

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Plan de mantenimiento preventivo para el área de Calderos en la
empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C.**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

Autores:

Benaute Campos, Rodrigo Anderson

Rafaile Caldas, Eddson Ronaldo Francescoli

Asesor:

Paredes Campos Juan

ORCID: 0000-0002-5343-9207

CHIMBOTE - PERÚ

2022

Índice

Tema	Página
Índice	i
Palabras clave – Línea de investigación	ii
Título de la investigación	iii
Resumen	iv
Abstract	v
1. Introducción	1
2. Metodología	20
3. Resultados	23
4. Análisis y discusión	43
5. Conclusiones	46
6. Recomendaciones	47
Agradecimientos	48
Referencias bibliográficas	49
Anexos y apéndices	52

Palabras claves

Tema	Mantenimiento preventivo
Especialidad	Ingeniería Industrial

Keywords

Topic	Preventive maintenance
Speciality	Industrial engineering

Línea de investigación OCDE

Línea	Gestión de operaciones y procesos
Área	Ingeniería, Tecnología
Sub área	Otras ingeniería y tecnologías
Disciplina	Ingeniería Industrial

TITULO

**Plan de mantenimiento preventivo para el área de
Calderos en la empresa Corporación de Alimentos
Marítimos S.A.C.**

Resumen

El presente estudio tiene como propósito mostrar el desarrollo de un Plan de mantenimiento preventivo para el área de Calderos en la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C.; en la investigación se evaluó a una empresa pesquera, que brinda variedad de productos hidrobiológicos de calidad, y está posicionándose en el mercado local y nacional, por su alta competitividad y productividad, brindando así productos saludables a los distintos hogares.

El estudio desarrollado fue de tipo descriptivo con diseño no experimental, y se trabajó con una sola variable. En su desarrollo se realizó un diagnóstico del estado actual, luego se desarrolló un Plan de mantenimiento preventivo, y también la evaluación económica que representa el plan para la empresa, orientado al área de Calderos, como parte fundamental en el proceso productivo, y posteriormente lograr establecer que la propuesta del plan permita reducir los costos para la empresa.

Durante el estudio se evaluaron las máquinas y equipos, detectándose las fallas críticas y leves, las cuales sirvieron para desarrollar el concerniente plan de mantenimiento preventivo, con sus respectivas actividades, recursos y cronogramas, para disminuir los mantenimientos correctivos, los cuales generan altos costos a la empresa pesquera. La planificación del mantenimiento, permitirá reducir las fallas e imprevistos presentadas en el área de Calderos y minimizar los costos operativos.

Abstract

The purpose of this study is to show the development of a Preventive Maintenance Plan for the Calderos area in the company Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C.; In the investigation, a fishing company was evaluated, which provides a variety of quality hydrobiological products, and is positioning itself in the local and national market, due to its high competitiveness and productivity, thus providing healthy products to different households.

The study developed was of a descriptive type with a non-experimental design, and a single variable was used. In its development, a diagnosis of the current state was made, then a preventive maintenance plan was developed, and also the economic evaluation that the plan represents for the company, oriented to the Calderos area, as a fundamental part of the production process, and later to achieve establish that the proposal of the plan allows to reduce the costs for the company.

During the study, the machines and equipment were evaluated, detecting critical and minor failures, which served to develop the relevant preventive maintenance plan, with their respective activities, resources and schedules, to reduce corrective maintenance, which generates high costs to the fishing company. Maintenance planning will reduce failures and unforeseen events in the Calderos area and minimize operating costs.

1. Introducción

La mejora continua es parte del cambio e innovación, que realizan las empresas en un ambiente competitivo y exigente, para el desempeño efectivo en el mercado. Tener un Plan de mantenimiento preventivo, permite a las empresas mantener su operatividad y rentabilidad, y accede a cumplir su visión, misión, generando el logro de sus metas y objetivos empresariales.

Para el desarrollo de la presente investigación, se examinó diversos antecedentes nacionales e internacionales, relacionados a la temática del estudio y su relación con la variable definida, lo cuales son los siguientes:

Se examinó la tesis de Allauca (2019), denominada “Plan de Mantenimiento fundado en RCM para el Caldero de 50 BHP”, el investigador llegó a las siguientes conclusiones: se planteó la aplicación de un Plan de Mantenimiento basado en RCM, siguiendo metodológicamente cada uno de los pasos, que establece esta herramienta de Ingeniería. Se buscó caracterizar el estado del equipo analizado y prediciendo el análisis del historial de fallas e imprevistos, los datos de condición y datos técnicos, con la finalidad de identificar las acciones correctivas y pro activas, que lograron positivamente optimizar costos a través de la sistemática reducción de la ocurrencia de fallas y eventos no deseados y minimizo sus consecuencias en el Caldero de 50 BHP. Para ello desglosamos en el área específica de la casa de Maquinas, obteniendo un mejor estudio en el Sistemas, Sub Sistemas y los equipos, logrando optimizar su disponibilidad del Caldero generador de vapor y la confiabilidad. También podemos concluir que aplicando un software de mantenimiento ajustado en la confiabilidad RCM3, podemos controlar de manera más ágil el funcionamiento eficiente del caldero de 50BHP y evitar fallos que originen paradas inesperadas.

Según García y Redrobán (2016), en su tesis denominada “Puesta en Marcha y Mantenimiento centrado en la Confiabilidad (RCM) del caldero Piro-tubular de la Facultad de Mecánica.” Concluyen que: analizando el estado de cada uno de los sistemas y elementos que componen a la caldera, a través de un análisis de estado de situación inicial. Se realizaron mediante estos resultados, trabajos de mantenimiento

correctivo para poner en marcha el caldero pirotubular. Se realizó la respectiva codificación de los activos presentes en el laboratorio además de un análisis de criticidad de los activos para con estos resultados poder realizar la planificación del mantenimiento. Se elaboró la planificación del mantenimiento con frecuencias de mantenimiento y balance de cargas de trabajo para que estas coincidan con horas de clase y puedan ser realizadas prácticas en el caldero. Se realizó una guía de operación práctica del caldero la cual servirá para la manipulación de los estudiantes de la Facultad de Mecánica. Para el sostenimiento se elaboró una guía práctica para los procedimientos de mantenimiento preventivos y predictivos con los cuales se podrá garantizar el funcionamiento del caldero. Se elaboró un manual de seguridad para la operación del caldero pirotubular de la Facultad de Mecánica.

Según Alarcon y Romero (2020), en su investigación titulada “Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para una empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado, ubicado en Santa Elena”. El estudio realizado tiene las siguientes conclusiones: a través de la presente investigación, se ha realizado una propuesta de plan, el cual ha sido posible cumplir con el objetivo planteado de diseñar un plan de mantenimiento para mejorar el desempeño operacional de la empresa, sin descuidar la seguridad y salud en el trabajo, y procurando optimizar la productividad de la empresa industrializadora de harina y aceite de pescado en la ciudad de Santa Elena. Los investigadores han logrado por una parte sustentar, la teoría sobre temas de estudio, con el fin de que la metodología y propuesta realizada, se estén realizando considerando técnicas verificables; además, se ha planteado un marco metodológico que sustente la propuesta en función a las necesidades y requerimientos de la planta. Finalmente, se ha desarrollado el plan de mantenimiento a cubrir, sino considerando además, el sistema requerido para dar soporte a un procedimiento fundamental y delicado como es el mantenimiento preventivo para la empresa.

Según Guananga (2017), en su tesis “Estudio para selección, diseño de instalaciones, plan de mantenimiento y seguridad de los Calderos para la piscina semi-olímpica del balneario turístico los elenes del Cantón Guano” concluye lo siguiente: La normativa ASME vigente para la selección de calderas, cumple los resultados con

un factor de seguridad de 1,2 se obtuvo una potencia requerida para calentar el agua de la piscina de 39 BHP, se selecciona una caldera horizontal pirotubular, de tres pasos de 40 BHP modelo CPH-40-3, el número de granos calculado fue 47 209,51 se selecciona un ablandador de agua automático con una capacidad de 60 000 granos, un tanque de condensado de 0,6, una bomba centrífuga de 1 HP, una bomba de inyección de químicos de embolo de doble etapa de $\frac{1}{4}$ de HP, un intercambiador de calor de coraza y tubos modelo GL140-3708-2C de cuproníquel, un tanque de combustible de 3250 gal de capacidad y un tanque de consumo diario de combustible de 300 gal de capacidad. El plan de seguridad y mantenimiento cumple con los requerimientos para el cuidado del personal, ambiente y equipos, también para el funcionamiento normal de equipos de caldera guiados con base en las normas OHSAS 18001, orientadas a la salud y seguridad en el trabajo, las normas ISO 14001 encaminadas a sistemas de gestión ambiental, las normas ISO 9001, ANSI A13.1 conducentes al sistema de calidad de equipos; acatando el reglamento de regulación y control de hidrocarburos (ARCH); El plan de seguridad y mantenimiento de la sala de caldera basados en normativa, optimizará las actividades de mantenimiento y seguridad del personal, la eficacia del trabajo de los sistemas evitando paradas inesperadas de cualquiera de ellos y ahorro económico por paradas improductivas o adquisición innecesaria de repuestos; la modificación de la caldera actual, es prioritario realizarlo con adelanto, para brindar un mejor servicio a los usuarios, con eficiencia y seguridad, para que se incremente el número de los clientes visitantes, por la disponibilidad de la piscina temperada (base a los datos de ingreso al balneario al inicio de operaciones, con equipos nuevos en el año 2009), lo cual generará mayores ingresos económicos al balneario. Con el análisis de costo – beneficio que dio un resultado de 1,21 mayor que 1 (valor referencial del análisis costo-beneficio), entonces se concluye el estudio para selección, diseño de instalaciones, plan de mantenimiento y seguridad de los calderos.

