

**Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la caldera pirotubular de
la empresa FRIGORÍFICO VALLE DE TENZA S.A**

Andersson Eduardo Casas Velandia, Miguel Arturo Roa Martin, Erwin Uriel Castro
Vargas

Dirección de Posgrados, Universidad ECCI

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

MSc Fred Geovanny Murillo Rondón

Bogotá 2022

**Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la caldera pirotubular de
la empresa FRIGORÍFICO VALLE DE TENZA S.A**

Andersson Eduardo Casas Velandia

Código 19870

Miguel Arturo Roa Martin

Código 23255

Erwin Uriel Castro Vargas

Código 25416

Director: MSc Fred Geovanny Murillo Rondon

Dirección de Posgrados, Universidad ECCI, Especialización en Gerencia de

Mantenimiento

Bogotá 2022

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mi hijo como ejemplo de esfuerzo y dedicación, para mostrarle que la perseverancia nos puede llevar a lograr las metas que nos proponemos, a mi madre que sin importar los tropiezos que se me presentaron siempre fue un apoyo incondicional, a mi esposa que me motivó en los momentos más difíciles en los cuales estuve a punto de desistir en continuar el estudio, y fue mi luz al final del túnel, la que me acompañó sin importar las inclemencias del tiempo y en las noches sin dormir de que las mejores cosas se consiguen con mucho sacrificio.

Andersson Eduardo Casas Velandia

A Sarha Michelle Roa Celis quien a su corta edad comprende el valor del esfuerzo y dedicación en el cumplimiento de las metas trazadas con un propósito, sueña en grande piensa en grande y tus éxitos serán grandes hija.

Miguel Arturo Roa Martin

A mis padres que más que darme la vida me enseñaron los valores de la vida y ser una buena persona, a mis hijos que a pesar de su corta edad cada día me enseñan a valorar las pequeñas cosas y a mi esposa Luisa que se ha convertido en mi motor de vida, siempre ahí apoyándome en los diferentes proyectos que me propongo.

Erwin Uriel Castro Vargas

Agradecimientos

El agradecimiento inicialmente a Dios que nos permitió continuar la vida para poder concluir este proyecto, a los profesores que sin importar la hora dedicaron parte de su tiempo para compartir su conocimiento y formar profesionales más íntegros, a los compañeros de estudio que estuvieron a nuestro lado compartiendo las actividades, con los que se trabajó hombro a hombro para culminar el proyecto y su valioso aporte de ideas para mejorar en todos los aspectos, a nuestras familias por brindarnos el apoyo que cada persona necesita para lograr grandes metas.

Introducción

El presente trabajo de investigación tiene como propósito realizar una propuesta de plan de mantenimiento preventivo para uno de los activos más importantes en la cadena de producción e inocuidad de los productos procesados dentro de las instalaciones del FRIGORÍFICO VALLE DE TENZA S.A en este caso específico una caldera de vapor.

Se valoran los tipos de mantenimientos y se define como estrategia el mantenimiento preventivo basado en el historial de fallas y en un análisis de modos y efectos de falla aplicado al historial recopilado, planteando una serie de tareas y periodicidades con el fin de tener un activo disponible y confiable en el tiempo de operación requerido por la planta de procesamiento de cárnicos.

Tabla de contenido

1.	Título de la investigación.....	13
2.	Problema de investigación	13
2.1	Descripción del problema.....	13
2.2	Planteamiento del problema	14
3	Objetivos.....	15
3.1	Objetivo general	15
3.2	Objetivos específicos.....	15
3.2.1	Realizar el diagnóstico de funcionamiento de la caldera identificando los parámetros nominales de operación, para conocer el estado general del equipo.....	15
3.2.2	Establecer las causas de las fallas que se presentan en el equipo recopilando la información existente para aplicar una herramienta de análisis (AMEF).....	15
3.2.3	Definir el modelo de mantenimiento a ejecutar documentando los procesos procedimientos y formatos para mantener la metodología.	15
4	Justificación y delimitación	16
4.1	Justificación.....	16
4.2	Delimitación	16
4.3	Limitaciones	16
5	Marcos de Referencia	17
5.1	Estado del Arte	17

5.1.1	Estado del Arte Nacional.....	17
5.1.2	Estado del Arte Internacional.....	23
5.2	Marco Teórico.....	24
5.2.1	Caldera.....	24
5.2.2	Historia del Mantenimiento.....	26
5.2.3	Definición de Mantenimiento.....	27
5.2.4	Tipos de Mantenimiento.....	27
5.2.5	Metodologías de Mantenimiento.....	28
5.3	Marco Legal.....	31
6	Marco Metodológico.....	34
6.1	Metodología de la Investigación.....	34
6.1.1	Fuentes de investigación.....	34
6.1.2	Metodología.....	34
7	Análisis de resultados.....	36
7.1	Definir los parámetros nominales de funcionamiento del equipo.....	36
7.2	Establecer las causas de las principales fallas.....	38
7.3	Modelo de mantenimiento.....	47
7.3.1	Establecer un presupuesto.....	49
7.3.2	Maquinaria y equipo para incluir.....	50
7.3.3	Revisar los mantenimientos previos realizados.....	53

7.3.4	Consultar los manuales de los equipos.....	53
7.3.5	Designar a los responsables.....	54
7.3.6	Escoger el tipo de mantenimiento a realizar y planificarlo.....	54
8	Conclusiones.....	59
9	Recomendaciones.....	60
10	Bibliografía.....	62

Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Esquema de caldera acuotubulares	25
Ilustración 2 Esquema calderas pirotubulares.....	26
Ilustración 3 Esquema calderas tubo de fuego.....	26
Ilustración 4 Diagrama De Ishikawa.....	30
Ilustración 5 Cronograma de actividades.....	35
Ilustración 6 Placa de características caldera.....	37
Ilustración 7 Hoja de vida caldera pirotubular pág.1	39
Ilustración 8 Hoja de vida caldera pirotubular pág.2.....	40
Ilustración 9 Hoja de vida caldera pirotubular pág.3.....	41
Ilustración 10 Hoja de vida caldera pirotubular pág.4.....	42
Ilustración 11 Planificación análisis de falla	43
Ilustración 12 FMEA (failure mode and effective analysis).....	43
Ilustración 13 Acciones correctivas	43
Ilustración 14 Matriz de prioridades	44
Ilustración 15 Relación fallas más recurrentes	44
Ilustración 16 Mantenimiento caldera pirotubular.....	46
Ilustración 17 Taxonomía del equipo	51

Lista de tablas

Tabla 1 Parámetros nominales caldera pirotubular.....	37
Tabla 2 Presupuesto anual	49
Tabla 3 Valor promedio de la hora de mantenimiento	50

Tabla 4 taxonomía caldera 1	51
Tabla 5 Taxonomía caldera 2.....	52
Tabla 6 Taxonomía caldera 3.....	52
Tabla 7 Taxonomía caldera 4.....	53
Tabla 8 Mantenimiento diario y semanal primer semestre	57
Tabla 9 Mantenimiento diario y semanal segundo semestre	57
Tabla 10 Mantenimiento semestral y anual primer semestre.....	57
Tabla 11 Mantenimiento semestral y anual segundo semestre.....	58

Resumen

Título del trabajo de investigación: Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la caldera pirotubular de la empresa FRIGORÍFICO VALLE DE TENZA S.A

Para el desarrollo de las actividades propias de un Frigorífico en la manipulación y transformación de productos cárnicos, la empresa FRIGORÍFICO VALLE DE TENZA S.A adquirió una caldera pirotubular con el fin de garantizar la inocuidad, con la limpieza de utensilios de los operadores entre puestos de trabajo y el rendimiento en el procesamiento de los subproductos.

Desde la instalación y puesta en marcha de la caldera los fallos presentados se han corregido en el momento y sin previo conocimiento de las intervenciones realizadas, por esta razón se indago y recogió la información necesaria para conocer el estado actual y método de operación que tiene el equipo para proponer el modelo de mantenimiento preventivo que sobre este activo se debe ejecutar.

Con la investigación realizada y el análisis de la situación se propone un plan de mantenimiento preventivo que le garantice a la empresa FRIGORÍFICO VALLE DE TENZA S.A el correcto funcionamiento y disminuya los elevados costos de mantenimiento externo que se le realizan a la caldera pirotubular que tienen en sus instalaciones.

Palabras clave: propuesta, mantenimiento preventivo, caldera pirotubular, activo.

Abstract

Title of the research work: Proposal for a preventive maintenance plan for the fire-tube boiler of the company FRIGORÍFICO VALLE DE TENZA S.A.

For the development of the activities of a meat processing plant in the handling and transformation of meat products, the company FRIGORÍFICO VALLE DE TENZA S.A acquired

a fire-tube boiler in order to guarantee safety, with the cleaning of the operators' utensils between jobs and the performance in the processing of by-products.

Since the installation and commissioning of the boiler, the faults presented have been corrected at the time and without prior knowledge of the interventions carried out, for this reason the necessary information was investigated and collected to know the current state and method of operation that the boiler has. team to propose the preventive maintenance model that should be executed on this asset.

With the investigation carried out and the analysis of the situation, a preventive maintenance plan is proposed that guarantees FRIGORIFICO VALLE DE TENZA S.A the correct operation and reduces the high costs of external maintenance that is carried out on the fire-tube boiler that they have in their facilities.

Keywords: proposal, preventive maintenance, fire tube boiler, active.

1. Título de la investigación

Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la caldera pirotubular de la empresa FRIGORÍFICO VALLE DE TENZA S.A

2. Problema de investigación

2.1 Descripción del problema

Actualmente una de las industrias más importantes para producción de consumo cárnico son los frigoríficos, que se han venido tecnificando en la medida que se han modernizado todas las líneas de la industria, se debe tener en cuenta lo que lleva a la integración de equipos de soporte principales para mejorar y optimizar la producción, FRIGORÍFICO VALLE DE TENZA S.A es una empresa colombiana ubicada en Guateque Boyacá con una trayectoria de tres años, actualmente cuenta con una nómina aproximada de 41 empleados directos y 50 indirectos correspondientes a pequeños ganaderos que hacen parte de la cadena de clientes.

Dedicada al beneficio de bovinos declarados aptos para el consumo humano, durante el proceso de sacrificio se requiere la esterilización de los utensilios utilizados en 17 estaciones de las 28 estaciones de producción, para cumplir con los términos de inocuidad eliminando la propagación y transferencia de microorganismos entre puestos de proceso de faenado y el tratamiento de subproductos, para los cuales se utiliza la caldera pirotubular que adquirió la empresa.

La adquisición de la caldera pirotubular, remanufacturada por la empresa TERMOVAPOR instalada y puesta en marcha el 28 de enero de 2019 con capacidad de 50 BHP (boiler horsepower), permitió solucionar el requerimiento de calentamiento de agua para el proceso productivo, la disposición de vapor mantiene activas 17 áreas de trabajo. La ausencia de agua a alta temperatura o vapor afectaría directamente el proceso ocasionando la detención

inmediata, incrementando los costos de operación, afectando la producción contenida en el turno de jornada completa.

La caldera requiere alimentación de agua a un tanque de suministro principal, alimentación de gas para el quemador y energía constante de tres líneas de 220 voltios, la presión de trabajo está calibrada a 110 PSI. Las paradas no programadas de la caldera son por fallas que se presentan en la alimentación de agua en el tanque de suministro debido a los cortes del servicio en el sector, y cuando el nivel de agua baja la caldera se apaga automáticamente, también se presenta fallas en la bomba de alimentación con los cortes de energía ya que la electroválvula queda fuera de servicio e impide la apertura para el llenado del tanque y mantener activa la caldera, adicionalmente la caldera tiene fallas eléctricas que ocasionan cortos difíciles de detectar y la empresa no cuenta con un electricista calificado.

Las reparaciones de la caldera se hacen más costosas debido a que el equipo falla cuando se encuentra caliente y presurizado, en ocasiones se debe llamar a personal externo calificado para realizar las reparaciones.

2.2 Planteamiento del problema

Mostrar la importancia de la caldera como activo fundamental en la producción de la empresa, evidenciando su criticidad en el proceso de beneficio animal y las consideraciones de seguridad para sus intervenciones de mantenimiento, se requiere plantear una propuesta que garantice el funcionamiento del equipo aumentando la confiabilidad mediante una metodología adecuada de mantenimiento, así mismo se desarrolla el siguiente proyecto con el problema de investigación.

