresiones y material de apoyo para los autores del proyecto y los asistentes a la capacitación.
6. Gastos de viaje: asociado a la asistencia de dos (2) tesisistas a las instalaciones de la planta Corona, las visitas a realizar serán con frecuencia de dos (2) veces por semana para cada uno de ellos.

**Tabla 23.** Presupuesto Proyección Financiera.

PRESUPUESTO DE PROYECCIÓN FINANCIERA							
PROYECTO:		Elaboración de propuesta de Plan de Mantenimiento Preventivo para un Molino MRV 200 de la Empresa Colombiana de Cerámica Corona S.A.S					
DESARROLLADO POR:		Melissa Puentes, Didier Reyes, Enio Rivas					
PROYECCIÓN FINANCIERA DETALLADA							
EGRESOS	Mes 1 (\$)	Mes 2 (\$)	Mes 3 (\$)	Mes 4 (\$)	Mes 5 (\$)	Mes 6 (\$)	Total
1 Talento Humano	\$ 1.680.000	\$ 1.680.000	\$ 1.680.000	\$ 1.680.000	\$ 1.680.000	\$ 1.680.000	\$ 10.080.000
2 Equipos y Software	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3 Capacitación y Participación en eventos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 600.000
4 Servicios tecnológicos y telefónicos	\$ 104.700	\$ 104.700	\$ 104.700	\$ 104.700	\$ 104.700	\$ 104.700	\$ 628.200
5 Materiales, insumos y documentación		\$ 30.000		\$ 30.000		\$ 30.000	\$ 90.000
6 Protección de Conocimiento y divulgación	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7 Gastos de viaje	\$ 49.200	\$ 49.200	\$ 49.200	\$ 49.200	\$ 49.200	\$ 49.200	\$ 295.200
<b>Total Egresos</b>	<b>\$ 1.833.900</b>	<b>\$ 1.863.900</b>	<b>\$ 1.833.900</b>	<b>\$ 1.863.900</b>	<b>\$ 2.133.900</b>	<b>\$ 2.163.900</b>	<b>\$ 11.693.400</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**\*Nota:** Talento Humano: Salario promedio recibido por cada uno de los tesisistas por dedicación exclusiva.

Por otro lado, con la implementación de del diagnóstico se espera reducir en un 2.5 % los gastos por pérdida de producción actuales en la planta por motivos de mantenimiento correctivo y/o no disponibilidad del equipo. De igual manera, no se consideran costos asociados a pérdida de material ya que todos los desperdicios se reciclan para futuros procesos de molienda.

Teniendo en cuenta lo anterior, se procedió con el cálculo de costos por pérdida de producción bajo las siguientes premisas:

1. Disponibilidad del activo: 24 horas/día.

2. Total, de días mes: 30 días.
3. Tiempo promedio mantenimiento mensual: 16 horas/mes.
4. Mantenimiento diario: 30 horas/mes.
5. Total horas detención: 46 horas/mes.
6. Producción diaria: 30 ton/hora  $\approx$  720 ton/día  $\approx$  21600 ton/mes.
7. Ingresos por ton: 1.200.000 COP/ton
8. Ingresos mes: \$25.920.000.000 mes

Evaluando las variables anteriormente expuestas, la disponibilidad mensual del equipo proviene de la disponibilidad diaria en horas del activo durante los treinta días del mes excluyendo los tiempos de mantenimiento, entonces:

$$A \text{ (disponibilidad): } \frac{(720-46)\text{horas}}{720 \text{ horas}} = 93,61 \%$$

De acuerdo con lo anterior, las pérdidas por la no disponibilidad del activo están asociadas a las horas que el mismo se encuentra fuera de servicio, en el caso particular de estudio son 46 horas mes resultando en:

$$\text{Costo}_{\text{pérdida producción}} = \text{Ingresos} (1 - A)$$

$$\text{Costo}_{\text{pérdida producción}} = \$25.920.000.000 (1 - 0,9361)$$

$$\text{Costo}_{\text{pérdida producción}} = \$ 1.656.288.000 / \text{mes}$$

En resumen, con la estimación de reducción en un 2.5 % de las pérdidas para la empresa CORONA estos costos disminuirían en \$ 82.814.400 mensualmente que progresivamente resultarían en un ahorro significativo para la organización.

## 12 Conclusiones y Recomendaciones.

### 12.1 Recomendaciones

Considerando como punto de partida los resultados obtenidos luego de elaborado el presente proyecto de investigación se sugiere a la empresa Corona lo siguiente:

1. Adoptar este diagnóstico de Mantenimiento Preventivo como punto de partida para la mejora de los indicadores de confiabilidad y mantenibilidad que actualmente ejecuta el departamento de mantenimiento.
2. Establecer períodos de seguimiento y control a cada una de las actividades establecidas en el diagnóstico del plan de mantenimiento preventivo del Molino.
3. Establecer objetivos claros y medibles a cada una de las áreas involucradas en el proceso de producción de la organización, de tal manera que se reconozca su aporte con el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización.
4. Incluir dentro del plan anual de formación y capacitación al personal técnico, operativo y administrativo de la planta sobre las condiciones de operación y mantenimiento del Molino.
5. Evaluar la posibilidad de incluir otros indicadores de clase mundial como disponibilidad, Costo de Mantenimiento, Tiempo medio entre fallas (MTBF), tiempo medio de reparación (MTTR) para evaluar el comportamiento y rendimiento del molino.
6. Asignar y garantizar el presupuesto necesario para la implementación de este diagnóstico de plan de mantenimiento.
7. Revisar continuamente las oportunidades de mejora a los procesos y procedimientos establecidos en las políticas del departamento de Mantenimiento de la organización.