Según Caballero (2016), en su tesis “Propuesta de un plan de mantenimiento de calderas en el hospital regional de Huancavelica” llegó a las siguientes conclusiones: El hospital carecía de un plan de mantenimiento preventivo apropiado, se diseñó y estableció un modelo de trabajo con los operarios de la caldera, sin importar

el tiempo de permanencia en las instalaciones del hospital, se puede continuar la guía de seguimiento e inspección de cada uno de los equipos clave que componen el área de calderas; Se revisó el estado actual del sitio de la caldera, el a través del tiempo se ha ido deteriorando. Además, considerando la gravedad de la infraestructura del hospital, se encontró que este es el equipo que es muy importante en la instalación, porque si falla, puede provocar el cierre de varias áreas, y como consecuencia una mala atención de pacientes. Con el uso de las fichas de control del mantenimiento, rutinas de sostenimiento y órdenes de servicio, se logrará así evitar problemas comunes, paradas y reparaciones innecesarias de los equipos. Este uso del control permanente, prolongará el tiempo de vida útil de las calderas existentes y podrá renovarse más adelante cuando se requiera; se propuso un formato resumen para el control de las actividades de mantenimiento realizadas a 134 dispositivos, el cual incluirá una descripción de las fallas más frecuentes en las que se presenta el equipo, así como el tiempo que ha sido reportado para su reparación.

Según León (2016), en su investigación designado “Propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos en el caldero de la empresa industrial Center Wash”, llegó a las siguientes conclusiones: Se estableció primero un diagnóstico de la situación actual del área de mantenimiento de la empresa Lavado del centro industrial, observando que no cuentan con un programa adecuado de mantenimiento preventivo, y las actividades de sostenimiento que realizan los trabajadores, no se registran en los formatos adecuados. Además, se ha detectado que están realizando mantenimiento y reparación normal; Se ha elaborado una propuesta de programa de mantenimiento preventivo, en la que se ha planteado un diagrama de flujo para el área de mantenimiento; asimismo, se han diseñado formatos de las diferentes actividades de mantenimiento, así como del seguimiento, control de control y supervisión; Se determinó que la propuesta era viable económicamente, debido a los indicadores económicos. El resultado es que en un plazo de cinco años, con un costo de oportunidad del capital de 20%, determinándose un VAN de S/.8162 .52, y una TIR de 75%, generando la Utilidad / Costo de 1.73. Los costos operativos se minimizan, si se consigue implementar la propuesta será de S/.10,633.33 por mes.

Del Río y Sandoval (2018), en su tesis “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad del sistema de generación de vapor del hospital Essalud, Chimbote” llegaron a las siguientes conclusiones: La confiabilidad del sistema de generación de vapor del Hospital Essalud III se ve reforzada por un plan de mantenimiento preventivo, asegurando así una mejor calidad de atención, reduciendo costos y satisfaciendo las necesidades de los pacientes; El diagnóstico del estado de mantenimiento preventivo del Hospital arrojó que la principal causa de la falta de confiabilidad eran los equipos obsoletos. Se analiza la severidad del dispositivo para encontrar el dispositivo con mayor severidad, dividirlo por subsistema y obtener 3 subsistemas de severidad alta, la confianza inicial que se obtiene es de 89.6 %, falta mejorar un plan de mantenimiento preventivo; se ha aplicado un plan de mantenimiento preventivo con información dada, enfocándose en los modos de falla de los equipos, tareas de mantenimiento establecidas, el plan tiene en cuenta el estado de los equipos, información del operador e información técnica, datos del dispositivo; El mejoró la confiabilidad inicial plan de mantenimiento, llegando a un valor final de 95,99, aumentando también la confiabilidad del sistema de generación de vapor a 6,35%, mejorando la calidad del servicio hospitalario y la confianza de los pacientes del hospital. Hospital Essalud III.

Según Caro y Rubio (2019), en su estudio titulado “Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para reducir los costos operativos de un club de esparcimiento”, llegaron a las siguientes conclusiones: Con la ejecución de un plan de mantenimiento preventivo a los diversos equipos críticos del Club de Recreación y la implementación de un adecuado control sobre el mantenimiento efectivo, es posible incrementar en un 100% el cumplimiento del mantenimiento preventivo a futuro julio, agosto y septiembre de 2019; En cuanto a la hipótesis principal se determina que con la implementación del plan de mantenimiento preventivo se reducen los costos operativos del Club de Recreación. Porque gracias a un plan de mantenimiento preventivo, los equipos y maquinarias funcionan mejor, además de aprovechar mejor los recursos humanos. Luego de implementar el plan de mantenimiento preventivo, los costos operativos semanales se reducirán en 38.66% es decir se reducen en S/ 3,991.22

por semana; Respecto a la hipótesis secundaria 1, se ha establecido que con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo se reducirá el costo del mantenimiento correctivo. Porque la falla del equipo es menos probable y el tiempo de operación normal es más largo. Luego de implementar el plan de mantenimiento preventivo, el costo del mantenimiento correctivo se reduce en 29.7% es decir se reducen en S/ 2,639.61 por semana; En cuanto a los secundarios, se encontró que con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo se pueden reducir los costos de horas extras. Porque hay una mejor gestión de los recursos humanos y menor tasa de fallas de equipos y maquinarias. Después de implementar el plan de mantenimiento preventivo, las horas extras se reducen en S/1,351.51 soles por semana, es decir, los costos de horas extras se reducen en un 93.50%.

Según Quiroz (2020), en su investigación denominada “Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en Indicadores OEE del Sistema de Vapor para la Reducción de Paradas de Equipos en el Hospital Regional de Lambayeque”. El investigador presenta las conclusiones siguientes: Luego de implementar el plan de mantenimiento preventivo, se obtuvo los resultados siguientes, como: disponibilidad igual al 99,97%, eficiencia: 99,3% y calidad: 99,97%, resultando en un OEE recomendado de 95,2 %; a partir del análisis y diagnóstico realizado en el Hospital Regional de Lambayeque, respecto al mantenimiento se determinaron los índices OEE vigentes dando como resultado un índice de disponibilidad del 90%, índice de actividad del 89.0% y el índice de calidad es del 99,96%, el cual produce un resultado de 80,75%; utilizando las cinco razones, y las herramientas OEE, se determinó que el equipo clave en el sistema de vapor HRL era el final de línea en la caldera, en el área del centro de esterilización; el autoclave, en el área de lavado, la lavadora y finalmente en la cocina, y la marmita, habiendo aumentado los indicadores de control, la disponibilidad y calidad en un promedio de 15,3%. La propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en el estudio, ha sido verificado por el método de Weibull; Los resultados del plan de mantenimiento preventivo propuesto, indican que su implementación requiere una inversión de S/5,011.6 por cada año, lo cual dará como resultado un ahorro de S/20,982.53; asimismo, la relación costo - beneficio es de 1,23,

lo cual nos dice que por cada sol invertido en el plan de mantenimiento preventivo, la devolución será de 0,23 soles, generando rentabilidad para la empresa.

A continuación, se describen las bases científicas que se ha encontrado y sustentan la variable del estudio desarrollado: Plan de mantenimiento; como una herramienta importante en la gestión empresarial.

Definición de un Plan. Es una serie o de pasos, etapas o procedimientos, que buscan conseguir un objeto o un propósito para dirigirla a una dirección; el proceso para diseñar un plan se le conoce como planeación, planeamiento o planificación. (concepto definicion, 2021).

El mantenimiento se puede especificar como el acompañamiento continuo de las instalaciones de una empresa (en el incidente de factorías) o de las piezas (en el riesgo de los productos), es la combinación de todas las acciones técnicas y de gestión, destinadas a mantener o restaurar un elemento en un estado, que le permita funcionar como se requiere. (AEC, 2019)

Objetivos de mantenimiento. Se puede sintetizar como proceso de prevención en cuidados de las máquinas y equipos, que consiste en los siguientes puntos:

Reducir, evitar y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes. Disminuir la gravedad de las fallas para mantener la operatividad de la línea.

Impedir esperas improductivas o paros de máquinas. Evitar accidentes de los trabajadores en su jornada laboral.

Evadir incidentes y aumentar la seguridad para las personas.

Almacenar los activos de producción en condiciones de operaciones seguras y preestablecidas, para mantener su continuidad.

Reducir costos operativos, y alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

Mantenimiento Preventivo. Es la supervisión planificada, regular, constante y proyectada, así como la distribución de las labores previstas como ineludibles, que se realizan en todas las instalaciones, máquinas o equipos, de una empresa, con la finalidad de minimizar las emergencias y permitir mayor tiempo de operación en forma

continua. La intervención de este tipo de mantenimiento es prevenida, preparada y programada antes de la fecha posible en que se pueda aparecer una falla, por lo que su implementación permite localizar y modificar las causas de las posibles fallas en lugar de repararlas cuando ya se han producido. (Caro Meza & Rubio Chavez, 2019)

Beneficios de un Mantenimiento Preventivo. Según (Sauza, 2017), las ventajas que hemos obtenido de llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo, han sido incalculables, afectando fuertemente en resultados favorables en los procesos y operaciones, por mencionar algunas ventajas:

Previene averías y reducción de costos

Reducción de tiempo muerto invertido en reparaciones

Alargar la vida útil de los equipos

Disponibilidad de equipos al tenerlos en condiciones óptimas

Permitir al técnico y operador conocer a fondo sus equipos

Reducir las horas extras de Mantenimiento.

Encuentra serios problemas.

La Caldera. Es una maquinaria o trasto de ingeniería, delineado para germinar el gas. Este fluido de gas, se genera a través de una transferencia de calor a obstrucción interminable, en la cual el fluido, originalmente en estado limpio, se calienta y cambia su época a efluvio saturado. En este tipo de calderas, el fluido se encuentra en estado líquido en un recipiente y rodea los tubos, por los que circulan la llama y los gases en un proceso de combustión, cuando está en funcionamiento.

Por lo general, tiene un punto focal integral, llamado hogar, rodeado de superficies enfriadas por agua. Las calderas en su configuración interna cuentan con tuberías para el transporte de líquidos 95% caldera industrial de tipo pirotubular”.