¿De qué forma el mantenimiento preventivo garantiza la operación y minimiza los gastos de la caldera de la empresa FRIGORÍFICO VALLE DE TENZA S.A.?

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta de plan de mantenimiento preventivo que garantice la operación y minimice los gastos de la caldera de la empresa FRIGORÍFICO VALLE DE TENZA S.A.

3.2 Objetivos específicos

- 3.2.1 Realizar el diagnóstico de funcionamiento de la caldera identificando los parámetros nominales de operación, para conocer el estado general del equipo.
- 3.2.2 Establecer las causas de las fallas que se presentan en el equipo recopilando la información existente para aplicar una herramienta de análisis (AMEF)
- 3.2.3 Definir el modelo de mantenimiento a ejecutar documentando los procesos procedimientos y formatos para mantener la metodología.

4 Justificación y delimitación

4.1 Justificación

FRIGORÍFICO VALLE DE TENZA S.A es una empresa joven con apenas tres años de operación, tiempo que le ha permitido posicionarse y darse a conocer en el medio de operación de la cadena cárnica para la región y el país, frente a sus competidores más cercanos de Bogotá, Casanare y Tauramena en Arauca.

La propuesta de un plan de mantenimiento le permitirá seguir creciendo, mejorar su posición en el mercado y dar cumplimiento a los estándares establecidos por la normatividad vigente en el Decreto 1500 del 2019, como planta de procesamiento de productos cárnicos, aumentando la confiabilidad y disponibilidad de unos de sus activos, en este caso en específico la Caldera Piro-tubular.

4.2 Delimitación

El presente proyecto de investigación se realizará en las instalaciones de la empresa FRIGORÍFICO VALLE DE TENZA S.A ubicada en Guateque Boyacá, en la avenida Cundinamarca con calle 11, el desarrollo de la investigación está enfocada en la caldera que se encuentra en el cuarto de máquinas.

4.3 Limitaciones

El departamento de mantenimiento de la empresa asigna el personal vinculado al mantenimiento correctivo y son pocas las actividades de mantenimiento preventivo que se realizan ya que los equipos que suman la planta superan las unidades que el personal puede cubrir.

5 Marcos de Referencia

5.1 Estado del Arte

Existen muchas empresas en la actualidad que no cuentan con un plan de mantenimiento para sus activos, en especial máquinas industriales que por su modo de operación no se les presta la atención oportuna hasta que fallan, es por eso que nuestra propuesta es enfocada precisamente en una máquina de suma importancia para la producción de la empresa, por lo cual hacemos referencia con varios proyectos similares.

5.1.1 Estado del Arte Nacional

5.1.1.1 Propuesta de Mejora en plan de Mantenimiento de la Máquina Granalladora Bajo Esfuerzo en la Empresa IMAL S.A.

Para el trabajo de grado de la Especialización Gerencia de Mantenimiento en la Universidad ECCI en el año 2020, los estudiantes Carolina Esther Valle Barraza, Daniel Arturo Espitia Rodríguez y Luis David Daza Hernández plantearon una problemática con una máquina de producción de la empresa IMAL S.A. la cual tenía inconsistencias en su plan de mantenimiento preventivo por lo que se convertía en un punto sensible no solo a nivel de producción sino en un tema de salud y seguridad en el trabajo, durante su investigación lograron identificar que el personal de mantenimiento era escaso para intentar ejecutar todo el mantenimiento de las máquinas, por lo que era prácticamente correctivo, de igual manera identificaron los tiempos, tipos de fallas y costos que conlleva dichas paradas, por lo que a través de varios análisis y estudiar los diferentes tipos de mantenimientos que existen concluyeron que la metodología AMEF era la que más se adapta a este tipo de activo y a los recursos que se disponían en la empresa.

Este proyecto es muy útil e interesante por su análisis y documentación registrada, ya que tuvieron en cuenta todas las variables posibles al momento de definir un plan de mantenimiento, por lo que nos da una muy buena iniciativa para la recopilación de información.

5.1.1.2 Propuesta para la Aplicación de PMO al Plan de Mantenimiento de la Turbina de gas de la Empresa Air Liquide Colombia (ALCO)

Para el trabajo de grado de la Especialización Gerencia de Mantenimiento en la Universidad ECCI en el año 2020, los estudiantes Saulo Yamith Meza Manco y Fabián Galarza Pira enfatizan en las debilidades del plan de mantenimiento para una turbina de gas de la empresa Air Liquide Colombia. Se basaron en una investigación a través de entrevistas realizadas al personal encargado del área de mantenimiento, hicieron la recopilación de las fallas ocurridas registradas en los históricos del software "ONE MAXIMO", en informes de mantenimientos predictivos, en el tipo de mantenimiento sugerido por el fabricante, y en el mantenimiento implementado por la empresa, así logran identificar falencias y proponen utilizar la metodología de optimización del mantenimiento planeado "PMO". Sugieren también contratar el servicio outsourcing para que apoye las labores de mantenimiento, realizar pruebas especializadas durante el funcionamiento de la turbina para identificar posibles fallas e identificar los repuestos de mayor desgaste, de esta manera lograr disminuir los costos directos y optimizar la mano de obra destinada para las labores de mantenimiento.

Es de utilidad ya que muestra los aspectos a tener en cuenta en la identificación de repuestos más vulnerables al proponer un plan de mantenimiento.

5.1.1.3 Propuesta de un plan de mantenimiento basado en RCM II para una planta de asfalto Benninghoven ECO 2000 de la empresa Compañía de Trabajos Urbanos

Para el trabajo de grado de la Especialización Gerencia de Mantenimiento en la Universidad ECCI en el año 2022, los estudiantes Álvaro Camilo Villalobos Preciado y Carlos Arturo Parra Mogollón enfocaron su proyecto sobre una planta de asfalto la cual carece de un plan de mantenimiento, su propuesta consistía en generar mayor confiabilidad y disponibilidad por medio de la metodología RCM2, por lo que se enfocaron en identificar los sistemas y

componentes más críticos de la planta, esto con el fin de sistematizar los fallos y así poder tener un ciclo de mantenimientos y stock de las partes más neurálgicas .

Este proyecto es de utilidad en el presente documento, al tener en cuenta la metodología RMC2, ya que la caldera pirotubular que estamos evaluando presenta inconsistencias similares.

5.1.1.4 Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para tableros de transferencia en el CPD de Codensa

Para el trabajo de grado de la Especialización Gerencia de Mantenimiento en la Universidad ECCI en el año 2018, los estudiantes Tony Vladimir Torres Salas, Juan David Gómez Arciniegas y Luis Carlos Muñoz Hernández realizaron una investigación de las fallas que han presentado los tableros de transferencia del centro de procesamiento de datos de Codensa por lo que identificaron varias inconsistencias en su plan de mantenimiento, que de hecho era casi nulo, durante su proceso de análisis resaltaron la importancia de tener confiabilidad en el sistema y las consecuencias tanto para el servicio eléctrico como para la integridad de las personas, por lo que plantearon una propuesta de mantenimiento basada en la Metodología RCM tomando en cuenta sólo ciertas herramientas que proporciona dicha metodología y que son las aplicables para este caso.

Al igual que el proyecto anterior hay un estudio del análisis de las fallas, lo que sirve de referencia para tomar alguna decisión al momento de sugerir un plan de mantenimiento para nuestro proyecto.

5.1.1.5 Propuesta para un plan de mantenimiento preventivo a los equipos de medición en la compañía RAYCO Ltda.

Para el trabajo de grado de la Especialización Gerencia de Mantenimiento en la Universidad ECCI en el año 2018, los estudiantes Mariana Andrea Santander Pico y Andres

Felipe Villegas Gomez enfocaron su proyecto en proponer un plan de mantenimiento preventivo a los equipos de medición en la empresa RAYCO, basándose en la auditorías internas y externas logran identificar que los equipos carecen de un registro de control de los mantenimientos y calibraciones realizadas y resaltan que una de las maneras de mitigar esta situación, es mediante la implementación de un documento para la administración de los activos asignados a la ejecución de los proyectos, dicho documento debe contemplar los procedimientos necesarios para la validación del funcionamiento, calibración y mantenimiento acorde a las especificaciones del fabricante.

Es de resaltar cómo a través de la información que muchas veces ya está se logra direccionar la problemática y plantear soluciones a muy corto plazo, sin necesidad de hacer mayores inversiones.

5.1.1.6 Procedimiento para realizar mantenimiento de caldera pirotubular con el fin de restituir su integridad mecánica

Para el trabajo de grado de la Especialización en Gestión de la Integridad y Corrosión en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en el año 2021 en la ciudad de Tunja, la estudiante Magda Lorena Cañas Mendoza elaboró una monografía en donde plantea una rutina para realizar mantenimiento a una caldera pirotubular teniendo en cuenta cosas desde su diseño hasta su operación actual, adicionalmente enfatiza la importancia de la confiabilidad de este tipo de equipos tanto en su funcionamiento como en la integridad de las personas, ya que se han evidenciado accidentes muy graves por falta de un adecuado mantenimiento.

Este proyecto en especial maneja mucha información relacionada con el activo que se interviene en el presente documento, ayudando a adoptar conceptos y tener en cuenta el mantenimiento preventivo y predictivo al momento de realizar la propuesta.

5.1.1.7 Diseño de recuperador de calor de una caldera piro tubular a carbón para precalentar el agua de recirculación a la bomba centrífuga

Para el trabajo de grado de Ingeniería Electromecánica en el Instituto Tecnológico Metropolitano en el año 2019 en la ciudad de Medellín, el estudiante Maycon Exiderio Giraldo Gomez diseñó un recuperador de calor para el aprovechamiento energético de los gases productos de la combustión de una caldera piro tubular de una empresa del sector de alimentos, por lo cual recurrió a una exhaustiva investigación de todo el aprovechamiento de dichos gases, su costo beneficio, además evaluó el impacto ambiental, en este caso positivo al implementar dicho recuperador.

Se resalta en este documento la información técnica utilizada, ya que nuestro activo a intervenir cuenta en gran parte con las mismas características, siéndonos de gran ayuda al momento de aclarar algunas definiciones y conceptos.

5.1.1.8 Implementación de un sistema de control y supervisión multiplataforma industrial para la caldera de proceso de pasteurización didáctica del laboratorio de control y automatización de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, facultad tecnológica

Para el trabajo de grado de Ingeniero en Control, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en el año 2019 en la ciudad de Bogotá, los estudiantes Cesar Fabián Bolívar Guerrero y Adriana Niyireth Martinez Castillo, plantean en su proyecto el diseño e implementación de un sistema multiplataforma para controlar el proceso de generación de vapor, de tal modo que pueda apuntar a ser una herramienta didáctica para el programa de ingeniería en control, gracias a la interacción con dos diferentes plataformas de programación (Rockwell y CODESYS), adicionalmente el proceso involucra áreas del conocimiento como termodinámica, control e instrumentación entre otras, por lo que podría brindar a la comunidad

académica una oportunidad para aplicar o demostrar diferentes conceptos implementados en ambientes industriales..

Es de resaltar que la automatización se ha venido presentando casi a todos los niveles cotidianos, desde las casas hasta las grandes industrias, convirtiéndose en una herramienta importantísima al momento de evaluar los activos, en este caso en específico en los planes de mantenimiento, abriendo un abanico de posibilidades de énfasis en el presente documento.

5.1.1.9 Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora de los principales componentes operacionales que afectan la eficiencia de la caldera Piro-tubular del laboratorio de vapor de la universidad Autónoma de Occidente

Para el trabajo de grado de Ingeniería Mecánica de la Universidad Autónoma de Occidente en el año 2014 en la ciudad de Cali, los estudiantes Brancén Andrés Rojas Galvez y Héctor Andrés Mazuera Dorado, evalúan la caldera piro-tubular que se tiene en el laboratorio de la Universidad autónoma de Occidente, para conocer los componentes operacionales que se han afectado debido al poco uso del equipo. En esta propuesta se evalúan aspectos como el generador de vapor y el desempeño de la caldera, el tratamiento del agua, la transferencia de calor y los aspectos de falla. En el trabajo, para detectar las posibles fallas se utiliza la metodología Análisis de los Modos, los Efectos, las Causas y las Criticidades de las Fallas (FMECA) que se basa en definir el equipo, los componentes involucrados, las funciones, identificar la falla funcional, la causa, los efectos o las causas de las fallas, para así jerarquizar la falla, esta metodología sirve para el propósito del presente documento. En el documento se concluye que los aspectos de falla se derivan del tratamiento del agua, los instrumentos de sensado y control de purga y la rigurosidad en el control de los parámetros de operación.