8. Implementar Benchmarking sobre las políticas y estrategias de mantenimiento aplicadas en otras empresas del ramo cerámico.
9. Elaborar una adecuada planeación de adquisición de materiales, repuestos e insumos necesarios para las actividades de mantenimiento preventivo con el objetivo de contar con la disponibilidad requerida para el cumplimiento de las actividades establecidas.

### 13 Referencias Bibliográficas

- ✓ Álvarez, E. F. (2018). Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM. Oviedo.
- ✓ Calderón, A., & Lara, E. (2015). Diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo basado en la Metodología de las 5M para un Sistema de Transporte Masivo de Pasajeros. Bogotá.
- ✓ Calidad, A. E. (2019). Mantenimiento. Asociación Española para la Calidad.
- ✓ Campos-López, O. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. Científica ESIME.
- ✓ Carrasco, F. J. (2016). Características de los sistemas TPM y RCM en la ingeniería del mantenimiento. 3C TECNOLOGÍA.
- ✓ Castela, F. (2 de 10 de 2016). mantenimientoindustrialweb. Obtenido de mantenimientoindustrialweb:  
<https://mantenimientoindustrialweb.wordpress.com/2016/08/02/objetivos-del-mantenimiento/>
- ✓ Colmenares, O., & Villalobos, D. (2014). Prospectiva metodológica para el mantenimiento preventivo.

- ✓ Concepción, A., Del Castillo, A., Cabrera, J., & Toledo, M. (2016). Obtención de un Modelo de Criticidad para los Equipos y Sistemas Tecnológicos de una Termoeléctrica. Ingeniería Energética.
- ✓ Cuervo, J. D., & Álvarez, N. F. (2020). Propuesta para la Aplicación de PMO en una Bomba Centrífuga MCM series 178 de 15 hp 4x3 para la empresa PSC Energy. Bogotá.
- ✓ Duarte, Y., Martínez, A., & Santos, A. (2018). Programación Óptima del Mantenimiento Preventivo de Generadores de Sistemas de Potencia con presencia Eólica. Revista de Ingeniería Energética.
- ✓ Hernández, P., Fernández, S., & Carro, M. (2008). Optimización del Mantenimiento Preventivo, utilizando las técnicas de diagnóstico integral. Resultados finales y evaluación económica. Ingeniería Energética, 35-45.
- ✓ Ibérica, A. (2021). ¿Qué importancia tiene el Mantenimiento Predictivo 4.0 (PdM) para la fábrica inteligente? ABAS.
- ✓ IRIM. (2006). Mantenimiento Legal. IRIM 9.
- ✓ ISO, N. (s.f.). Norma ISO 14224.
- ✓ Jose, E., & Puentes, M. (2020). Mantenimiento. fgh.
- ✓ López, M., & Madera, K. (2015). PROPUESTA DE GUÍA PARA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO HASTA LA ETAPA TRES, EN SERVICIOS DE ODONTOLOGÍA PARA INSTITUCIONES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SALUD. Bogotá, D.C.

- ✓ Norma IEC 60050. (1990). Vocabulario Electrotécnico Internacional. Norma IEC 60050-191:1990.
- ✓ Pinto, D., & Mesa, J. (2008). IMPLEMENTACIÓN DE PLAN PILOTO DE TPM EN UNA INDÚSTRIA DE CERÁMICA. Medellín.
- ✓ R., J. L. (s.f.). Como funciona. Obtenido de Como funciona: <https://como-funciona.co/unmolino/>
- ✓ Reyes, M., Aguirre, V., Aparicio, J., Gutierrez, L., & Sánchez, D. (2017). COMPORTAMIENTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO, Y SU EFECTO EN LOS COSTOS. CASO DE TIENDA DEPARTAMENTAL. Revista Ciencia Administrativa.
- ✓ Sanchis, R., Escoto, R., & Peidro, D. (2011). TOTAL QUALITY MANAGEMENT AND TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE IN HIGH PERFORMANCE MANUFACTURING. Dyna Ingeniería e Industria, 655.
- ✓ Sanchis, R., Escoto, R., & Peidro, D. (2011). TOTAL QUALITY MANAGEMENT AND TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE IN HIGH PERFORMANCE MANUFACTURING. Dyna Ingeniería e Industria, 655.
- ✓ Torres, G. (2016). Propuesta Inicial de un Modelo de Gestión de Mantenimiento de equipo biomédico para una IPS en Colombia. Bogotá, D.C.
- ✓ Torres, j. S. (2017). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para equipos de la línea de perforación de empresa CIMENTACIONES DE COLOMBIA LTDA. BOGOTÁ.

- ✓ Urrego, J. (2017). ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE LA LINEA DE PERFORACION DE LA EMPRESA CIMENTACIONES DE COLOMIA LTDA. Bogotá.