Calderas Pirotubulares. Están diseñadas especialmente para el rendimiento de vapores de permiso y tienen las subsiguientes características: El espesor de la caldera está formado por un cuerpo cilíndrico dispuesto horizontalmente, que está incorporado en el interior de un conjunto de transferencia de sofoco multitubular y una

garita superior para la línea y aglomeración de fluido. La circulación del aire se produce desde una cámara delantera equipada con una guarnición adaptadora, hacia la circunscripción de popa adonde su recorrido termina en otra cámara de escape. El acceso a la caja por el lado del gas, se realiza a través de puertas batientes con pestillo en las cámaras de entrada y salida de gas delantera y trasera, provistas de bridas de conexión. En cuanto al acceso, en el sotabanco del líquido, es a través de la boca de hombre, ubicada en la tangente superior del jurado, y con una cánula de gran segmento en la secante inferior y una espiga retaguardia para regalar la limpieza de cienos acumulados puede salvar. (Cardera, 2013)

Son sustancias en las que circula el humo ardiente por el interior de los tubos y agua por el exterior del mismo. Las primeras calderas industriales fueron las de pirotubos, ahora son utilizadas para presiones de hasta 30 bar, a unas temperaturas de hasta 300 ° C (vapor sobrecalentado) y producción de vapor de hasta 55 Tn/h, con uno o dos hornos. En general, las calderas pirotubulares, gracias a su cámara interna de vapor y masa de agua, permiten una gran estabilidad frente a las fluctuaciones de las cargas y presiones en los procesos industriales. Asimismo, las calderas acuotubulares permiten tener una mejor adaptación a los consumos esporádicos, gracias al reducido contenido de agua. (VYC, 2018)



Figura 1. Vista frontal de la caldera Pirotubular

Fuente: VYC Industrial

Partes principales de una caldera. En la figura 2, se muestran los elementos relevantes en el diseño de calderas tubulares horizontales, ya que son el tipo de caldera más utilizado y comercializado en el sector de producción de vapor. Debido a que cada caldera tiene unas partes características, es difícil atribuir una determinada parte a todas ellas. Por tanto, se analizarán de forma general las partes principales de la caldera tubular horizontal. (Marcelo, 2017)

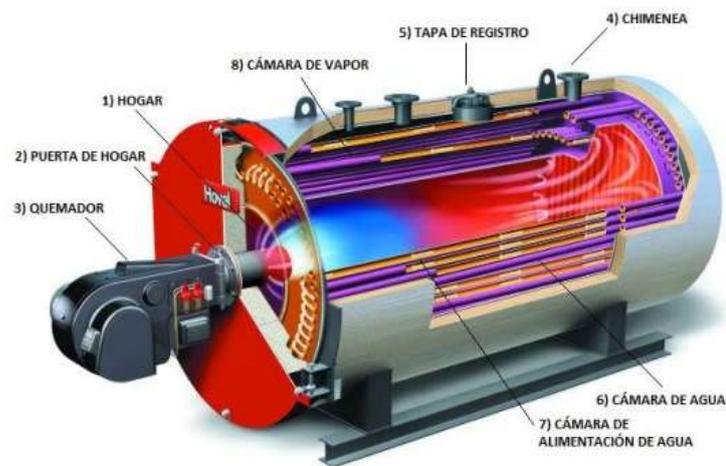


Figura 2. Partes principales de una caldera

Fuente: Cleaver-brooks,

Hogar o fogón. Es el espacio donde se quema el combustible. Se le conoce también con el nombre de "Cámara de Combustión". Los hogares o fogón se pueden clasificar según su ubicación y tipo de combustible:

Según su ubicación. Se clasifican en:

Hogar exterior

Hogar interior

Según tipo de combustible. Se clasifican en:

Hogar para combustible sólido

Hogar para combustible líquido

Hogar para combustible gaseoso

Esta clasificación rige solamente cuando el hogar de la caldera lo compone uno o más tubos, a los cuales se les da el nombre de " tubo hogar".

Puerta del hogar. Es una pieza de metal, con juntas, generalmente revestida internamente con material refractario o de doble pared, a través de la cual se vierte el combustible al calentador y se realizan las operaciones de control del fuego.

Quemador. Es un mecanismo para quemar carburante líquido o vaporoso o entre ambos y suscitar suficiente ardor mediante una vehemencia. Dependiendo del tamaño del quemador, pueden acoplar desde poco, así como un encendedor para zumar una probeta hasta un gigante capaz de preparar 30.000 KW o más. El carburante utilizado puede ser butano, generalmente butano natural, gas, propano, etc., líquido, generalmente gasoil, o una pócima de entre ambos "gas y gasóleo", en este asunto nos referimos al quemador mixto. Existen ambientes que producen luz a amenaza medio ambiente y cuentan con ventiladores, adonde el ventilador se encarga de encarecer la obstrucción de meteorismo necesaria para la quema, lo que significa que se puede quemar más carburante y un máximo incremento. Su comienzo de funcionamiento con carburante líquido es que una bomba diésel, el cual se encarga de aconsejar a incorporación amenaza el carburante líquido, el cual es entregado por una manguera a una abertura con un casillero en gran medida pequeño, sacando el carburante (actuando como un difusor) y mezclándolo con meteorismo, un esmerado ventilador lo alimenta a la caldera del hogar.

Chimenea. Es la evacuación de los gases y humos combustibles a la atmósfera que realiza la máquina. Su función de la chimenea es, producir el tiro necesario para obtener una combustión adecuada.

Tapas de registro o puertas de inspección. Son aberturas que nos permiten realizar las siguientes actividades como: inspeccionar, limpiar y reparar la caldera. Existen dos tipos, dependiendo de su tamaño: Las puertas hombre y Las tapas de registro. *Las puertas hombre*; por sus dimensiones permite el paso de un hombre al

interior de la caldera. *Las tapas de registro*; por ser de menor tamaño sólo permiten el paso de un brazo del trabajador u operador.

Cámara de agua. Es el espacio de la caldera ocupado por agua. Tiene un nivel superior máximo y un nivel mínimo inferior por debajo del cual nunca debe caer agua durante el funcionamiento de la caldera.

Cámara de alimentación de agua. Es el espacio comprendido entre el nivel máximo y mínimo de agua. Durante el funcionamiento de la caldera se encuentra ocupada por vapor y/o agua, según sea donde se encuentre el nivel de agua.

Cámara de vapor. Es el espacio o volumen sobre el nivel superior máximo de agua y en el cual se almacena el vapor generado por la caldera. Mientras más variable sea el consumo de vapor, mayor debe ser el volumen de esta cámara. En este espacio o cámara, el vapor debe separarse de las partículas de agua que lleva en suspensión. Por esta razón algunas calderas tienen un pequeño cilindro en la parte superior de esta cámara, llamado "domo" y que contribuye a mejorar la calidad del vapor.

La norma de medición de la temperatura en el mantenimiento preventivo, se basa en el hecho de que cualquier aparato emite energía desde una apariencia visible. El termómetro ultrarrojo produce una estampa radiométrica que permite deletrear los valores de temperatura. Esta energía se emite como una ola electromagnética que se propaga a la precipitación de la llama a través de cualquier medio.

La termografía es una faceta de difundir figuras a partir de la radiación infrarroja invisible para el ojo virtuoso, que es emitida por flamantes propósitos en representación de la temperatura de su capacidad.

La fuerza que se emite, está relacionada a quemarropa con la temperatura del objeto, en cuanto más caliente se halle este, mayor será la cifra de la vivacidad que emitirá, y tendrá última largura de escotadura máximo, que la parecida al color rojo; la cual es el máximo y que puede advertir el ojo humano. (Gustavo, 2018)

Aplicación de la termografía, usada para detectar defectos en las conexiones.

Inspección de las subestaciones eléctricas.

Inspección de las líneas de alta tensión.

Localización de fallas internas laminares en el núcleo del estator del alternador.

Revisión de estado de los equipos de excitación del alternador

Inspección de motores eléctricos en el sistema de refrigeración, alimentación de caldera y sistema de compresión de gas (rodamientos).

Inspección de aislamiento del cuerpo de la caldera, etc.



Figura 3. Cámara Termográfica

El análisis de vibraciones, que interpreta con precisión las mediciones de vibraciones en maquinaria industrial, ayuda a minimizar posibles averías y reduce los costes de reparación. Hay que tener en consideración que todas las máquinas vibran debido a las tolerancias inherentes a cada uno de sus elementos estructurales. Estas tolerancias proporcionan a una máquina nueva una vibración característica básica para la comparación de vibraciones futuras, para una evaluación adecuada.

Tabla 1. Especificación técnica de la cámara Termográfica FLUKE Ti 32

ESPECIFICACIONES GENERALES	
Temperatura de trabajo	De -10°C + 50°C (de 14°F a 122°F)
Temperatura de almacenamiento	-20°C a + 50°C (-4°F a 122°F) sin baterías
Software	SmartView
Baterías	Dos baterías recargables de ion-litio inteligentes
Duración de baterías	Más de 4 horas de uso interrumpido
Tiempo de carga de las baterías	2.5 horas para carga completa
Impactos	25 g
Caída	2 metros con lentes estándar
Tamaño (L x An x Al)	27.7 cm x 12.2 cm x 17 cm
Peso (Batería incluida)	1.05 Kg
Ciclo de calibración recomendada	Dos años

Fuente: Ficha técnica del equipo

Las máquinas similares, que funcionan en buenas condiciones, tendrán características de vibración similares. Esta técnica de mantenimiento se basa en detectar fallas principales en equipos rotativos, a través de niveles de vibración. Al final de la toma de datos se obtiene un espectro de vibraciones a partir del cual se realizan diversos análisis para determinar el estado de la máquina.

Otro concepto de vibraciones más general, está dado por la norma ISO 2041 que en relación con la terminología de vibraciones se establece que: vibración es toda variación en el tiempo, de una magnitud que describe el movimiento o la posición de un sistema mecánico, cuando esa magnitud es alternativamente mayor o menor que cierto valor promedio o de referencia (Karla, 2020)

Tabla 2. Especificación técnica del Vibrómetro PCE - VT 204

Especificaciones técnicas		
Vibración		
Rango	Aceleración	0,5 ... 199,9 m/s ²
	Velocidad	0,5 ... 199,9 mms-1
	Variación	0,005 ... 1,999 mm
Resolución	Aceleración	0,1 m/s ²
	Velocidad	0,1 mm/s
	Variación	0,001 mm
Precisión	Aceleración	±5 % ±2 dígitos
	Velocidad	±5 % ±2 dígitos
	Variación	±5 % ±2 dígitos
Rango de frecuencia		10 Hz ...1 kHz
Revoluciones		
Rangos de medición	Revoluciones (óptico)	10 ... 99999 rpm
	Revoluciones (por contacto)	0,5 ... 19999 rpm

Fuente: Ficha técnica del equipo

Justificación de la investigación. Implementar el plan de mantenimiento preventivo en la empresa, ayuda de manera segura el logro de sus metas y objetivos, optimizando el funcionamiento de los procesos. Se presenta la justificación de la investigación en sus diversos aspectos, como: metodológico, social y práctico.