5.1.2 Estado del Arte Internacional

5.1.2.1 Plan de Mantenimiento de Calderas Piro tubulares en Refinería Tenerife

Para el trabajo de grado de Ingeniería en electrónica industrial y Automática de la Universidad de La Laguna de España en el año 2017, el estudiante Javier Sanabria Hernández plantea el diseño de un plan de mantenimiento que garantice el funcionamiento de la nueva central de generación de vapor en la refinería de Santa Cruz de Tenerife, fundamentándose en la metodología basada en riesgos (RBM) con ayuda de la plataforma SAP, en la recopilación de información, evaluando el riesgo y creando estrategias para su mitigación.

Es de resaltar de este trabajo para tener en cuenta en la formulación del presente documento, en énfasis que hacen en los mantenimientos detectivos y predictivos que conlleven a maximizar la operación del equipo al menor costo posible, por lo que se plantea un presupuesto de un año.

5.1.2.2 Implementación del mantenimiento de la caldera piro tubular para reducir los costos de mantenimiento en la empresa agroindustrial Virú

Para el trabajo de grado de Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional del Centro del Perú Huancayo en el año 2021, el estudiante Luis Nilton Yaranga Coca argumentó en su investigación que la falta de un mantenimiento adecuado de la caldera piro tubular ha generado costos muy altos ya que prácticamente es correctivo, por lo cual definió que el mejor método de mantenimiento a implementar es el análisis de modo y efecto de fallas AMEF el cual ayuda a identificar todas las posibles causas de falla con una referencia específica de los componentes de los sistemas y subsistemas, mejorando de esta manera la confiabilidad y productividad de la caldera.

Se resalta en el trabajo realizado por el autor la funcionalidad del método AMEF en equipos de este tipo cuando las fallas son tan recurrentes, además porque también maneja el

mismo activo de nuestra investigación, por lo cual nos sirve de gran ayuda al momento de sustentar nuestra propuesta.

5.2 Marco Teórico

5.2.1 Caldera

5.2.1.1 Definición De Caldera

Para entender la definición de caldera se debe contextualizar un poco su principio de funcionamiento la primera máquina a vapor creada por el ingeniero escocés, James Watt en 1776 en la época de la revolución industrial, el desarrollo industrial permitió utilizar el vapor para el movimiento de grandes máquinas en fábricas, transporte de materias primas a través de los ferrocarriles, en el transporte marítimo utilizando motores a vapor en grandes barcos, hasta que llegó a los hogares fríos con la implementación de calderas de carbón para soportar las bajas temperaturas. Las calderas de vapor es un recipiente metálico reforzado que permite calentar agua con una fuente de energía a base de un combustible, el diseño del recipiente permite elevar la presión y temperatura del agua hasta cambiar de estado.

5.2.1.2 Tipos De Calderas

Como su propio nombre indica, estas calderas tienen como fluido caloportador el agua que lo convierten en vapor y se pueden clasificar según la disposición de los fluidos en: calderas de tubos de agua o acuotubulares y calderas de tubos de humos o Piro tubulares (ferroli, 2018).

5.2.1.3 Calderas acuotubulares

En estas calderas, el agua circula por el interior de los tubos que forman el intercambiador. Los gases calientes generados en la combustión envuelven los tubos, calentando el agua que circula por ellos.

Estas calderas se utilizan cuando se requiere una presión de trabajo superior a los 20 bares (ferroli, 2018).

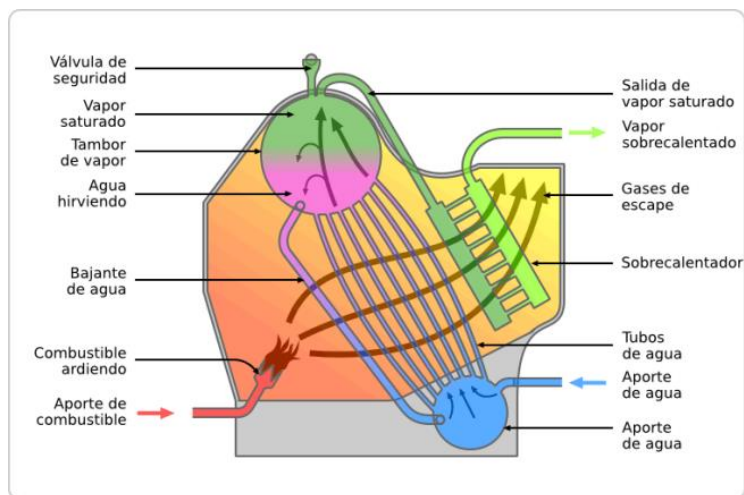


Ilustración 1 Esquema de caldera acuotubulares

5.2.1.4 Calderas Piro-tubulares

En este caso, el humo y los gases generados en la combustión son los que circulan por el interior de los tubos que integran el intercambiador, mientras el agua se encuentra en el exterior, calentando la temperatura del fluido.

Estas calderas se utilizan cuando se requiere una baja presión de trabajo, inferior a los 20 bares, y están indicadas para procesos industriales en general (ferroli, 2018).

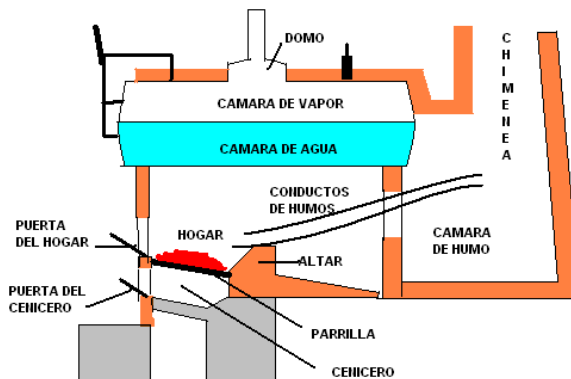


Ilustración 2 Esquema calderas pirotubulares

5.2.1.5 Calderas de tubo de fuego

Es un tipo de caldera en la que los gases de combustión procedentes del fogón pasan a través de varios tubos que cruzan (longitudinal, transversal o radialmente) un cilindro sellado que contiene agua. El calor se transfiere por conducción térmica, calentando el agua y creando vapor.

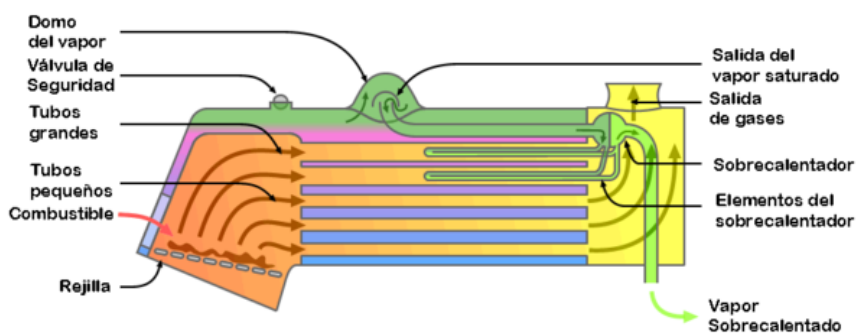


Ilustración 3 Esquema calderas tubo de fuego

5.2.2 Historia del Mantenimiento

El concepto de mantenimiento inicia en el periodo de la revolución industrial, el nacimiento de nuevas industrias y el éxodo de migración de los trabajadores de los campos a las ciudades para su ocupación en las empresas, enfocadas a la fabricación de máquinas

nuevas e innovadoras para una forma diferente de producción sistemática y programada en los campos y la industria, iniciando desde Europa, transmitiendo sus experiencias a los estados unidos e implementadas y mejoradas por los japoneses hasta el día de hoy ocupada en todos los sectores productivos del mundo.

Con el rápido crecimiento de la industria y la gran demanda de los consumidores, las máquinas fabricadas estaban interrumpiendo la cadena productiva ya que solo se limitaban a producir y por su uso continuo las partes que le conformaban empezaron a verse desgastadas, fracturadas entre otros daños encontrados que entorpecen la producción, es allí donde se ejecuta el primer tipo de mantenimiento evidenciando el crecimiento y la necesidad de profundizar en mejores resultados en las operaciones de grandes industrias.

5.2.3 Definición de Mantenimiento

Son las acciones necesarias que se deben ejecutar sobre un equipo o instalación que evite, corrija, minimice y garantice su buen funcionamiento.

5.2.4 Tipos de Mantenimiento

Es común escuchar y hablar de tres tipos de mantenimiento en los que mencionamos el mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo.

5.2.4.1 Mantenimiento Correctivo

“Este tipo de mantenimiento corrige los errores del equipo que dependen de la intervención para volver a su función inicial. Estas prácticas de mantenimiento no dependen de los planes de mantenimiento y, por consiguiente, la posibilidad de que no haya piezas de repuesto en existencia es alta”. (User, 2020)

Este tipo de mantenimiento es ejecutado una vez se presenta la falla; como la parada de una máquina, interrupción de producción tiempos muertos que elevan los costes de operación.

5.2.4.2 Mantenimiento Preventivo

El Mantenimiento Preventivo se basa en un tiempo de actuación establecido, determinado por el fabricante del bien o por el personal de mantenimiento de una empresa. Sin duda, mucho mejor que un enfoque de “arreglarlo cuando se rompe”, el Mantenimiento Preventivo ayuda a prevenir las fallas de los equipos reemplazando sistemáticamente los componentes deteriorados y/o identificando y corrigiendo los problemas antes de que conduzcan a la falla. (htt1)

Este tipo de mantenimiento se ejecuta de manera periódica sobre los activos de una empresa sin interrumpir los tiempos de producción y programando sus intervenciones en tiempos de paro de proceso para prevenir paradas no programadas en los equipos.

5.2.4.3 Mantenimientos Predictivo

El mantenimiento predictivo es un tipo de mantenimiento que relaciona una variable física con el desgaste o estado de una máquina. El mantenimiento predictivo se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. A tal efecto, se definen y gestionan valores de pre-alarma y de actuación de todos aquellos parámetros que se considera necesario medir y gestionar. (Garcia, 2013)

Este tipo de mantenimiento es tenido en cuenta desde el diseño de una máquina o edificación considerando parámetros de uso, ciclos de funcionamiento y materiales de fabricación para tener un estimado de vida útil adelantándose a prevenir los tipos de fallas en el tiempo.

5.2.5 Metodologías de Mantenimiento

Para aplicar correctamente los tipos de mantenimiento los operadores, técnicos y profesionales de mantenimiento han basado sus experiencias para la elección de una metodología que cumpla y reúna las mejores propuestas en un plan de mantenimiento.

5.2.5.1 Metodología Mantenimiento Productivo Total

El TPM (del inglés “total productive maintenance”, mantenimiento productivo total) es una técnica que nació en Japón en 1971. Consiste en una evolución de las técnicas de mantenimiento y tiene como objetivo general aumentar la eficiencia de las máquinas de una empresa. Sus objetivos están enfocados en reducir o eliminar los tiempos de parada no planificados, las pérdidas de tiempo cuando un técnico pone en marcha una máquina, o las reparaciones y los residuos generados por el rendimiento degradado de la máquina. Esto evita las pérdidas de productividad debidas a fallos en los equipos o a una posible falta de atención por parte de algunos técnicos. Para lograr este objetivo, el TPM se divide en tres herramientas distintas:

La TRS: Tasa de Rendimiento Sintético, que es un indicador que mide el índice de utilización de la máquina.

Las 5s:

- ✓ Seiri – clasificar
- ✓ Seiton – ordenar
- ✓ Seiso – limpiar
- ✓ Seiketsu – estandarizar
- ✓ Shitsuke – mantener la disciplina

El auto mantenimiento, que permite a los operadores de producción realizar tareas de mantenimiento simplificadas (Sagnier, 2018).

5.2.5.2 Metodología Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de causa-efecto, 5M (ver la ilustración 4) o diagrama espina de pescado, se utiliza para gestionar la calidad. Permite identificar las diferentes causas y efectos de una problemática.