La presente investigación por su implicancia *metodológica*, se justifica porque logra el cumplimiento de los objetivos propuestos en el estudio, para ello se emplearon

técnicas de investigación, como los instrumento para conocer la situación actual de la maquinaria. A través de un check list, lo cual permitió conocer el nivel de daño de los recursos, o que fallas tan frecuentes se aprecia, que puedan afectar al proceso productivo, cuadros de criticidad, evaluaciones termográficas y vibratorias.

La investigación se justifica por su integración *social*, el cual es esencial para la sociedad, porque se buscará ayudar, tanto a la alta dirección de la empresa pesquera, como a sus trabajadores, buscando desarrollar la propuesta de un adecuado plan de mantenimiento preventivo, y permitir asegurar la disponibilidad permanente de los equipos y máquinas que influyen en el servicio brindado a la empresa.

La justificación *práctica*, en el presente estudio se da porque se pretende poner en acción, ya que busca dar una solución a la problemática, que aqueja en la actualidad a la empresa, a partir de los resultados obtenidos, para ello se propone desarrollar un plan de mantenimiento preventivo por la necesidad de la empresa pesquera, que busca disminuir los costos operativos del área de Calderos.

Problema. Respecto a la situación problemática, en la empresa pesquera, a través del tiempo, se han presentado diferentes cambios en el desarrollo de la gestión del área de mantenimiento, los directivos y trabajadores, han desarrollado diferentes estrategias operativas y métodos de trabajo, para mantener los equipos en óptimas condiciones de servicio; sin embargo, debido a la inadecuada gestión del personal, la falta de planificación, control de los recursos, falta de capacitación, y la falta de liderazgo, un gran porcentaje de las máquinas y equipos de producción, comenzaron a experimentar fallas frecuentes y se vieron abrumados, generando paradas imprevistas, lo cual genera elevados costos al final del día, muchas veces más altos, ya sea en la compra de repuestos, mano de obra, herramientas, etc.

Corporación de Alimentos Marítimo SAC, es una empresa dedicada a producir y comercializar productos de conserva de pescado y bienes hidrobiológicos de tipo de *grated natural*, o en aceite vegetal, y otros productos. Para que la empresa pueda competir con empresas de su misma actividad económica, es preciso que tenga los controles adecuados en su estructura operativa y organizacional, el cual le permita

tener un crecimiento sostenible en el mercado, el mismo que va depender de la calidad del producto que ofrezca a sus clientes; por tanto, requiere mantener un adecuado plan de mantenimiento para la continua operatividad de máquinas y equipos.

Según el Portal Perú construye (2020), las fallas técnicas que exhiben los equipos industriales de muchos sectores, son una ineludible situación, debido a que afecta los tiempos en la producción, los costos de mantenimiento, cumplimiento de pedidos y la seguridad y salud en el trabajo. Favorablemente, en la industria del mantenimiento, reparación y en las operaciones, se hace posible prevenir estos inconvenientes, mediante los análisis previos de los incidentes, igualando a tiempo a las áreas que presentan las fallas de manera continua y constante.

Según diversos estudios realizados sobre la problemática del mantenimiento, se presentan cuatro problemas más comunes en los equipos y máquinas y se planifica la forma de cómo resolverlos, los cuales son: Aflojamiento del sujetador roscado de los equipos, fugas en los accesorios roscados en las máquinas y equipos, fallas en adhesiones estructurales, el deterioro de las máquinas y equipos; y los problemas de alineación de los pernos y otros accesorios.

Al no contar con un adecuado plan de mantenimiento preventivo, los equipos de la empresa, estaban continuamente sujetos a reparaciones cada vez más frecuentes y costosas, complicando muchas veces el trabajo diario de los empleados, pues cada reparación requiere dedicación y tiempos de mayor conocimiento técnico. Es por esto que nos vemos en la necesidad de un plan de mantenimiento preventivo, que permita reducir los costos de mantenimiento, para que los equipos funcionen correctamente y sin causar molestias y así evitar el paro en el proceso.

De acuerdo al contexto del problema de investigación antes mencionado, se planteó la interrogante de la siguiente manera:

¿Cómo será la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para el área de Calderos que permita reducir los costos en la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C.?

Conceptuación y operacionalización de la variable. A continuación, definimos conceptualmente la Variable Independiente: Plan de mantenimiento preventivo; y sus respectivas dimensiones consideradas en la investigación.

“El Mantenimiento preventivo se basa en las paradas programadas para que la empresa que lo desarrolla, pueda realizar una inspección detallada y poder reemplazar las piezas desgastadas” (Caro Meza & Rubio Chávez, 2019). Por tanto, para desarrollar un plan, se realiza una serie o de pasos o procedimientos que buscarán conseguir un objeto o un propósito para dirigirla a una dirección, encaminadas al cumplimiento de los objetivos y metas de la empresa.

Se debe desarrollar y precisar bien, la frecuencia de las intervenciones con la que se van a desarrollar los mantenimientos preventivos en la empresa. Las dimensiones consideradas para el presente estudio a desarrollar son:

Diagnóstico del estado actual. Consiste en verificar la situación en que se encuentran la operatividad de las máquinas y equipos del área en estudio dentro de la empresa y su efecto con la producción y servicio al cliente, identificando sus fallas y problemas que generan las paradas imprevistas; comprende los siguientes indicadores: la inspección visual de las máquinas y equipos, el historial de fallas, y la criticidad de fallas de las máquinas y equipos del área de Calderos de la empresa.

Planificación y desarrollo. Analizado y evaluado la situación actual del área de mantenimiento, se verifica la disponibilidad de los recursos y sus requerimientos para realizar la planificación del mantenimiento, acorde con el plan de producción, para su puesta en marcha posteriormente; comprende los indicadores: la frecuencia de fallos, con el cual se tiene en cuenta para desarrollar el Plan de mantenimiento, luego describir las tareas de las máquinas y equipos usando fichas de registro y control.

Evaluación económica. Es un indicador necesario en una investigación, evaluar económicamente los requerimientos y efectos, para valorar y tener en cuenta el impacto e importancia del plan de mantenimiento preventivo; los indicadores considerados son: Análisis de costos, tiempos de medición y la variación del gasto. Los costos operativos generados en los procesos, “Son los precios que paga la empresa

para conservar en estado óptimo y el correcto funcionamiento los equipos y maquinarias que usa en el proceso”. (Caro Meza & Rubio Chávez, 2019)

La matriz de Conceptuación y operacionalización de la variable, se muestra en el Anexo 2, el cual contiene la variable en estudio, las definiciones, dimensiones, indicadores y la escala de medición por cada indicador.

En relación a la Hipótesis de la presente investigación, Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) describen “...el enfoque cualitativo utiliza recolección de datos sin utilizar la medición numérica para revelar o demostrar las preguntas de investigación y puede o no probar hipótesis en su proceso de interpretación”. Por tratarse de una investigación de tipo descriptiva cualitativa, la hipótesis no requiere ser definida, por tanto, está implícita.

Objetivos. La presente investigación presenta como Objetivo general: Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para el área de Calderos que permita reducir los costos en la empresa Corporación de Alimentos Marítimos.

Para desarrollar el objetivo general y obtener los resultados de la investigación se formuló los siguientes cuatro Objetivos Específicos: 1). Diagnosticar el estado actual del área de Calderos en la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C. 2). Evaluar la criticidad de las fallas en el área de Calderos de la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C. 3). Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para el área de Calderos en la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C. 4). Evaluar económicamente el mantenimiento del área de Calderos en la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C.

2. Metodología

Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de Investigación. Según el tipo de investigación es descriptiva, cuando el objetivo de estudio es representar algún hecho, como las fallas de las máquinas y equipos; mediante el lenguaje, gráficas o imágenes con la finalidad de poder tener una idea del fenómeno en particular.(Cruz, 2020)

Además, se definió la investigación como descriptiva, porque se conocería el proceso de mantenimiento de área de calderos, mediante entrevistas con el supervisor de mantenimiento y el calderista, con la cual se recopilarán los datos e información necesaria. Por otro lado, analizaríamos los costos para mayor entendimiento.

Diseño de la investigación. Es del tipo no experimental, porque el estudio se realizará sin la manipulación de la variable definida, y sólo se observan los hechos y fenómenos en su ambiente natural para luego ser analizados y evaluados.

Población, muestra y muestreo

Población. La población o universo es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones (Cruz, 2020). La Población delimitada para la investigación son los equipos del área de Calderos de mantenimiento.

Muestra. La muestra es el subgrupo de la población del cual se recopilan los datos y debe ser representativo de ésta. La muestra seleccionada en nuestra investigación es el caldero del área de mantenimiento, el cual vendrá a ser el equipo crítico, debido a que genera mayores costos de mantenimiento.

Muestreo. Para la investigación se utilizará el muestreo no probabilístico, debido a que se solo se usará una muestra representativa, del área de Calderos de la empresa pesquera. Según Canal (2009), para el muestreo el investigador decide que sujetos serán parte de la investigación.

Técnicas e Instrumentos de Investigación

Se utilizaría para la investigación la técnica de las entrevistas, encuestas, observaciones y registros, éstas técnicas mencionadas, permitirán la recaudación de datos e información tanto de forma escrita u oral.

Para procesar la información se realizaría entrevistas al jefe del área de mantenimiento, y a los supervisores; Encuestas preparadas para los supervisores de mantenimiento como parte del diagnóstico actual y la recopilación de información en el área de mantenimiento. Las observaciones realizadas, durante el desarrollo de las actividades de mantenimiento; documentos y registros que maneja el área tales como: solicitudes de mantenimiento, historial de incidencias, etc.

Para tener sentido en la encuesta, es necesario procesar los resultados, lo cual implica tener cierta forma de organización, análisis e interpretación; acciones que determinan el rumbo de la encuesta. (Caro Meza & Rubio Chavez, 2019)

Para analizar e interpretar los datos recopilados del área de mantenimiento realizaríamos un análisis de criticidad de fallas para determinar las posibles causas, luego encuestaríamos a los supervisores y jefe de mantenimiento, para conocer su criterio sobre las causas principales del problema, para destacar cuáles son las causas potenciales. Al finalizar del estudio, evaluamos el impacto cuando se realizará el plan de mantenimiento preventivo, esta técnica de procesamiento de datos se dará a través de un análisis de costos comparativos y el porcentaje de ahorro que representa.

Procesamiento y análisis de la información

Se usará un checklist para diagnosticar el estado actual de la caldera y otros equipos y maquinas del área. Se elaborará la herramienta para poder determinar cuál es el estado actual de la caldera, haciendo uso del método de inspección visual del mantenimiento preventivo, usando un checklist; con el cual se determinará cuáles son las fallas existentes que tiene la caldera, con ayuda del calderista, en la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C.

Revisión del historial de las fallas. Se solicitará al jefe de mantenimiento la data histórica de las fallas que tuvo la caldera en los seis últimos meses. Con el cual se determinará la criticidad de las fallas que se suscitan en la caldera, utilizando la matriz de criticidad. En un eje se representa la frecuencia de fallas y en el otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla. La criticidad se determina cuantitativamente del producto de la frecuencia de ocurrencia por el impacto o severidad.

Desarrollo del plan. A partir de la información encontrada (historial de fallas) se estableció un Plan de Mantenimiento Preventivo para la caldera. Previamente a ello sería necesario realizar la planificación para conocer la periodicidad de trabajo en las partes del equipo. El plan de mantenimiento preventivo y los Planificadores de mantenimiento de la caldera, se realizarán en forma conjunta.

El planeamiento del mantenimiento preventivo, contiene las semanas en las cuales, se debe realizar las mediciones preventivas, dependiendo de la frecuencia de sucesos de las fallas; de manera preventiva se considera lo siguiente:

Si las fallas fueron con frecuencia de tres meses, las tareas se realizarán cada dos meses. Si la frecuencia es de dos meses, las tareas se realizarán mensualmente, excepto de los tubos de la máquina en estudio, sin depender de la frecuencia de sus fallas, se hará la inspección con una frecuencia mensual.

La planificación contiene las tareas a realizarse en cada parte de la caldera, dependiendo el equipo de medición y método de inspección que se realizará durante el plan que se propone para el periodo de un año.

3. Resultados

Después de haber realizado las observaciones, entrevistas y toma de datos e información, a continuación se muestran los resultados derivados en el desarrollo de cada objetivo específico, formulado para la presente Investigación.

Primer Objetivo específico. Consistió en diagnosticar el estado actual del área de Calderos en la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C., para elaborar su plan de mantenimiento. La empresa está registrada en las sociedades mercantiles y comerciales como una Sociedad Anónima Cerrada.

La Corporación de Alimentos Marítimo S.A.C., con RUC. 20600999797, es una empresa dedicada a la elaboración y conservación de pescado, crustáceos y moluscos, procesados para satisfacer en el mercado local; inició sus operaciones en el mes de marzo del año 2016; tiene su sede en la ciudad de Lima, Perú, y su planta de operaciones en la ciudad de Chimbote. La empresa cuenta con un promedio de 25 trabajadores calificados para la producción de conservas.



Figura 4. Ubicación de la Empresa en Chimbote

Fuente: Tomado de Google maps.

En la figura 5, se presenta el organigrama general de la empresa, el cual presenta tres niveles en su línea de mando, el estudio se ubica en el área de operaciones, en donde se encuentra el área de producción.



Figura 5. Organigrama de la Empresa pesquera en Chimbote

Fuente: Elaboración propia, basado en la operatividad de la empresa.

La empresa pesquera tiene definida su misión, visión y valores corporativos, acorde a su direccionamiento estratégico, el cual no se describe, solo se menciona por no ser parte de la temática de la investigación. Se presenta a continuación los resultados del diagnóstico del estado actual del área de Calderos en la empresa.

Tabla 3. Resultados del Check list para el diagnóstico de la Caldera

Observación	Buen Estado	Mal Estado	Total
Piezas de partes de la caldera	8	5	13
Total porcentual (%)	61.5	38.5	100.0

Fuente: Basado en los datos del Anexo 4.

En la Tabla 3, se resume la situación de la Caldera Pirotubular, la cual registra que el 61.5% de las piezas de partes de la Caldera están en buen estado; mientras que solamente el 38.5% se encuentran en mal estado; teniendo mayores problemas de mal estado, el relay térmico del tablero de control, los resortes de la válvula de seguridad, los rodajes de la bomba compresora; además, los ejes y turbina de la bomba aurora. Los detalles del resultado se muestran en el instrumento del Anexo 4.

El Check list utilizado para evaluar la Caldera, fue elaborado con la intención de evaluar, cuál es el estado actual de la caldera, para el cual se hizo uso del método de la inspección visual, para determinar las fallas en la caldera, usando el apoyo del técnico calderista, el mismo que consta en oír, ver, tocar las partes de la caldera, luego determinar su estado actual de operatividad, y que tanto puede ser grave, afectado por las fallas, en la empresa Corporación de alimentos marítimo.

Resultado de la intervención de la inspección visual

Tablero de control. Con el apoyo del jefe de mantenimiento, se determinó que el relé térmico, no se encuentra en buen estado para el trabajo del tablero de control, el cual requiere de un mantenimiento, una de las causas de las fallas es, la mala regulación de voltaje, exceso de corriente. El tipo de falla que tiene es técnica, por tanto, no produce interrupciones en la producción.

Válvula de seguridad. Consta de varias partes conformadas por los resortes de la máquina, el cual con ayuda del jefe de mantenimiento se determinó que no está en un buen estado; una de las causas que no se encuentre bien es la fatiga mecánica. El tipo de falla que tiene es técnica, ya que no genera paradas de producción.

Bomba Aurora. El estado actual en la mencionada bomba, se determinó con la ayuda del técnico Calderista, en la cual se determina que el eje y la turbina no están en las condiciones adecuadas, las causas que se encuentren así, se establecieron por la cavitación, por la mala centralización del eje con el impulsor. El tipo de falla que tiene la bomba es técnica, por tanto, no genera las paradas de producción.

Segundo Objetivo específico. Se desarrolló para evaluar la criticidad de fallas en el área de Calderos de la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C, después aplicar los instrumentos preparados que se muestran en los Anexos 5 y 6.

Criticidad de las fallas. Se determina la criticidad de las fallas en la caldera de la planta de la empresa Corporación de Alimentos Marítimo

Criticidad Alto	(A)	Color Rojo	50<= Criticidad <=125
Criticidad Media	(B)	Color Amarillo	30<=Criticidad <=49
Criticidad Baja	(C)	Color Verde	5<= Criticidad <=29

Figura 6. Matriz de la criticidad de la máquina

Tabla 4. Matriz de la Criticidad de las partes de la Caldera

Ítem	PARTES	FALLAS	SEVERIDAD	FRECUENCIA	CRITICIDAD
1	BOMBA AURORA	Rodajes	8	3	24
		ejes	9	3	27
		turbina	6	3	18
2	TABLERO DE CONTROL	Contactares	6	3	18
		Relé térmico	6	3	18
3	VALVULAS DE SEGURIDAD	Resortes	7	3	21
4	VALVULA DE PURGA	Asiento de válvula	6	3	18
5	BOMBA COMPRESORA	Rodajes	7	3	21
		Banes	8	3	24
6	BOMBA DE PETROLEO	Piñones	6	2	12
		Válvula solenoide	5	2	10
7	QUEMADOR	Toberas distal	5	3	15
8	TUBOS	Cavidad	8	5	40

Fuente: Elaboración propia basado en los datos de la empresa.

La matriz de las fallas que se presenta en la tabla 5, nos muestra un diagnóstico del equipo, en cual vemos que todas las fallas son moderadas, excepto la falla de los tubos, los cuales presentan fallas con criticidad media.

Tercer Objetivo específico. Consiste en desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para el área de Calderos en la empresa pesquera Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C. Los resultados se detallan a continuación.

Desarrollo del plan de Mantenimiento Preventivo

Partes en las que se utilizarán los equipos de medición

Termógrafo: Se hará uso por parte del técnico especialista para tomar las medidas de la temperatura del tablero eléctrico en cada tiempo determinado.

Vibrómetro: Las partes que se medirán con este equipo son las siguientes, que se muestran en la tabla 6:

Tabla 6. Rango de las partes de la máquina según su clase

Partes	Potencia	Clase
Bomba aurora	2HP	Clase I
Bomba de petróleo	2HP	Clase I
Bomba compresora	2HP	Clase I

Fuente: Elaboración propia

Todas las partes a medirse están bajo los parámetros de la primera clase ya que tienen una potencia de 2 HP que equivale a 1.5 KW. Las demás partes de la caldera se determinarán su estado mediante el método visual sin uso de equipos de medición.

Desarrollo del plan de Mantenimiento Preventivo.

A partir de la información encontrada, respecto al historial de fallas; se estableció un Plan de Mantenimiento Preventivo para la caldera de la empresa. Previamente a ello, fue necesario realizar la planificación de mantenimiento, para conocer la periodicidad de trabajo en las partes del equipo.

En la tabla 7, se detalla el plan propuesto de enero 2022 – diciembre 2022 del mantenimiento preventivo y los Planificadores de Mantenimiento de la caldera, se realizaron en forma conjunta. El plan de mantenimiento preventivo, contiene las semanas en las cuales se debe realizar las mediciones preventivas dependiendo de la frecuencia de las fallas; de manera preventiva se considera lo siguiente:

- a. Si las fallas fueron con una frecuencia de tres meses, las tareas programadas se realizarán cada dos meses.
- b. Si la frecuencia de las fallas es de dos meses, entonces las tareas se realizarán mensualmente, excepto de los tubos, sin depender de la frecuencia de sus fallas se hará la inspección mensualmente.

Los Planificadores de mantenimiento, contiene las tareas a realizarse en cada parte de la caldera dependiendo el equipo de medición y método de inspección que se realizará durante el plan, el cual comprende el periodo de un año.