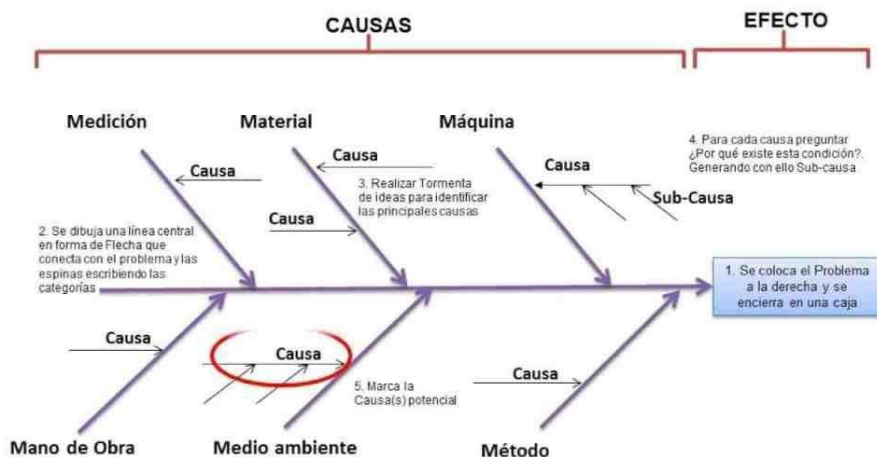


Ilustración 4 Diagrama De Ishikawa

El funcionamiento es sencillo: se tiene que enumerar todas las causas potenciales atribuibles al problema y clasificarlas según las diferentes categorías. En una máquina, por ejemplo, podemos crear las categorías: eléctrico, mecánico, hidráulico, automatismo, etc. y encontrar en cada categoría un conjunto de problemas que pueden suceder en esta máquina. Bastante visual, esta herramienta se utiliza especialmente para la gestión de riesgos (una actividad de gestión de proyecto) ya que permite anticipar todo tipo de dificultades que podrían tener consecuencias considerables para el negocio de su empresa (Sagnier, 2018).

5.2.5.3 Metodología Mantenimiento centrado en la confiabilidad

“El mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM por sus siglas en inglés) es una metodología altamente reconocida y de uso extendido para elaborar planes de mantenimiento que incluyan todo tipo de estrategias de mantenimiento (preventivo, predictivo, búsqueda de fallas, etc.)”.

https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/html/index.html#redalyc_61458265

5.2.5.4 Metodología AMEF

La metodología de Análisis de Modos y Efectos de Falla es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales y sus posibles efectos en un sistema con el fin de priorizarlos y concretar los recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta.

Que se logra al implementar el AMEF:

- Identificar fallas o defectos antes de que estos ocurran.
- Reducir los costos de garantías.
- Incrementar la confiabilidad de los productos o servicios.
- Acortar el tiempo de desarrollo de intervención.
- Documentar los conocimientos sobre los procesos.
- Mantiene el Know-How en la compañía.

5.3 Marco Legal

En Colombia se implementó una resolución para regular todo lo relacionado con la operación, instalación y mantenimiento de calderas, teniendo en cuenta que estos equipos representan riesgo para todo tipo de personal que tiene relación directa e indirecta con los equipos, en el código sustantivo del trabajo considera el objetivo del sistema general de riesgos laborales, es la promoción de salud ocupacional y la prevención de los riesgos laborales para evitar accidentes de trabajo y enfermedades laborales en los artículos 348, 80, 81 y 84 de la *“ley 9 de la resolución de 2400 de 1979”* expedida por el ministerio del trabajo y seguridad social, define a los empleadores como responsables de la seguridad y salud de sus trabajadores y proveerles condiciones seguras de trabajo.

A continuación, se relaciona dicha resolución para darle más visión de la importancia de realizar un mantenimiento adecuado conforme a la normatividad vigente.

Que el artículo 113 de la Ley 9 de 1979 establece que “Las calderas, cilindros para gases comprimidos y otros recipientes sometidos a presión, sus accesorios y aditamentos deberán ser diseñados, construidos y operados de acuerdo con las normas y regulaciones técnicas y de seguridad que establezcan las autoridades competentes”. Que de conformidad con el numeral 4 del artículo 14 del Decreto 381 de 2012 es función del Ministerio de Minas y Energía “formular, adoptar, dirigir y coordinar la política en materia de uso racional de energía y el desarrollo de fuentes alternas de energía y promover, organizar y asegurar el desarrollo de los programas de uso racional y eficiente de energía” Que en ese sentido, es necesario a través de este Reglamento promover el uso racional y eficiente de la energía (URE) en los sectores residencial, industrial y comercial en Colombia, de conformidad con la Ley 697 de 2001 teniendo en cuenta que las calderas son máquinas de transformación de energía donde la eficiencia del proceso es determinante para el consumo de recursos no renovables. Que adicionalmente, son funciones de este Ministerio “formular, adoptar, dirigir y coordinar la política sobre las actividades relacionadas con el aprovechamiento integral de los recursos naturales no renovables y de la totalidad de las fuentes energéticas del país” y “Expedir los reglamentos técnicos sobre producción, transporte, distribución y comercialización de energía eléctrica y gas combustible, sus usos y aplicaciones” de conformidad con los numerales 5 y 9 del Decreto 381 de 2012 (subrayado nuestro). Que este Reglamento representa un medio adecuado para regular la instalación, operación y mantenimiento de las calderas, y brindar protección y seguridad a las personas, equipos y al medio ambiente.

Este propósito fundamental establece medidas que garanticen la protección de la vida, salud y seguridad de los trabajadores, la prevención de prácticas que puedan inducirlo a error, eliminando los riesgos, explosión, incendio, contaminación accidente y enfermedad que se

puedan originar en la fabricación, instalación, pruebas, operación y mantenimiento de calderas y sus accesorios. Que existe la necesidad de definir los requisitos de protección y seguridad, a los que se debe someter toda persona con algún grado de responsabilidad con el diseño, fabricación, instalación, pruebas, operación y mantenimiento de calderas a fin de lograr seguridad para las vidas y bienes de todas las comunidades donde se usen calderas, así como la fauna, flora y en general el medio ambiente.

A nivel mundial se están desarrollando leyes que tienen un enfoque ecológico, ya que las calderas son grandes generadores de CO₂, dichos gases son los causantes del cambio climático y afectaciones en el mundo, lo que buscan esta normativa es prohibir la fabricación de calderas de combustión con fuentes fósiles como lo está hoy en día la mayoría en Colombia. En muchas ciudades se desarrollan proyectos de investigación para el diseño de calderas a base de combustibles con biomasa y de reacción con energías renovables.

La norma SAE JA 1011 es una metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad "RCM", consiste básicamente en una estructura de siete criterios que se deben cumplir para desarrollar de manera exitosa, tiene como requisito el conocimiento del historial de fallas del activo o activos a implementar, contempla conceptos importantes como riesgos de los equipos, oportunidades de mejora, fue implementado inicialmente para la industria aeronáutica para aumentar la seguridad y confiabilidad fue implementando en las industrias debido a su éxito en mantenimiento.

6 Marco Metodológico

6.1 Metodología de la Investigación

El presente trabajo se desarrolla bajo la metodología de investigación mixta (cuantitativa y cualitativa), para la investigación cuantitativa se tendrán en cuenta los registros del departamento de mantenimiento de la empresa en donde se integra la información referente a las paradas de mantenimiento por equipo contenido en los indicadores de gestión y la investigación cualitativa se registran manuales del equipo, textos, revistas, trabajos de grado.

6.1.1 Fuentes de investigación

Para obtener la información se acude a las fuentes primarias y secundarias que se relacionan a continuación.

6.1.1.1 Fuentes primarias

Como fuentes de información primaria se utilizarán los formatos de solicitud de mantenimiento vigente en la empresa, entrevista realizada al ingeniero encargado del mantenimiento y a los técnicos.

6.1.1.2 Fuentes secundarias

Como fuentes de información secundaria se utilizarán documentos especializados en mantenimiento, textos, tesis de grado, estrategias de mantenimiento utilizados como referencia para el desarrollo del trabajo de investigación planteado.

6.1.2 Metodología

Los objetivos específicos se van desarrollando de acuerdo con el cronograma, se pone en contexto la situación actual de la gestión del mantenimiento al interior de la empresa, el activo se adquiere con la finalidad de dar más eficiencia en las líneas de proceso, en busca de la visión gerencial de tecnificar la empresa para poder desarrollar el potencial de la planta y convertirse en proveedora, de un alimento de consumo masivo más posicionada en el

mercado, requiere un programa de mantenimiento para promover la vida útil y garantizar el funcionamiento del equipo, en ese contexto de desarrollo se debe proponer un plan de mantenimiento que vaya acorde con esta ideología. Así mismo actualmente el proceso de mantenimiento es ejecutado sobre correctivos llevados a cabo con el personal técnico cuyo nivel de capacitación se debe a la experiencia adquirida en la planta, no se tiene personal calificado para estas actividades como está definido en la norma **ARTÍCULO 47°. - REQUISITOS PRINCIPALES DEL PERSONAL ENCARGADO DE LA OPERACIÓN DE LA(S) CALDERA(S) de la Ley 9ª de 1979**, y para las actividades complejas se acude a terceros generando aumento en los costos.

6.1.2.1 Cronograma de actividades

Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la caldera piro tubular de la empresa FRIGOVATENZA.																						
CRONOGRAMA DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACION																						
NORMA SAE JA1011, JA1012 DOCUMENTOS GUIA																						
FASE	ACTIVIDADES / ESTRATEGIAS	RESPONSABLE	FECHA		% Cumpl.	FEBRERO		MARZO			ABRIL			MAYO		Totales						
			Inicio	Fin.		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Realizados
PLANEACIÓN	Realizar investigación de parametros nominales de la caldera	ANDERSSON CASAS	26/02/2021	27/02/2021	50,0			o	k											1		
	Registra las condiciones de funcionamiento actuales	EDWIN CASTRO	26/02/2021	27/02/2021	50,0			o	k											1		
	Valorar situación actual de operación confrontando parametros nominales y actuales	MIGUEL ROA	26/02/2021	27/02/2021	50,0			o	k											1		
	Reunir criterios de planteamiento de modelos de mantenimiento	MIGUEL ROA ANDERSSON CASAS EDWIN CASTRO	5/03/2021	6/03/2021	50,0			o	k											1		
	Definir modelo de propuesta	MIGUEL ROA ANDERSSON CASAS EDWIN CASTRO	12/03/2021	13/03/2021	50,0			o	k											1		
DIAGNÓSTICO	Realizar descripción de sistemas subsistemas y componentes	ANDERSSON CASAS	12/03/2021	13/03/2021	50,0				o	k										1		
	Definir los fallas funcionales, modos de falla por sistemas y componenetes	EDWIN CASTRO	19/03/2021	20/03/2021	50,0					o	k									1		
	realizar la descripción cuantitativa de los modos de falla	MIGUEL ROA	26/03/2021	27/03/2021	50,0						o	k								1		
	definir las actividades de mantenimiento según la metodología	ANDERSSON CASAS	2/04/2021	3/04/2021	50,0							o	k							1		
EJECUCION	Entrega de propuesta de la metodología de mantenimiento para el activo		7/05/2021	8/05/2021	50,0									o	k				1			
	conclusiones		14/05/2021	15/05/2021	50,0											o	k		1			

Ilustración 5 Cronograma de actividades

7 Análisis de resultados

7.1 Definir los parámetros nominales de funcionamiento del equipo

El Frigorífico Valle de Tenza S.A cuenta con una caldera pirotubular de tres pasos, este equipo suministra vapor a la línea de sacrificio de bovino, en primera instancia a los mezcladores de vapor-agua para alcanzar una temperatura de 85 °C, ubicados en cada uno de los puestos de trabajo con el fin de esterilizar los utensilios como lo son cuchillos de corte, en segunda instancia suministra vapor a los mezcladores de esterilización de máquinas de corte de pecho y corte de división de canales con el fin de esterilizar el equipo entre un corte y otro.

En la línea de subproductos suministra vapor a los mezcladores vapor-agua para alcanzar una temperatura de 85°C para esterilizar cuchillos de corte, en esta línea se encuentran dos secciones de mayor consumo de vapor en las áreas de lavado de panzas donde se tiene un contenedor de 1.5 m³ de agua alcanzando una temperatura de 60°C utilizada en la precocción de producto y una olla rotativa en función de prelavado a 70°C facilitando el desprendimiento de rumen y limpieza de estómagos, libros y cuajos, con la misma configuración suministra vapor a una olla rotativa utilizada en el lavado de patas y manos alcanzando una temperatura que oscila entre 70°C y 80°C facilitando la limpieza de la piel dejándola despejada y precocida.