En las figuras 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, y 14; se muestran en detalle las actividades de los planes de acción indicadas en la tabla 8, respecto al historial de las fallas del mantenimiento preventivo de la caldera, de enero 2022 a diciembre 2022; los cuales son fichas de tareas detalladas por cada parte de la máquina y/o equipo.

Tabla 8. *Planes de acción del mantenimiento preventivo de enero 2022 – diciembre 2022.*

Parte de la máquina	Tarea a realizar	Precauciones	Elementos de seguridad	Frecuencia de medición
Bomba aurora	Análisis de vibraciones	En caso de observar mal funcionamiento se avisa al encargado	Casco de alta densidad, lentes de seguridad, botas compuestas de PVC con punta de acero, guantes.	Mensual
Tablero de control eléctrico	Inspección termográfica	En caso de observar mal funcionamiento del equipo	Casco de alta densidad, lentes de seguridad, botas compuestas de PVC con punta de acero, guantes.	Cada dos meses
Válvulas de seguridad	Inspección visual	De observar mal funcionamiento del equipo, se avisa al encargado.	Casco de alta densidad, lentes de seguridad, botas compuestas PVC punta acero, guantes poliuretano	Cada dos meses
Válvula de purga	Inspección visual	En caso de observar mal funcionamiento se avisa al encargado	Casco de alta densidad, lentes de seguridad, botas compuestas PVC punta acero, guantes poliuretano	Cada dos meses
Bomba compresora	Análisis de vibraciones	En caso de observar mal funcionamiento del equipo	Casco de alta densidad, lentes de seguridad, botas compuestas PVC punta acero, guantes poliuretano	Mensual
Bomba de petróleo	Análisis de vibraciones	En caso de observar mal funcionamiento se avisa al encargado	Casco de alta densidad, lentes de seguridad, botas compuestas PVC punta acero, guantes poliuretano	Cada dos meses
Quemador	Análisis de vibraciones	En caso de observar mal funcionamiento se avisa al encargado	Casco de alta densidad, lentes de seguridad, botas compuestas de PVC con punta de acero, guantes.	Cada dos meses
Tubería	Inspección visual	En caso de observar mal funcionamiento se avisa al encargado	Casco de alta densidad, lentes de seguridad, botas compuestas de PVC con punta de acero.	Cada dos meses

Fuente: Elaboración propia, basado en el plan de mantenimiento.

BOMBA AURORA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Modelo de Equipo	Marca	Origen/Año	Frecuencia de Medición		Caldera
		KGT	China/Picsa	2016	Mensual		
Tarea a realizar	Análisis de vibraciones		Personal necesario		Cantidad	Tiempo estimado de medición	Estado maquina
Precauciones	En caso de observar mal funcionamiento del equipo se deberá informar al encargado.		Técnico en vibraciones		1	20 min	Encendida
Elementos de seguridad	Casco de alta densidad lentes de seguridad, botas compuestas de PVC con punta de acero, guantes de poliuretano.		Total		1	20 min	
Indicación Gráfica			Descripción de Tarea			Método de Trabajo	Herramientas o equipos a
			1. Dirigirse hacia la bomba aurora.			Visual	Vibrómetro
			2. Encender el analizador de vibraciones.			Visual, manual, equipo	Vibrómetro
			3. Poner el acelerómetro en un punto determinado.			Visual, manual, equipo	Vibrómetro
			4. Tomar los datos y guardar en la memoria del analizador.			Visual, equipo	
			5. Retirar el equipo.			Visual, manual	
			6. Cualquier falla registrada en los valores dejar en "RESULTADOS".			Visual	
OBSERVACIONES			NOVEDADES			DATOS DE REALIZACIÓN	
(Si tuvo problemas al realizar las inspecciones y plantear propuestas de mejora).			(Encontradas durante la inspección y reparación)				
						Fecha de Realización:	
						Nombre AP. Técnico:	
			Repuestos consumidos			Nombre AP. Operario:	
			Insumos consumidos			Responsable firma:	

Figura 7. Ficha de actividades para la Bomba Aurora

TABLERO ELÉCTRICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Modelo de Equipo	Marca	Origen/Año	Frecuencia de Medición		Caldera
		ASSE 22	Siemens	China/2015	2 Meses		
Tarea a realizar	Inspección Termográfica		Personal necesario		Cantidad	Tiempo estimado de medición	Estado maquina
Precauciones	En caso de observar mal funcionamiento del equipo		Técnico Termográfico		1	10 min	Encendida
Elementos de seguridad	Casco de alta densidad lentes de seguridad, botas compuestas de PVC con punta de acero, guantes de		Total		1	10 min	
Indicación Gráfica			Descripción de Tarea			Método de Trabajo	Herramientas o equipos a utilizar
			1. Dirigirse al tablero eléctrico y abrir.			Visual, manual	Cámara termográfica
			2. Ver las instalaciones que no presenten ningún daño.			Visual	
			3. Con la cámara termográfica realizar tomas necesarias para cubrir el total de la superficie.			Visual, equipo	
			4. Cualquier problema detectado a simple vista en las imágenes tomadas, dejar asentado en "RESULTADOS".			Visual	
OBSERVACIONES			NOVEDADES			DATOS DE REALIZACIÓN	
(Si tuvo problemas al realizar las inspecciones y plantear propuestas de			(Encontradas durante la inspección y			Fecha de Realización:	
						Nombre AP. Técnico:	
			Repuestos consumidos			Nombre AP. Operario:	
			Insumos consumidos			Responsable firma:	

Figura 8. Ficha de actividades para el Tablero Eléctrico.

VÁLVULA DE SEGURIDAD	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Modelo de Equipo	Marca	Origen/Año	Frecuencia de Medición		Caldera
		KGT	Baiyilun	China/2017	2 Meses		
Tarea a realizar	Inspección visual		Personal necesario	Cantidad	Tiempo estimado de medición		Estado maquina
Precauciones	En caso de observar mal funcionamiento del equipo se deberá informar al encargado.		Técnico Termográfico	1	15 min		Apagada
Elementos de seguridad	Casco de alta densidad lentes de seguridad, botas compuestas de PVC con punta de acero, guantes de poliuretano.		Total	1	15 min		
Indicación Gráfica			Descripción de Tarea		Método de Trabajo	Herramientas o equipos a utilizar	
			1. Dirigirse a la válvula de seguridad.		Visual	Llave francesa	
			2. Desarmar e inspeccionar.		Visual, manual, herramienta		
			3. Anotar el estado.		Visual		
			4. Cualquier falla detectada en valores dejar en "RESULTADOS".		Visual		
OBSERVACIONES			NOVEDADES		DATOS DE REALIZACIÓN		
(Si tuvo problemas al realizar las inspecciones y plantear			(Encontradas durante la inspección y		Fecha de Realización:		
					Nombre AP. Técnico:		
			Repuestos consumidos		Nombre AP. Operario:		
			Insumos consumidos		Responsable firma:		

Figura 9. Ficha de actividades para la Válvula de Seguridad.

VÁLVULA DE PURGA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Modelo de Equipo	Marca	Origen/Año	Frecuencia de Medición		Caldera
			Siemens	Corea/2016	2 Meses		
Tarea a realizar	Inspección visual		Personal necesario		Cantidad	Tiempo estimado de medición	Estado maquina
Precauciones	En caso de observar mal funcionamiento del equipo se deberá informar al encargado.		Técnico		1	15 min	Apagada
Elementos de seguridad	Casco de alta densidad lentes de seguridad, botas compuestas de PVC con punta de acero, guantes de poliuretano.		Total		1	15 min	
Indicación Gráfica			Descripción de Tarea			Método de Trabajo	Herramientas o equipos a utilizar
			1. Dirigirse hacia la válvula de purga.			Visual	Llave francesa
			2. Desarmar e inspeccionar.			Visual, manual, herramienta	
			3. Anotar el estado.			Visual	
			4. Cualquier falla registrada en los valores dejar en "RESULTADOS".			Visual	
OBSERVACIONES			NOVEDADES			DATOS DE REALIZACIÓN	
(Si tuvo problemas al realizar las inspecciones y plantear propuestas de mejora).			(Encontradas durante la inspección y reparación)				
						Fecha de Realización:	
						Nombre AP. Técnico:	
			Repuestos consumidos			Nombre AP. Operario:	
			Insumos consumidos			Responsable firma:	

Figura 10. Ficha de actividades para la Válvula de Purga.

BOMBA COMPRESORA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Modelo de Equipo	Marca	Origen/Año	Frecuencia de Medición		Caldera	
		320CS6M	Burks	China/2015	Mensual			
Tarea a realizar	Análisis de vibraciones		Personal necesario		Cantidad	Tiempo estimado de medición	Estado maquina	
Precauciones	En caso de observar mal funcionamiento del equipo		Técnico en vibraciones		1	20 min	Encendida	
Elementos de seguridad	Casco de alta densidad lentes de seguridad, botas compuestas de PVC con punta de acero, guantes de		Total		1	20 min		
Indicación Gráfica			Descripción de Tarea			Método de Trabajo	Herramientas o equipos utilizar	
			1. Dirigirse hacia la bomba compresora.			Visual	Vibrómetro	
			2. Encender el analizador de vibraciones.			Visual, manual, equipo		Vibrómetro
			3. Poner el acelerómetro en un punto determinado.			Visual, manual, equipo		Vibrómetro
			4. Tomar los datos y guardar en la memoria del analizador.			Visual, equipo		
			5. Retirar el equipo.			Visual, manual		
			6. Cualquier falla registrada en los valores dejar en "RESULTADOS".			Visual		
OBSERVACIONES			NOVEDADES			DATOS DE REALIZACIÓN		
(Si tuvo problemas al realizar las inspecciones y plantear propuestas de			(Encontradas durante la inspección y					
						Fecha de Realización:		
						Nombre AP. Técnico:		
			Repuestos consumidos			Nombre AP. Operario:		
			Insumos consumidos			Responsable firma:		

Figura 11. Ficha de actividades para la Bomba Compresora.

BOMBA DE PETRÓLEO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Modelo de Equipo	Marca	Origen/Año	Frecuencia de Medición		Caldera	
			Siemens	Corea/2015	2 Meses			
Tarea a realizar	Análisis de vibraciones		Personal necesario		Cantidad	Tiempo estimado de medición	Estado maquina	
Precauciones	En caso de observar mal funcionamiento del equipo se deberá informar al encargado.		Técnico en vibraciones		1	20 min	Encendida	
Elementos de seguridad	Casco de alta densidad lentes de seguridad, botas compuestas de PVC con punta de acero, guantes de poliuretano.		Total		1	20 min		
Indicación Gráfica			Descripción de Tarea			Método de Trabajo	Herramientas o equipos a utilizar	
			1. Dirigirse hacia la bomba aurora.			Visual	Vibrómetro	
			2. Encender el analizador de vibraciones.			Visual, manual, equipo		Vibrómetro
			3. Poner el acelerómetro en un punto determinado.			Visual, manual, equipo		Vibrómetro
			4. Tomar los datos y guardar en la			Visual, equipo		
			5. Retirar el equipo.			Visual, manual		
			6. Cualquier falla registrada en los			Visual		
OBSERVACIONES			NOVEDADES			DATOS DE REALIZACIÓN		
(Si tuvo problemas al realizar las inspecciones y plantear propuestas de mejora).			(Encontradas durante la inspección y reparación)					
						Fecha de Realización:		
						Nombre AP. Técnico:		
			Repuestos consumidos			Nombre AP. Operario:		
			Insumos consumidos			Responsable firma:		

Figura 12. Ficha de actividades para la Bomba de Petróleo.

QUEMADOR	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Modelo de Equipo	Marca	Origen/Año	Frecuencia de Medición	Caldera
			Efamein		2 Meses	
Tarea a realizar	Análisis de vibraciones		Personal necesario	Cantidad	Tiempo estimado de medición	Estado maquina
Precauciones	En caso de observar mal funcionamiento del equipo se deberá informar al encargado.		Técnico	1	10 min	Apagada
Elementos de seguridad	Casco de alta densidad lentes de seguridad, botas compuestas de PVC con punta de acero, guantes de poliuretano.		Total	1	10 min	
Indicación Gráfica			Descripción de Tarea		Método de Trabajo	Herramientas o equipos a utilizar
			1. Dirigirse a la caldera.		Visual	Llave francesa
			2. Abrir el quemador.		Visual, manual	
			3. Desarmar si es necesario.		Visual, manual, herramienta	
			4. Tomar los datos del estado.		Visual	
			5. Asegurar el quemador (cerrar).		Visual, manual	
			6. Cualquier falla registrada en los valores dejar en "RESULTADOS".			
OBSERVACIONES			NOVEDADES		DATOS DE REALIZACIÓN	
(Si tuvo problemas al realizar las inspecciones y plantear			(Encontradas durante la inspección y			
					Fecha de Realización:	
					Nombre AP. Técnico:	
			Repuestos consumidos		Nombre AP. Operario:	
			Insumos consumidos		Responsable firma:	

Figura 13. Ficha de actividades para el Quemador.

TUBERÍA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Modelo de Equipo	Marca	Origen/Año	Frecuencia de Medición		Caldera	
		KGT	Siemens	Corea/2016	2 Meses			
Tarea a realizar	Inspección visual		Personal necesario		Cantidad	Tiempo estimado de medición	Estado maquina	
Precauciones	En caso de observar mal funcionamiento del equipo se deberá informar al encargado.		Técnico		1	30 min	Apagada	
Elementos de seguridad	Casco de alta densidad lentes de seguridad, botas compuestas de PVC con punta de acero,		Operarios		1			
			Total		2	30 min		
Indicación Gráfica			Descripción de Tarea			Método de Trabajo	Herramientas o equipos a utilizar	
			1. Dirigirse a la caldera.			Visual		
			2. Abrir las puertas.			Visual, manual, herramienta		Llave francesa
			3. Inspeccionar el estado de los tubos.			Visual		
			4. Tomar nota de su estado.			Visual		
			5. Cerrar la puerta			Visual, manual, herramienta		Llave francesa
			6. Cualquier falla registrada en los					
OBSERVACIONES			NOVEDADES			DATOS DE REALIZACIÓN		
(Si tuvo problemas al realizar las inspecciones y plantear propuestas de mejora).			(Encontradas durante la inspección y reparación)					
						Fecha de Realización:		
						Nombre AP. Técnico:		
			Repuestos consumidos			Nombre AP. Operario:		
			Insumos consumidos			Responsable firma:		

Figura 14. Fichas de actividades para la Tubería.

Cuarto objetivo específico. Consistió en realizar la evaluación económica del mantenimiento del área de Calderos propuesto para la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C. Los costos presentados en soles, pueden variar con la forma progresiva de implementarse el mantenimiento preventivo. A continuación se exponen los resultados resumidos, los detalles se muestran en el Anexo 10.

El costo anual aproximado en las intervenciones (CAAI) del mantenimiento, está compuesto por el número de activos o maquinarias críticas, el costo medio de las intervenciones es igual a S/ 4,000; y el promedio de intervenciones en cada activo por año es de cinco por año; el total asciende a un monto anual de S/ 20,000.00; en el Anexo 10 se detalla su desarrollo por cada elemento.

$$CAAI = N^{\circ} \text{ Activos} * C. \text{ Med. Int.} * \text{Prom. Int.} / \text{Año}$$

$$CAAI = 1 \text{ activo} * S/ 4,000 / \text{Interv.} * 5 \text{ Interv.} / \text{Año} = S/ 20,000 \text{ Soles} / \text{Año.}$$

Tabla 9. *Resumen del Costo Anual del Mantenimiento Preventivo*

Ítem	Concepto	Costo anual (S/)
1	Costo de mediciones	2,802.00
2	Costo del diagnóstico	3,600.00
	Costo de los equipos de medición:	
3	Cámara termográfica FLUKE Ti 32	1,350.00
	Vibrómetro PCE – VT 204	1,848.00
Total Costo Anual de Mantenimiento Preventivo		9,600.00

Fuente: Elaboración propia, tomado del Anexo 10

El Costo Anual del Mantenimiento Preventivo (CAMP), contiene el costo de mediciones, el costo del diagnóstico, y el costo del equipo de medición, que comprende dos tipos de equipos de medición; los cuales se resumen en la tabla 9, con un costo total anual de mantenimiento igual a S/ 9,600.00; el costo de mano de obra oscila entre los S/ 100 a S/ 300, según la especialidad en el servicio.

Los detalles de los costos del mantenimiento preventivo, desarrollado por cada concepto, se muestran en el Anexo 10.

Respecto a los indicadores para el control financieros, se determinó el Ahorro anual y las variaciones de gasto de intervenciones (VGI).

El Ahorro Anual, resulta de la diferencia entre el costo anual aproximado de intervención actual (CAAI), menos el costo anual aproximado de intervención implementando el mantenimiento preventivo en la empresa (CAAIMP), cuyo monto asciende a S/ 10,400.00; el cual se detalla en el Anexo 10.

$$\text{Ahorro anual} = 20,000 \text{ Soles} / \text{Año} - 9,600 \text{ Soles} / \text{Año} = \text{S/ } 10,400.00$$

Así mismo, el VGI es un indicador que muestra el porcentaje obtenido de la variación del gasto en las intervenciones al utilizar el mantenimiento preventivo, siendo su variación igual al 48%, significando que el gasto anual disminuirá en 48% con respecto al gasto anual de las intervenciones actuales, al aplicar el mantenimiento preventivo, equivalente a S/ 10,400 generando un incremento para la empresa.

Costo del mantenimiento proyectado para tres años.

En la tabla 10, se presenta la proyección del costo del plan y el ahorro proyectado, se considera una inflación promedio anual de 5 %, según el Banco Central de Reserva del Perú BCRP. El cálculo de los costos variables en el mantenimiento, no se hace referencia en la presente investigación, por no contar con un historial de registros con mayores detalles.

Tabla 10. *Proyección del costo de mantenimiento para tres años (en soles)*

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3
Costo anual aproximado de intervenciones	20,000	21,000	22,050
Costo anual aproximado de intervención implementando el mantenimiento	9,600	10,080	10,584
Total ahorro anual	10,400	10,920	11,466

Fuente: Elaboración propia, datos tomados del Anexo 10.

La propuesta del plan de mantenimiento preventivo en la empresa, permitirá reducir los costos variables, y de esta forma generar un mayor ahorro según lo determinado en la proyección de la Tabla 10; además, es importante el cumplimiento del plan para reducir las paradas imprevistas en la empresa.

4. Análisis y discusión

A continuación, se presenta el análisis y discusión de los resultados por cada objetivo específico, contrastados con los antecedentes y fundamentos teóricos.

La evaluación del primer objetivo específico, se orientó a diagnosticar el estado actual del área de Calderos en la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C., la situación en el momento del estudio de la Caldera Piro-tubular, registra que el 61.5% de las piezas de partes de la Caldera están en buen estado; mientras que el 38.5% se encuentran en mal estado en sus diversas partes como, el relay térmico del tablero de control, los resortes de la válvula de seguridad, los rodajes de la bomba compresora; además, los ejes y turbina de la bomba aurora. Las situaciones de realizar previamente un diagnóstico del estado actual de las máquinas y equipos; guardan relación con la investigación de García y Redrobán (2016), quienes en su estudio sobre la Puesta en marcha y el Mantenimiento centrado en la Confiabilidad del caldero Piro-tubular de la Facultad de Mecánica. Los investigadores concluyen que, analizando el estado actual de cada uno de sus elementos y los sistemas que componen la caldera, desarrollando un análisis de la situación inicial en las operaciones. De manera similar, según el investigador Caballero (2016), en su estudio reviso primero en su diagnóstico de la situación inicial, el estado actual de las calderas del Hospital en estudio.