Se hace levantamiento de los parámetros funcionales relacionados a continuación adicionalmente se adjunta placa de la caldera, la presión máxima hace referencia al límite superior de presión que puede soportar el equipo, así mismo se plantea el límite inferior de presión, se relaciona el voltaje para la conexión de alimentación de la corriente eléctrica, y la presión de entrada de gas al quemador, ya que si no se respeta este nivel, cuando es más baja la presión de gas en el quemador, se apaga constantemente y si es superior empezará a generar hollín al interior de la cámara de combustión.

Parámetros	Nominal	Actual
Presión máx (psi)	150	110
presión mín (psi)	130	90
Tensión (voltaje)	220	220
Presión gas (psi)	22	22

Tabla 1 Parámetros nominales caldera pirotubular



Ilustración 6 Placa de características caldera

Condición de funcionamiento del equipo: la caldera está ubicada en la parte trasera de la empresa, al momento de adquirir la caldera no entregaron manuales o catálogos que permitieran definir parámetros específicos de seguridad y operación.

La caldera se adquirió ya que el equipo que se tenía debió ser cambiado por no cumplir con las necesidades de la demanda del proceso y su estado de deterioro no ofrecía condiciones de confiabilidad en la operación.

Para la puesta en marcha se cambiaron componentes eléctricos en el tablero de distribución de la planta para la alimentación del equipo, se deja en servicio el tanque de condensados y la electrobomba de agua, la red de suministro de gas se consideró funcional para la alimentación de combustible de la caldera, la red de distribución de vapor para la planta desde la caldera sale en dos pulgadas en tubería acero al carbono a una flauta de distribución

que reduce su diámetro a tubería de tres cuartos de pulgada y tubería de media pulgada en acero al carbono considerada tubería adecuada para el suministro.

Cabe resaltar que la caldera está calibrada para trabajar con presiones que oscilan entre 90 y 110 psi de presión de vapor para obtener una eficiencia del 85%.


7.2 Establecer las causas de las principales fallas

El estado actual de operación de la caldera en este momento se encuentra en un nivel bajo de control de fallos no hay un plan de mantenimiento que se adelante o controle los posibles fallos, esto se debe a que el personal de mantenimiento no tiene el conocimiento y la capacitación adecuada para su operación y cuenta con muy poco tiempo para una atención previa del sistema de generación de vapor y subsistemas que alimentan el mismo.

La información con la que se cuenta solo hace mención a la falla y acciones correctivas tomadas en el momento de las mismas, no discrimina modos de falla, tiempos entre fallas, tiempos de corrección de fallas, si son fallas del sistema o fallas externas.

Se realiza entrevista al ingeniero de mantenimiento Miguel Roa y al señor Duvan Bohórquez auxiliar de mantenimiento, encargados de la operatividad y mantenimiento de todas las máquinas de la empresa Frigovatenza, entre ellas la caldera pirotubular.

Durante la entrevista se recopiló información respecto a la hoja de vida de la caldera:


	PROGRAMA CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE INSTALACIONES, UTENSILIOS Y EQUIPOS		CODIGO FV-MZ-HV02
	HOJA DE VIDA EQUIPOS		VERSION 01
			FECHA 10-08-2018
			PAGINA 1 de 1
EQUIPO :	Caldera de vapor		
DESCRIPCION	Calderra generadora de vapor, horizontal pirotubular		
USO	Equipo utilizado en la generacion de vapor para los diferentes proceso del faenado bovino		

MANTENIMIENTO

	FECHA	DESCRIPCION PROCEDIMIENTO	RESPONSABLE
1	31-01-2019	Operación operativa de Caldera.	Termovapor
2	1-03-2019	Alarma en el tablero principal, se unimmo con el mg Juan Pablo, Se resetea y reinicia sistema.	Higuel Roa.
3	15-03-2019	Inspección visual componentes de caldera, detección de sellante deteriorado en tapones, serción frontal, comunicación con proveedores, deterioro por calidad del agua.	Higuel Roa.
4	11-06-2019	Limpieza tanque de reserva agua Limpieza manilla nivel agua Enterear manilla flotador	Higuel Roa
5	13-07-2019	Compensar nivel refrigerante manómetro de presión	Higuel Roa
6	28-07-2019	Activar válvula superior de descarga alvub vapor.	Higuel Roa.
7	14-03-2020	Inspección visual estado componentes, limpieza	Higuel Roa
8	25-07-2020	Cambio empaque y pasavientos parte trasera superior.	Higuel Roa

Realizo:

Verifico:


	PROGRAMA CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE INSTALACIONES, UTENSILIOS Y EQUIPOS	CÓDIGO: FV-MC-HV02
	HOJA DE VIDA EQUIPOS	VERSION 01
		FECHA 10-08-2018
		PAGINA 1 de 1
EQUIPO :	Caldera de vapor	
DESCRIPCION	Caldera generadora de vapor, horizontal pirotubular	
USO	Equipo utilizado en la generacion de vapor para los diferentes proceso del faenado bovino	

MANTENIMIENTO

	FECHA	DESCRIPCION PROCEDIMIENTO	RESPONSABLE
1	07 10 2020	Purga , cebado de bomba de agua .	Duvan
2	12 10 2020	Purga , cebado de bomba de agua .	Duvan
3	21 10 2020	Purga , cebado de bomba de agua .	Duvan
4	22 10 2020	Cambio rodamientos bomba de agua (motor).	Miguel
5	03 11 2020	No hay suministro de gas .	Externo Enercer
6	26 11 2020	No hay suministro de gas .	Externo Enercer
7	03 12 2020	Reuperacion nivel de agua tanque Suministro .	Duvan
8	12 12 2020	Cebado bomba de agua .	Duvan

Realizo:

Verifico:


	PROGRAMA CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE INSTALACIONES, UTENSILIOS Y EQUIPOS		CÓDIGO FV-MC-HV02
			VERSION 01
			FECHA 10-08-2018
			PAGINA 1 de 1
HOJA DE VIDA EQUIPOS			
EQUIPO:	Caldera de vapor		
DESCRIPCION	Caldera generadora de vapor, horizontal pirotubular		
USO	Equipo utilizado en la generacion de vapor para los diferentes proceso del faenado bovino		

MANTENIMIENTO

	FECHA	DESCRIPCION PROCEDIMIENTO	RESPONSABLE
1	14 12 2020	Norma controlador	
2	16 12 2020	Abrucia controlador, limpieza sensor presión aire.	
3	19 12 2020	Cebado bomba de agua.	Duvan
4	21 12 2020	Cebado bomba de agua.	Duvan
5	23 12 2020	Cebado bomba de agua.	Duvan
6	15 01 2021	falla en el suministro de gas. (externo)	Enercel
7	15 02 2021	Cebado bomba de agua.	Duvan
8	26 02 2021	Cebado bomba de agua.	Duvan

Realizo:

Verifico:

	PROGRAMA CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE INSTALACIONES, UTENSILIOS Y EQUIPOS		CODIGO FV-MC-HV02
	HOJA DE VIDA EQUIPOS		VERSION 01
			FECHA 10-08-2018
			PAGINA 1 de 1
EQUIPO :	Caldera de vapor		
DESCRIPCION	Caldera generadora de vapor, horizontal pirotubular		
USO	Equipo utilizado en la generacion de vapor para los diferentes proceso del faenado bovino		

MANTENIMIENTO

	FECHA	DESCRIPCION PROCEDIMIENTO	RESPONSABLE
1	23 03 2021	Cambio bomba de agua .	Riguel
2	13 04 2021	Limpieza de tubería interna, cambio de Cordon termico enpuertas de acceso, cambio empaques, anexo entrega contratista .	Protanques
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Realizo:

Verifico:

En base a la investigación e información recaudada se realiza un análisis de las principales fallas, utilizando el método de Análisis Modal de Efectos y Fallas (AMEF):

responsable	Miguel Roa
Grupo de trabajo	Miguel Roa, Anderson Casas, Erwin Castro
meta	Identificar las fallas de la caldera poritubular
Tipo de modo de fallo y análisis de efectos	Processos
Nombre del componente evaluado	Caldera pirotubular
componente función	Calentar agua para los diferentes procesos del frigorífico

Ilustración 11 Planificación análisis de falla

En la ilustración 11 se identifican los responsables y activo al cual se le realiza el análisis.

ITEM	FALLA	CLASIFICADO
1	Bajo nivel de agua	Critico
2	Falla en el suministro eléctrico	Critico
3	Falta de suministro de gas	Critico
4	Fallas de arranque	Critico
5	Falta de mantenimiento	Alto riesgo

Ilustración 12 FMEA (failure mode and effective analysis)

En la Ilustración 12 se relacionan las principales fallas y se valora su criticidad.

ITEM	FALLA	CLASIFICADO	PLAN DE ACCION	RESPONSABLE
1	Bajo nivel de agua	Critico	verificación de nivel de los tanques de almacenamiento de agua	Duvan Bohorquez
2	Falla en el suministro eléctrico	Critico	exigir a EPSA anunciar los cortes de energía	Miguel Roa
3	Falta de suministro de gas	Critico	tener gas almacenado en un tanque de reserva	Miguel Roa
4	Fallas de arranque	Critico	hacer programa de mantenimiento preventivo	Miguel Roa
5	Falta de mantenimiento	Alto riesgo	implementar programa de mantenimiento	Miguel Roa

Ilustración 13 Acciones correctivas

En la ilustración 13 se relacionan las acciones correctivas y se designan a los responsables tiempos de ejecución.

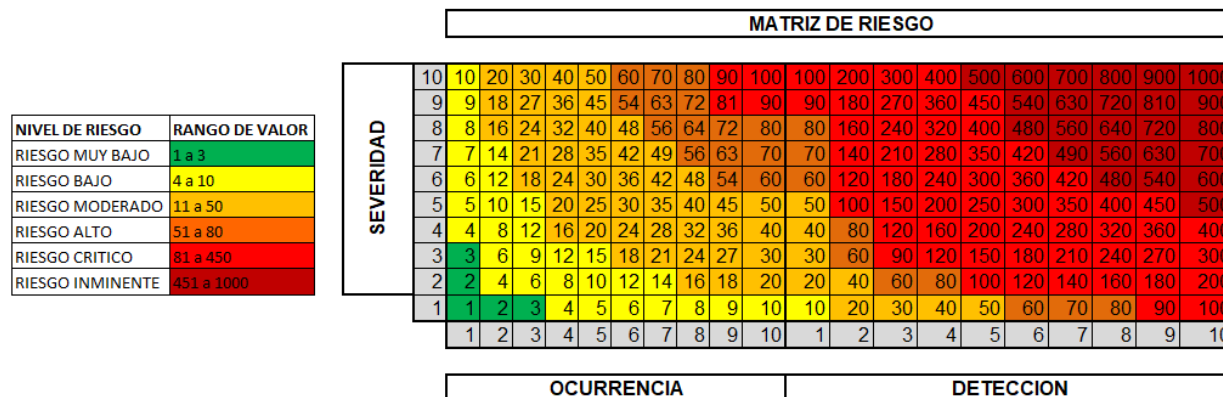


Ilustración 14 Matriz de prioridades

En la ilustración 14 se visualiza de manera gráfica las prioridades en los modos de fallos indicando su nivel de gravedad.

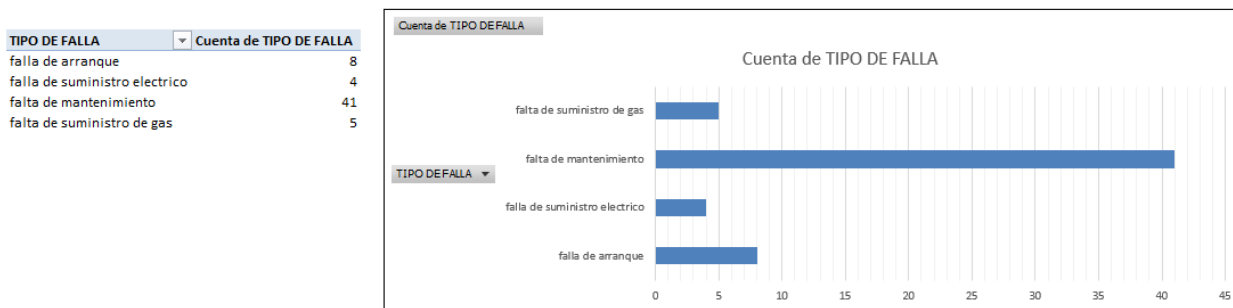


Ilustración 15 Relación fallas más recurrentes

En la ilustración 15 se puede identificar que la falta de mantenimiento ejerce el mayor impacto sobre la caldera, ya que en esta evaluación se incluyeron todas las fallas que si bien parecían menospreciadas al momento de cuantificarlas cobran un índice bastante significativo, tales como: falla de fusibles, corrosión en las tuberías, breakers en mal estado, obstrucción en los tubos por sedimentos en el agua, etc.

El 13 de abril de 2021 se le realiza un mantenimiento general a la caldera pirotubular contratado con la empresa Protanques y Calderas S.A., donde realizan algunas recomendaciones como cambiar los manómetros, cambiar la manguera de gas y cambiar el cuerpo de columna ya que se encuentra fisurado (ver ilustración 16), es de gran importancia este tipo de documentos para plantear la propuesta de mantenimiento, ya que la caldera lleva poco tiempo de funcionamiento y documentar toda la información es vital para la hoja de vida del activo.



NIT. 300928650-6 Régimen común
 Degasificadora, mantenimiento carro tanques.
 Fabricación, reparación y mantenimiento de calderas y equipos generadores de vapor.

COMPROBANTE DE SERVICIO

Cliente Guga Vateza Dirección Geología HU Comfiamerca
 Caldera marca TERMOVAPOR Capacidad 50 BHP
 Número de serie R-01-19 Presión de diseño 150 PSI

CLASE DE SERVICIO mantenimiento general

MANTENIMIENTO: PREVENTIVO GENERAL

<input checked="" type="checkbox"/> Tomar medidas de seguridad en la manipulación de calderas	<input checked="" type="checkbox"/> Revisión y mantenimiento de controles neumáticos
<input checked="" type="checkbox"/> Deshojado	<input checked="" type="checkbox"/> Cambio de empaques de los tapones de inspección
<input checked="" type="checkbox"/> Lavado interno a presión con hidrolavadora a 1200 psi	<input checked="" type="checkbox"/> Cambio empaques manhole de 12" x 15"
<input checked="" type="checkbox"/> Lavado de la columna de agua	<input checked="" type="checkbox"/> Cambio de cordón cámara de combustión
<input checked="" type="checkbox"/> Lavado de sifones y fauna	<input checked="" type="checkbox"/> Cambio de empaques de la columna de agua
<input checked="" type="checkbox"/> Lavado línea de entrada de agua a la caldera	<input checked="" type="checkbox"/> Cambio de tubo nivel y empaques
<input checked="" type="checkbox"/> Lavado filtro de agua	<input checked="" type="checkbox"/> Prueba hidrostática a 110psi en 45 minutos
<input checked="" type="checkbox"/> Lavado tanque de condensado	<input checked="" type="checkbox"/> Pruebas de seguridad
<input checked="" type="checkbox"/> Limpieza filtro de combustible	<input checked="" type="checkbox"/> Chequeo general
<input checked="" type="checkbox"/> Limpieza de boquillas	<input checked="" type="checkbox"/> Pintura general de tapas (Opcional)
<input checked="" type="checkbox"/> Limpieza de tapones de inspección	<input checked="" type="checkbox"/> Ajuste de combustión
<input checked="" type="checkbox"/> Limpieza y mantenimiento del quemador	<input checked="" type="checkbox"/> Análisis de gases con equipo PCA3
<input checked="" type="checkbox"/> Ajuste de electrodos	<input checked="" type="checkbox"/> Revisión turbina del quemador
<input checked="" type="checkbox"/> Ajuste de encendido	<input checked="" type="checkbox"/> Revisión transformadora de alta
<input checked="" type="checkbox"/> Revisión y mantenimiento de controles eléctricos	<input checked="" type="checkbox"/> Revisión fugas de combustible
<input checked="" type="checkbox"/> Revisión y mantenimiento del tablero eléctrico	<input checked="" type="checkbox"/> Revisión fugas de agua
<input checked="" type="checkbox"/> Revisión de refractario	<input checked="" type="checkbox"/> Revisión de Manómetros <i>hay que cambiarlos</i>
<input checked="" type="checkbox"/> Revisión controles de modulación	<input checked="" type="checkbox"/> Revisión del difusor
<input checked="" type="checkbox"/> Limpieza de las tejas de la retorta	<input checked="" type="checkbox"/> Revisión tren de gas
<input checked="" type="checkbox"/> Revisión tornillo sin fin	<input checked="" type="checkbox"/> Lavado de los sifones de los controles neumáticos
<input checked="" type="checkbox"/> Revisión del ventilador	<input checked="" type="checkbox"/> Limpieza de chimenea
<input checked="" type="checkbox"/> Realizar limpieza externa del equipo	<input checked="" type="checkbox"/> Limpieza del ciclón
<input checked="" type="checkbox"/> Revisar funcionamiento del quemador	<input checked="" type="checkbox"/> Inspección visual rodamientos de motor quemador
<input checked="" type="checkbox"/> Revisar temperatura de funcionamiento motor eléctrico	<input checked="" type="checkbox"/> Revisión fugas de humo
<input checked="" type="checkbox"/> Revisión bomba de agua a presión	<i>Nota cambiar manguera GAS p/</i>

OBSERVACIONES
Nota hay que cambiar cuerpo columna - esta fisurada

13-04-2021

[Signature]

[Signature]

FECHA

TECNICO

CLIENTE

Avenida calle 17 No. 137 a -98 Fontibón Puente Grande, Parqueadero Aristi
 Cel. 320 4469873- 3177334843- 3103425997- 3046487387- E-mail. Pro_tanques@hotmail.com

7.3 Modelo de mantenimiento.

Una vez analizada la información se debe tener en cuenta la importancia de generar un plan de mantenimiento al interior de la empresa ya que la finalidad de las empresas por encima de proveer servicios o productos es generar ingresos sobre los mismos, es así como se evidencia de manera fundamental la necesidad de implementar una metodología de mantenimiento en equipos críticos, pues cuando los equipos fallan de manera imprevista se generan pérdidas de productividad aumentando los costos, es decir todo lo contrario a lo que quieren los dueños o socios en una empresa.

Si bien es inevitable que se generen averías en los activos, es posible minimizar el costo de la avería mediante un control, el mantenimiento preventivo direcciona el valor causado por la falla a su menor expresión. Ofreciendo mayor confiabilidad sobre el activo ya que puede ejecutar la función para la cual fue adquirido en la empresa.

Para lograr desarrollar un programa de mantenimiento preventivo se tiene en cuenta el historial de fallas con el fin de establecer un presupuesto, de esta manera se convierte un gasto en una inversión ya que por un lado se interviene el activo en el tiempo en que no está programado para evitar pérdidas de tiempo en horas hombre, horas máquina, producto y lo más costoso de la cadena productiva de una empresa los desperdicios o reprocesos, y por otro lado no afecta la operación de la planta, también se debe tener en cuenta que los insumos o repuestos no tienen el mismo valor en todos los proveedores, para esto se hace fundamental realizar cotizaciones del mismo insumo con varios proveedores para elegir el que menos precio nos ofrece con las mismas condiciones que requerimos cuando el mantenimiento se realiza de manera reactiva no da tiempo de realizar un proceso adecuado de compras.

Hay otros aspectos que se deben tener en cuenta para justificar porque es más importante el mantenimiento preventivo antes que los correctivos, son los riesgos que presentan algunas averías para las personal y pueden materializarse en lesiones graves o

provocar la muerte, en este caso específico como lo es una caldera es un riesgo latente no realizar la calibración de las válvulas de seguridad y de los sistemas de alarma, ya que si por algún motivo falla en mecanismo de control del equipo haciendo que no se auto regule la presión, por balance de energía se concentra en aumento constante de presión, puede causar la explosión de la caldera generando graves lesiones en los trabajadores o infraestructura en un radio relativo a la energía liberada. Ahora si comparamos el valor correspondiente a la calibración de la válvula de seguridad y el mantenimiento planificado de los sistemas de alarma no excederá los dos millones de pesos, mientras que la indemnización por una demanda de un trabajador fallecido por malos procedimientos generará consecuencias no solo monetarias astronómicas si no también cargas penales que llevan a la cárcel.

Una vez contextualizado los aspectos a tener en cuenta para generar el plan de mantenimiento preventivo se deben plantear los objetivos de la siguiente manera:

- ✓ Minimizar al máximo las acciones correctivas.
- ✓ Intervenir con el mantenimiento antes de que se produzca la avería, pudiendo planificar las tareas y recursos necesarios.
- ✓ Reducir los gastos por mantenimiento y reparaciones.
- ✓ Aumentar la disponibilidad de la maquinaria, aumentando así su capacidad productiva y obteniendo mayor rentabilidad.
- ✓ Alargar la vida útil de los equipos, para que puedan seguir funcionando perfectamente el mayor tiempo posible sin necesidad de ser sustituidos por otros nuevos.
- ✓ Aumentar la productividad de la maquinaria y el operador, evitando así los tiempos muertos.
- ✓ Evitar la pérdida de materia prima que quede inutilizable por mal procesados en la cadena de fabricación.

- ✓ Reducir los riesgos de accidentalidad laboral por rotura de componentes.

7.3.1 Establecer un presupuesto

Establecer un presupuesto para realizar el mantenimiento preventivo de los activos de la empresa se realiza teniendo en cuenta la frecuencia recomendada por el fabricante, costes de mantenimientos, fechas de revisión, etc.

Expertos en mecánica aseguran que la fórmula correcta para invertir el presupuesto de mantenimiento es: 80% en preventivo y solo el 20% restante en corrección de averías.

PRESUPUESTO ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CALDERA			
	TIEMPO EN HORAS X MES	VALOR HORA DE MANTENIMIENTO	VALOR TOTAL X MES EN PESOS
ENERO	6,25	\$ 150.000	\$ 936.875
FEBRERO	7,67	\$ 150.000	\$ 1.150.000
MARZO	7,67	\$ 150.000	\$ 1.150.000
ABRIL	7,67	\$ 150.000	\$ 1.150.000
MAYO	7,67	\$ 150.000	\$ 1.150.000
JUNIO	7,67	\$ 150.000	\$ 1.150.000
JULIO	18,67	\$ 150.000	\$ 2.800.000
AGOSTO	7,67	\$ 150.000	\$ 1.150.000
SEPTIEMBRE	7,67	\$ 150.000	\$ 1.150.000
OCTUBRE	7,67	\$ 150.000	\$ 1.150.000
NOVIEMBRE	7,67	\$ 150.000	\$ 1.150.000
DICIEMBRE	7,67	\$ 150.000	\$ 1.150.000
		VALOR TOTAL	\$ 15.236.875

Tabla 2 Presupuesto anual

En la tabla se encuentra la descripción mensual de los valores invertidos en el mantenimiento mes a mes, la información se extrajo del valor promedio por hora de los

mantenimientos realizados evidenciado en la tabla 3 valor promedio de la hora de mantenimiento.

DESCRIPCIÓN TRABAJO	VALOR	HORAS REQUERIDAS	VALOR HORA
calibracion de quemador	\$ 1.200.000	8	\$ 150.000
pitometria	\$ 1.400.000	7	\$ 200.000
mantenimiento preventivo externo	\$ 5.000.000	24	\$ 208.333
mantenimiento preventivo interno	\$ 800.000	11	\$ 72.727
revisiones	1000000	8	125000
PROMEDIO			\$ 151.212

Tabla 3 Valor promedio de la hora de mantenimiento

En la tabla se detalla el promedio del valor de la hora de mantenimiento teniendo en cuenta los últimos mantenimientos realizados a la caldera por personal interno y externo, así como también calibración y análisis efectuados en el equipo.

7.3.2 Maquinaria y equipo para incluir

Realizar un inventario de los equipos existentes. Es importante tener una ficha detallada en el ERP por cada uno de los equipos/máquinas que puedan ser objeto de mantenimiento.

Asociados a cada equipo se tendrán los repuestos y consumibles que comúnmente se emplean en sus intervenciones, así como cualquier documento relevante.

La Gestión Documental del ERP tiene aquí un papel importante, permitiendo que la ficha de cada máquina tenga documentación acerca de la normativa ISO, las homologaciones, la normativa de seguridad, el manual de instrucciones, etc.

Los repuestos y accesorios, así como los consumibles y las herramientas también se dan de alta en el ERP, agrupándolos en distintos grupos dependiendo de la funcionalidad que tengan dentro del mantenimiento.



Ilustración 17 Taxonomía del equipo

UNIVERSIDAD ECCCI		TAXONOMIA DE CALDERA PIROTUBULAR							
NIVEL 1	COD	NIVEL 2	COD	NIVEL 3	COD	NIVEL 4	COD		
	C	Sistema alimentacion de gas	C1	tuberias de alimentacion	C1.1	tuberias de 2 pulgadas	CP 1.1		
								tuberias de 1 pulgada	CP 1.2
								accesorios de tuberias	CP 1.3
					actuadores y valvulas de paso	C1.2	actuadores de paso	CP 1.4	
								actuadores de purga	CP 1.5
								registros manuales	CP 1.6
								regulador principal	CP 1.7
					quemador	C1.3	motor	CP 1.8	
								difusor	CP 1.9
							regulador quemador	CP 1.10	
							bobila de chispa	CP 1.11	
							bujia o electrodo de chispa	CP 1.12	
						ventilador	CP 1.13		
		Sistema electrico	C2	cometida de potencia	C2.1	cableado de potencia	CP 1.14		
								braker principal	CP 1.15
								braaker de quemador	CP 1.16
								braker de control	CP 1.17
					tablero de control	C2.2	control automatico de caldera	CP 1.18	
								fuelle de control	CP 1.19
								relevos de activacion secundaria	CP 1.20
							botones mando	CP 1.21	
					regleta de fusibles	CP 1.22			
					cableado de control	CP 1.23			

Tabla 4 taxonomía caldera 1.

UNIVERSIDAD ECCCI		TAXONOMIA DE CALDERA PIROTUBULAR							
NIVEL 1	COD	NIVEL 2	COD	NIVEL 3	COD	NIVEL 4	COD		
		sistemas de seguridad	C3	Válvula de Seguridad	C3.1	valvula de seguridad primaria	CP 1.24		
						valvula de seguridad secundaria	CP 1.25		
						Silbato de Alarma	C3.2	sirena de alarma bajo nivel	CP 1.26
						timbre de alarma de control	CP 1.27		
						Tapones Fusibles	C3.3	tapa de proteccion hermetica	CP 1.28
						balizas de alarma	C3.4	baliza de apagado por falla de gas	CP 1.29
							baliza de funcionamiento optimo	CP 1.30	
				baliza de bajo nivel de agua	CP 1.31				
		sistema de control	C4	Control de Presión Presostato	C4.1	presostato principal	CP 1.33		
							presostato auxiliar	CP 1.34	
						Control de temperatura Termostato	C4.2	pirometro temperatura	CP 1.35
						Control nivel de agua	C4.3	control macdonell principal	CP 1.36
							control macdonell auxiliar	CP 1.37	
						Control de aire	C4.4	sensor de aire	CP 1.38
				Control de la llama	C4.5	sensor de flama	CP 1.39		
				Control de encendido	C4.6	sensor de ignicion	CP 1.40		

Tabla 5 Taxonomía caldera 2

UNIVERSIDAD ECCCI		TAXONOMIA DE CALDERA PIROTUBULAR							
NIVEL 1	COD	NIVEL 2	COD	NIVEL 3	COD	NIVEL 4	COD		
		accesorios de inspeccion	C5	Indicadores de nivel de agua	C5.1	visor de nivel de la caldera	CP 1.41		
							visor de nivel de tanque de condensado	CP 1.42	
						indicadores de combustion	C5.2	visor de llama posterior	CP 1.43
							visor de llama frontal	CP 1.44	
							visor de chimenea	CP 1.45	
						Grifos o llave de prueba	C5.3	valvula de purga de caldera	CP 1.46
							valvula de purga condensado	CP 1.47	
							valvula de purga de vapor	CP 1.48	
							valvula de purga del suavizador	CP 1.49	
						Manómetros		valvula de purga de mcdonell	CP 1.50
							C5.4	manometro de presion de caldera	CP 1.51
							manometro de presion de linea gas	CP 1.52	
							manometro de gas despues regulador	CP 1.53	
				Termómetro		manometro de presion salida vapor	CP 1.54		
					C5.5	indicador de tempreratura de chimenea	CP 1.55		
				indicador de temperatura tanque condensado	CP 1.56				
				Pirómetros	C5.6	pirometro de salida de vapor	CP 1.57		
		sistema alimentacion de agua	C6	bomba alimentacion caldera	C6.1	boba centrifuga de paletas 5 Hp	CP 1.58		
						bomba agua linea de alimentacion	C6.2	boba centrifiga 2 Hp	CP 1.59
						bombas de dosificacion	C6.3	bomba dosificadora de antioxidante	CP 1.60

Tabla 6 Taxonomía caldera 3

UNIVERSIDAD ECCCI		TAXONOMIA DE CALDERA PIROTUBULAR						
NIVEL 1	COD	NIVEL 2	COD	NIVEL 3	COD	NIVEL 4	COD	
caldera pirotubular		Estructura y cuerpo de caldera	C7	estructura	C7.1	base	CP 1.61	
					soportes	CP 1.62		
					tapa posterior	CP 1.63		
					tapa frontal	CP 1.64		
					cuerpo de caldera	C7.2	hogar	CP 1.65
				camara de combustion (paso 1)		CP 1.66		
				paso 2		CP 1.67		
				paso 3		CP 1.68		
				deflector posterior		CP 1.69		
				paso 4		CP 1.70		
				deflector		CP 1.71		
				refractario		CP 1.72		
				cuerpo de presion		CP 1.73		
				cuerpo de agua		CP 1.74		

Tabla 7 Taxonomía caldera 4

En las tablas de la 4 a la 7 se evidencia detalladamente cada uno de los componentes y subcomponentes de la caldera relacionados con códigos para fácil manejo de la información.

7.3.3 Revisar los mantenimientos previos realizados

Si se ha realizado algún mantenimiento sobre los equipos, es importante revisarlos antes de empezar a planificar, ya que nos ayudará saber qué sistemas, equipos, responsables y repuestos se han utilizado, y por supuesto, en qué fecha se hicieron.

En caso de no haber hecho nunca ningún mantenimiento previo, se debe partir de cero.

7.3.4 Consultar los manuales de los equipos

Es necesario conocer las especificaciones y recomendaciones de los fabricantes, así como los plazos de garantía.

En los manuales encontramos la información que tenemos que introducir en el ERP, como la fecha límite de revisión, el tiempo de vida útil esperado, las recomendaciones de tipos de aceites o lubricantes a emplear, y por supuesto, las medidas de seguridad.

Para este caso no se cuenta con manual o información de la caldera ya que es un equipo de fabricación nacional, se toma de referencia manuales de mantenimiento de calderas de marcas internacionales.

7.3.5 Designar a los responsables

En el programa debe mantenerse el fichero maestro de todos los operarios que participan en el plan de mantenimiento.

Los técnicos se pueden clasificar en base a grupos y especialidades, teniendo así técnicos concretos que podrán realizar distintas intervenciones dependiendo de que pertenezcan a un grupo o especialidad.

Cada técnico, dependiendo de su clasificación y categoría, tendrá un coste por hora (horas normales y horas extra), coste por desplazamiento, etc. Al imputarse las horas de trabajo de cada operario en las partes de trabajo (o bonos de producción), se imputa el coste de mano de obra según las horas empleadas y la tarifa de ese empleado, teniendo así el coste de cada intervención.

7.3.6 Escoger el tipo de mantenimiento a realizar y planificarlo

En este punto deben definirse las intervenciones en base a periodos de tiempo fijo establecido a priori o bien en base a métricas.

¿Cómo dar mantenimiento preventivo a una caldera?

7.3.6.1 Diariamente

- ✓ Verificar: Nivel de agua, combustión.
- ✓ Purga: de fondo, de nivel y de superficie
- ✓ Tratar el agua según cronograma establecido
- ✓ Verificar y registrar presión de agua de alimentación

- ✓ Verificar y registrar temperatura del gas de combustión
- ✓ verificar y registrar presión del gas
- ✓ Verificar y registrar temperatura del agua de suministro y retorno
- ✓ Verificar y registrar consumo de agua de reemplazo
- ✓ Verificar y registrar presión de vapor.

7.3.6.2 Semanalmente

- ✓ Verificar: adecuado cierre de válvula combustible
- ✓ Conexiones de aire y combustible
- ✓ Verificar luces indicadoras y alarma
- ✓ Verificar controles limitadores y de operación
- ✓ Verificar controles de seguridad y conexiones
- ✓ Verificar filtraciones, ruido, vibraciones.

7.3.6.3 Semestralmente

- ✓ Inspecciones el refractario
- ✓ Revise los componentes eléctricos
- ✓ Limpie llave de bajo nivel de agua
- ✓ Alineación de acople del compresor (ventilador)
- ✓ Limpie o cambie mirilla de inspección de llama
- ✓ Limpie o cambie visor de nivel

7.3.6.4 Anualmente

- ✓ Inspeccione la superficie interior del recipiente
- ✓ Limpie deshollinado de tubos de fuego
- ✓ Limpie e inspeccione la cámara de agua
- ✓ Cambio de empaques de ventanas de inspección

- ✓ Cambio de empaque plomaginado de las compuertas
- ✓ Calibración del quemador
- ✓ Análisis de gases
- ✓ Prueba hidrostática
- ✓ Verifique control de nivel
- ✓ Calibración certificada válvula de seguridad

Si es en base a periodos de tiempo, a partir de estos parámetros de tiempo se crean conjuntos de intervenciones en el tiempo que serán lanzadas y ejecutadas cuando llegue su momento.

Si es en base a métricas e indicadores, la frecuencia de las intervenciones se programa en base a esas métricas. Por ejemplo, la métrica “horas funcionamiento máquinas” puede venir dada por la comunicación con un software que de forma diaria proporcione los valores de las horas acumuladas de funcionamiento de cada máquina. Otro ejemplo puede ser la métrica de “kilómetros recorridos”, que reporte una vez a la semana los kilómetros recorridos por la flota de camiones, y esta puede ser indicada de forma manual. Una opción también sería el control de indicadores de desviación que nos marcarán cuándo actuar correctivamente, por ejemplo, en máquinas que requieran de calibrado.

A la hora de planificar el mantenimiento preventivo, hay que tener en cuenta:

- ✓ La frecuencia de la realización de los trabajos,
- ✓ Si lo trabajos se realizan con máquina en marcha o parada,
- ✓ La posibilidad de realizar rutas de inspección para observar el correcto funcionamiento de la maquinaria y anticiparse así a posibles anomalías,
- ✓ Analizar los recursos necesarios y la duración de los trabajos.

A continuación, se relaciona el cronograma de mantenimiento definido según la investigación de fallas, y manuales de otros equipos.

FRECUENCIA	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE CALDERA	TIEMPO E.JEC (min)	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
			P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
DIARIO	• Verificar Nivel de agua, combustión.	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• Purga: de fondo, de nivel y de superficie	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• Tratar el agua según cronograma establecido	15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• verificar y registrar presión / temperatura agua de alimentación	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• verificar y registrar temperatura del gas de combustión	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• verificar y registrar presión del gas	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• verificar y registrar temperaturas del agua de suministro y reto	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• verificar y registrar consumo de agua de reemplazo	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
SEMANAL	• verificar y registrar presión de vapor	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• Verificar adecuado cierre de válvula combustible	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• Verificar conexiones de aire y combustible	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• Verificar luces indicadoras y alarma	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• Verificar controles limitadores y de operación	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• Verificar controles de seguridad y conexiones	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• Verificar filtraciones, ruido, vibraciones	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Tabla 8 Mantenimiento diario y semanal primer semestre

FRECUENCIA	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE CALDERA	TIEMPO E.JEC (min)	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
			P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
DIARIO	• Verificar Nivel de agua, combustión.	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• Purga: de fondo, de nivel y de superficie	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• Tratar el agua según cronograma establecido	15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• verificar y registrar presión / temperatura agua de alimentación	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• verificar y registrar temperatura del gas de combustión	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• verificar y registrar presión del gas	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• verificar y registrar temperaturas del agua de suministro y reto	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• verificar y registrar consumo de agua de reemplazo	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
SEMANAL	• verificar y registrar presión de vapor	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• Verificar adecuado cierre de válvula combustible	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• Verificar conexiones de aire y combustible	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• Verificar luces indicadoras y alarma	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• Verificar controles limitadores y de operación	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• Verificar controles de seguridad y conexiones	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	• Verificar filtraciones, ruido, vibraciones	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Tabla 9 Mantenimiento diario y semanal segundo semestre

FRECUENCIA	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE CALDERA	TIEMPO E.JEC (min)	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
			P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SEMESTRAL	• Inspecciones el refractario	360		X																						
	• Revise los componentes eléctricos	120		X																						
	• Limpie llave de bajo nivel de agua	30		X																						
	• Limpie alineación de acople del compresor (ventilador?)	60		X																						
	• Limpie o cambie mirlilla de inspeccion de llama	60		X																						
	• Limpie o cambie visor de nivel	30		X																						
ANUAL	• Inspeccione la superficie interior del recipiente	120		X																						
	• Limpia desholinado de tubos de fuego	240		X																						
	• Limpie inspección la cámara de agua	240		X																						
	• Cambio de empaques de ventanas de inspeccion	120		X																						
	• Cambio de empaque plumajinado de las compuestas	30		X																						
	• Calibracion del quemador	60		X																						
	• Analisis de gases	30		X																						
	• Pureba hidrostática	60		X																						
	• Verifique funcionamiento presostato	60		X																						
	• Verifique funcionamiento control de nivel	20		X																						
• Calibracion certificada de valvulas de seguridad	30		X																							
SUMATORIA	1785	15	0	32	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	
TIEMPO EN MINUTOS X SEMANA		115	29,75	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	
TIEMPO EN MINUTOS X MES			374,75																							
TIEMPO EN HORAS POR MES			6,25																							

Tabla 10 Mantenimiento semestral y anual primer semestre

FRECUENCIA	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE CALDERA	TIEMPO E.JEC (min)	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				
			P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
SEMESTRAL	• Inspecciones el refractario	360		X																							
	• Revise los componentes eléctricos	120		X																							
	• Limpie llave de bajo nivel de agua	30		X																							
	• Limpie alineación de acople del compresor (ventilador?)	60		X																							
	• Limpie o cambie mirilla de inspección de llama	60		X																							
	• Limpie o cambie visor de nivel	30		X																							
ANUAL	• Inspeccione la superficie interior del recipiente	120																									
	• Limpie desholinado de tubos de fuego	240																									
	• Limpie e inspección la cámara de agua	240																									
	• Cambio de empaques de ventanas de inspección	120																									
	• Cambio de empaque plumajinado de las compuestas	30																									
	• Calibración del quemador	60																									
	• Analisis de gases	30																									
	• Pureba hidrostática	60																									
	• Verifique funcionamiento presostato	60																									
	• Verifique funcionamiento control de nivel	20																									
	• Calibración certificada de valvulas de seguridad	30																									
	SUMATORIA	1785	15	0	21	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	
	TIEMPO EN MINUTOS X SEMANA		115	775	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	
TIEMPO EN MINUTOS X MES			1120																								
TIEMPO EN HORAS POR MES			18.67																								

Tabla 11 Mantenimiento semestral y anual segundo semestre

En las tablas 8-11 se definen frecuencias de trabajo diario, semanal, mensual, semestral, anual, adicional se definen los tiempos de intervención para cada actividad, con el fin de llevar un control de las actividades realizadas, se define el cronograma diseñado para insertar la información de actividades programadas versus las ejecutadas para gestión de indicadores de mantenimiento por cumplimiento. Los tiempos definidos en minutos se convierten en tiempos totales mes a mes para calcular el presupuesto mensual y anual.

7.3.6.5 Ejecutar las tareas del plan

Es el momento de realizar las intervenciones que se han definido en el punto anterior. Estas intervenciones suelen tener asociadas alertas que saltan un tiempo antes de que se tengan que ejecutar para ir avisando y por supuesto en el momento que se necesite realizar la acción.

Las intervenciones se ven reflejadas en partes de trabajo o bonos que los operarios realizan contra las intervenciones que se han planificado. También sirve para programar los repuestos e insumos a utilizar.

7.3.6.6 Revisión del Plan, Análisis e información

Un plan de mantenimiento preventivo ha de ser un programa activo, ha de ser revisado constantemente y se ha de ajustar tras revisar la información que nos den los informes.

Un programa diseñado pero que no se mide no se puede controlar y tiene la tendencia a fracasar.

8 Conclusiones

Pudimos constatar a lo largo de nuestra experiencia en el área de mantenimiento de equipos, que las paradas no programadas en equipos críticos generan grandes pérdidas de producción, cabe resaltar que se detienen los procesos perdiendo horas hombre, energía ya que el equipo sigue igual encendido pero si funcionar, al detenerse los procesos se afecta la producción final, se puede perder materia prima y tiempos que son difíciles de recuperar , pero Al tener un plan de mantenimiento los equipos están cobijados de un seguimiento en su funcionamiento, un control parametrizado de sus componentes y un adelanto en las posibles fallas que puede presentar, permitiéndonos realizar las paradas en momentos en los que la planta no está produciendo todo este contexto traducido en términos de costos para la empresa es más viable una parada programada que la que no se contempla, y es así cómo podemos minimizar tiempos de reparación y costos elevados, incluyendo al equipo en un elemento de alta confiabilidad en el proceso productivo.

Pudimos establecer de común acuerdo que dentro de las diferentes metodologías de mantenimiento la que mejor nos podía favorecer era una como propuesta que incluyera una herramienta que llevará el mantenimiento de un equipo en forma específica a cada componente con el fin de dar mayor garantía del funcionamiento de la caldera es así como se definió el plan de mantenimiento preventivo con la herramienta (AMEF) una que también es utilizada para la metodología RCM la ajustamos para desarrollar este valioso proyecto.

Se puede observar a partir de los parámetros de operación, el funcionamiento de la caldera está siendo ejecutada dentro de la capacidad nominal considerando este uno de los factores influyentes en la frecuencia de falla del equipo.

Se puede deducir al utilizar la herramienta de análisis de modos y efectos de falla (AMEF) en la propuesta de mantenimiento para este equipo al ser crítico dentro de la compañía, que se puede contemplar de manera más específica y detallada las fallas en componentes los cuales no se tenían en la programación inicial, lo que nos permite retroalimentar la propuesta y ser más acertados al momento de ofrecer una solución en el área de mantenimiento.

Al presentar un modelo de mantenimiento preventivo pudimos constatar que es necesario modificar desde la hoja de vida del equipo, dónde se incluyan los datos técnicos, la importancia de manejar la información de forma detallada la cual es fundamental para realizar análisis o estudios con el fin de desarrollar mejoras, por otro lado, al realizar el planteamiento de un lista de verificación nos permite ejecutar un control sobre el equipo de manera más eficaz y detectar a tiempo fallas. Así mismo proponer un formato de reporte de mantenimiento nos permite registrar la trazabilidad de las operaciones planteadas en el cronograma de trabajo establecido para el activo, con el cual posteriormente se deberá retroalimentar el AMEF en busca de una mejora continua en la ejecución del mantenimiento.

9 Recomendaciones

Es importante para el proceso productivo tener presente que se cuentan con equipos que hacen viable la operación y permiten asegurar la calidad del servicio o producto ofrecido por la empresa, es por esto que se recomienda:

- ✓ Aplicar la metodología propuesta.
- ✓ Diligenciar continuamente las listas de verificación.
- ✓ Reportar todo cambio en funcionamiento del activo evidenciado con la lista verificación.
- ✓ Ejecutar las tareas de mantenimiento establecidas en el cronograma planteado

- ✓ Coordinar con el proveedor intervenciones mayores y capacitación de personal de la planta.
- ✓ Retroalimentar la herramienta de análisis AMEF para mejorar y modificar las intervenciones de mantenimiento.

Al definir el programa de mantenimiento se debe proyectar un programa de capacitación para todos los niveles de gestión de la empresa, las capacitaciones al personal técnico, ya que no cuentan con conocimientos técnicos de manejo del equipo, al personal de supervisores o jefes, donde se debe definir el manejo del programa de mantenimiento, gestionar los formatos de orden de trabajo, como se diligencian, como se registran y la gestión para implementar el indicador de cumplimiento al programa, al personal de gerencia, ya que el programa requiere del aporte gerencial y aprobación para la debida gestión de los recursos, no solamente monetarios si no también definir personal técnico de operación y mantenimiento si no también las intervenciones externas.

Se debe hacer levantamiento de repuestos con sus respectivas referencias, si se puede aplicar definir un almacén de repuestos y realizar un procedimiento de manejo de repuestos gestión de compras, ya que esta es una parte esencial para facilitar la gestión del mantenimiento.

Definir una persona para la figura de programador, este va a ser el encargado de realizar el registro de las actividades preventivas realizadas, así como también presentar las órdenes de trabajo y crear las alertas para la adquisición de los repuestos con tiempo para las intervenciones, realizar los informes de gestión mensual con el fin de tener controlado el programa de mantenimiento.

Diseñar la implementación de al menos dos indicadores de mantenimiento para la medición y control del programa de mantenimiento, hasta el plan más sencillo de

mantenimiento para que sea exitoso se debe medir y controlar esta es la clave de una buena gestión. Si bien es cierto que un plan está contemplado para seguirse al pie de la letra tiene la posibilidad de ser flexible ya que contiene variables que no se pueden controlar.

10 Bibliografía

Campos-López, O., Tolentino-Eslava, G., Toledo-Velázquez, M. y Tolentino-Eslava, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Científica* 23 (1), 51-59. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61458265006>

Cañas Mendoza, M. L. (2021). "Procedimiento para realizar mantenimiento de caldera pirotubular con el fin de restituir su integridad mecánica". (Trabajo de especialización). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/8458>

Ferrolí. (2021). Obtenido de que es una caldera: <https://www.ferrolí.com/es/news/que-es-una-caldera-de-vapor>

García, S. (2013). *Renovetec*. Obtenido de RENovetec: <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/19-mantenimiento-predictivo>

Giraldo, M. E. (2019). *Diseño de recuperador de calor de una caldera piro tubular a carbón para precalentar el agua de recirculación a la bomba centrífuga*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12622/2062>.

Martínez Castillo, A. N., & Bolívar Guerrero, C. F. Implementación de un sistema de control y supervisión multiplataforma industrial para la caldera de proceso de pasteurización didáctica del laboratorio de control y automatización de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica.

Meza Manco, S. Y., & Galarza Pira, F. (2020). Propuesta para la aplicación de PMO al plan de mantenimiento de la turbina de gas de la empresa Air Liquide Colombia (ALCO).

Rojas Galvez, B. A., & Mazuera Dorado, H. A. (2014). Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora de los principales componentes operacionales que afectan la eficiencia de la caldera Piro-tubular del laboratorio de vapor de la universidad Autónoma de Occidente.

Sagnier, C. (31 de Mayo de 2018). *Mobility Work*. Obtenido de metodos de mantenimiento: 8 tecnicas que conocer: <https://www.mobility-work.com/es/blog/tecnicas-metodos-de-mantenimiento>

Sanabria Hernández, J. (2017). Plan de mantenimiento de calderas piro-tubulares en Refinería Tenerife.

SANTANDER PICO, Mariana Andrea; VILLEGAS GÓMEZ, Andrés Felipe. Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de medición en la compañía Rayco LTDA. 2018.

Torres Salas, T. V., Gómez Arciniegas, J. D., & Muñoz Hernández, L. C. (2018). Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para tableros de transferencia del CPD de Codensa.

User, S. (28 de 9 de 2020). *Mantenimiento correctivo*. Obtenido de Aner: <https://www.aner.com/blog/mantenimiento-correctivo.html>

Valle Barraza, C. E., Espitia Rodríguez, D. A., & Daza Hernández, L. D. (2020). Propuesta de mejora en plan de Mantenimiento de la máquina granalladora bajo esfuerzo en la empresa Imal SA.

VILLALOBOS PRECIADO, Álvaro Camilo; PARRA MOGOLLÓN, Carlos Arturo. Propuesta de un plan de mantenimiento basado en RCM II para una planta de asfalto Benninghoven ECO 2000 de la empresa Compañía de Trabajos Urbanos. 2021.

Yaranga Coca, L. N. (2021). Implementación del mantenimiento de la caldera pirotubular para reducir los costos de mantenimiento en la Empresa Agroindustrial Virú.

(s.f.). Obtenido de <https://mantenimiento.win/mantenimiento-preventivo/>