Respecto al segundo objetivo específico, se emplazó en valorar la criticidad de fallas en el área de Calderos de la empresa pesquera; se determinó la criticidad en las partes de la Caldera, en cual observamos que todas las fallas son moderadas, excepto la falla de los ejes y rodajes de la bomba aurora; los tubos de la Caldera presentas fallas en la cavidad con criticidad media. Las situaciones antes definidas guardan relación con la investigación de Allauca (2019), quien realizo un Plan de mantenimiento para un Caldero de 50 BHP, el investigador concluye que se planteó la aplicación de un Plan basado en el RCM, siguiendo cada uno de los procedimientos, para ello requirió caracterizar detalladamente el estado del equipo analizando y pronosticando el análisis del historial de fallas de las máquinas y/o equipos, e imprevistos, con los datos técnicos

se determinaron con el propósito de identificar acciones correctivas, que permitieron optimizar la productividad y minimizar los costos en la empresa. Por tanto, para realizar la evaluación de un equipo, primero se debe evaluar las fallas frecuentes y realizar el análisis de criticidad, lo cual comparte Caballero (2016) en su investigación, quien hizo un plan de mantenimiento de calderas en un hospital; estableció un modelo de trabajo para que los operarios del área, puedan hacer el procedimiento de vigilancia e inspección de los equipos; los cuales a través del tiempo se estuvieron deteriorando. Considerando su nivel de criticidad, si llega a fallar una maquina o equipo, ocasionaría la parada de varias áreas, generando problemas elevando los costos para la empresa; usando las fichas de control y rutinas de mantenimiento, se logrará evitar paradas y ejecutar reparaciones innecesarias de los equipos, permitiendo extender la vida útil de las calderas y que se puedan renovar posteriormente.

En relación al tercer objetivo específico, se alineó en desarrollar un plan de mantenimiento preventivo en el área de Calderos para la empresa. El indicado plan consideró los equipos de medición y control, como el Termógrafo y el Vibrómetro para controlar las partes de la máquina según su clase; las demás partes de la Caldera se planificaron su estado usando solamente el método visual. Se efectuaron en forma conjunta el plan propuesto anual, desde enero 2022 a diciembre 2022, considerando el mantenimiento y los planificadores de mantenimiento de la caldera. Asimismo, por las actividades del plan se elaboraron planes de acción, los cuales son fichas técnicas que contienen las tareas detalladas por cada parte de la Caldera y equipos. Las actividades antes definidas sobre el plan, guardan relación con la investigación de Caro y Rubio (2019), respecto a un plan de mantenimiento preventivo implementado para los equipos de un Club de recreación, realizando un control adecuado del mantenimiento seguro, lográndose aumentar el nivel de cumplimiento, con los cuales se ha podido disminuir los costos operativos del Club; debido a que mediante el adecuado plan de mantenimiento, se logra mejorar el funcionamiento de los equipos y maquinarias, y hacer mejor uso del recurso humano; generando una reducción de los costos operativos hasta en 39%. Por tanto, se puede confirmar que un plan de mantenimiento reduce un porcentaje significativo en los costos e incrementa la productividad. Asimismo, Rio y

Sandoval (2018), también demostraron en su investigación, la importancia de realizar un plan de mantenimiento preventivo en un Hospital, con información basado en los modos de falla en equipos, tareas de mantenimiento; el plan respectivo tiene en cuenta el estado de equipos, e información técnica, datos del dispositivo; los investigadores mejoraron en un 96% la confiabilidad inicial del plan de mantenimiento.

Evaluando el cuarto objetivo específico, consistió en efectuar la evaluación económica del mantenimiento de las maquinas del área de Calderos, propuesto para la empresa pesquera, realizándose un coste anual. El costo anual en las intervenciones del mantenimiento, compuesto por el número de activos o maquinarias críticas, el costo medio de intervenciones y el promedio de intervenciones en cada activo por año, asciende a un monto de S/ 20,000; el costo anual del mantenimiento preventivo es de S/ 9,600 el cual contiene el costo de mediciones, costo del diagnóstico, y el costo del equipo de medición. Asimismo, el ahorro anual es de S/ 10,400. La variación del gasto en las intervenciones al utilizar el mantenimiento preventivo es 48%, significando que el gasto anual disminuirá en 48% con respecto al gasto de las intervenciones actuales, al aplicar el mantenimiento preventivo en la empresa. La evaluación antes mencionado guarda relación con la investigación de León (2016) comparando con la propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para reducir costos operativos en el caldero de la empresa; se determinó la viabilidad económica de la propuesta, apoyados de los indicadores económicos; luego se concibió la Utilidad /Costo igual a 1.73; los costos operativos se minimizan, si se consigue implementar la propuesta. Quiroz (2020), resalta en su investigación sobre la propuesta de un plan preventivo de mantenimiento, la importancia de realizar la evaluación económica, demostrando en su estudio un ahorro de S/ 20,983; y una relación costo - beneficio de 1,23.

5. Conclusiones

En el desarrollo de cada objetivo específico, se determinaron los siguientes:

A través de la inspección visual, con uso de Check list se determinó que el 61.5% de las piezas que forman partes de la Caldera están en buen estado; mientras que el 38.5% se encuentran en mal estado en sus diversas partes, como, el relay térmico del tablero de control, los resortes de la válvula de seguridad, los rodajes de la bomba compresora; los ejes y la turbina de la bomba aurora.

Respecto a la criticidad de fallas en la Caldera, se observó que todas son moderadas, excepto la falla de los ejes y rodajes de la bomba; los tubos de la Caldera presentan fallas en la cavidad con criticidad media y las demás con una criticidad leve. La frecuencia de fallas se obtuvo de los seis últimos meses de la caldera, siendo cada tres meses: tablero de control, válvulas de seguridad, válvula de purga; bomba compresora cada 2 meses, etc. Se obtiene una criticidad media en la caldera.

El indicado plan consideró los equipos de medición y control, como el Termógrafo y el Vibrómetro para controlar las partes de la máquina según su clase; las demás partes de la Caldera se planificaron su estado usando solamente el método visual. Se efectuaron en forma conjunta el plan propuesto anual, considerando el mantenimiento y los planificadores de mantenimiento de la caldera. Asimismo, por las actividades del plan se elaboraron planes de acción, los cuales son fichas técnicas que contienen las tareas detalladas por cada parte de la Caldera.

El costo anual en las intervenciones del mantenimiento (número de activos, el costo medio de intervenciones y el promedio de intervenciones), asciende a un monto anual de S/ 20,000; el costo anual del mantenimiento preventivo es de S/ 9,600. Asimismo, el ahorro anual es de S/ 10,400. La variación del gasto en las intervenciones al utilizar el mantenimiento preventivo es 48%, con los cuales se concluye el que la aplicación del mantenimiento preventivo es beneficiosa para la empresa.

6. Recomendaciones

En relación al análisis y discusión de los resultados de la investigación y las conclusiones, se recomienda lo siguiente:

Los directivos de la empresa, deben realizar capacitaciones constantes para todo el personal, sobre procedimientos, ejecución y control del plan de mantenimiento preventivo, como una herramienta útil en la gestión empresarial.

Implementar el diseño de manuales de funciones y procedimientos para el área de mantenimiento, porque a medida que la empresa vaya creciendo se hará necesario dicha documentación para una efectiva gestión.

Se recomienda implementar el plan de mantenimiento preventivo para todos los activos, máquinas y equipos de la empresa, siguiendo de manera correcta los planeadores de tareas para realizar las mediciones y controles de manera correcta.

Realizar las mediciones de control en la empresa, basándose en los parámetros de la Norma ANSI / NETA MTS - 2007 para la Termografía, y la ISO 10816 para realizar el análisis de las vibraciones.

Realizar una revisión de la gestión de seguridad y salud ocupacional en la empresa, el cual debe estar relacionado con el plan de mantenimiento.

Agradecimientos

Nuestro especial reconocimiento a los Ingenieros docentes de la Universidad San Pedro, que impartieron sus conocimientos y experiencias laborales en nuestra formación profesional, para contribuir en el desarrollo y sostenibilidad de la gestión empresarial. Nuestro agradecimiento a los directivos y trabajadores de la Empresa pesquera por su valioso apoyo.

Nuestra gratitud a los ingenieros asesores y jurados evaluadores, por la paciencia en la evaluación del presente trabajo de investigación, con sus observaciones y sugerencias. Asimismo, agradecemos a la Dirección del Programa de Estudios de Ingeniería Industrial de la Universidad San Pedro.

El Autor

Referencias bibliográficas

- AEC (2019). *Mantenimiento*. Portal web Central. (En línea). Recuperado de: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/mantenimiento>
- Alarcon, B., & Romero, D. (2020). *Diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo para una empresa productora y comercializadora de Harina y Aceite de pescado ubicado en la ciudad de Santa Elena*. Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0690_M.pdf
- Caballero, Y. (2016). *Propuesta de Plan de Mantenimiento Preventivo del área de calderas del Hospital Regional de Huancavelica*. (Tesis para optar título). Universidad Nacional del Centro. Perú. Recuperado de: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3637>
- Cardera, J. (2013). *Guia de plan de mantenimiento*. Editorial Madrid.
- Canal, N. (2009). *Técnicas de muestreo. Sesgos más frecuentes*. España: Editorial Revista Seden.
- Caro Meza, J. S., & Rubio Chavez, L. (2019). *“Implementacion de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos de un club de esparcimiento”*. Lima.
- Caro Meza, J. S., & Rubio Chavez, L. L. (2019). *Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para reducir los Costos Operativos de un Club de Esparcimiento*. Universidad Ricardo Palma. Lima. Recuperado de: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2693>
- Conceptodefinicion. (18 de Marzo de 2021). *Definición de conceptos*. Recuperado de: <https://conceptodefinicion.de/plan/>
- Cruz, L. (2020). *Propuesta de un plan de mantenimiento Preventivo para la maquinaria pesada de la empresa Constructora y Administracion S.A.* (Tesis para optar título de Ingeniero). Universidad Politecnica Amazonica, Bagua, Peru.

- Del Río, K., y Sandoval, S. (2018). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad del sistema de generación de vapor del hospital Essalud, Chimbote - 2018*. Universidad César Vallejo. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27844>
- Fabian, B. D., & Bejarano Garcia, M. (2009). *Estudio del impacto generado sobre la cadena de valor a partir del diseño de una propuesta para la gestión del mantenimiento preventivo en la Cantera Salitre Blanco de Aguilar Construcciones S.A.*. Bogota, Colombia: Pontifica Universidad Javeriana.
- García, F., y Redrobán, C. (2016). *Puesta en Marcha y Mantenimiento centrado en la Confiabilidad (RCM) del caldero Pirotubular de la Facultad de Mecánica*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4201>
- Gustavo, M. (2018). *Propuesta para la Implementación de Termografía como herramienta de Mantenimiento e Inspección en la Universidad Católica de Colombia*. Bogotá.
- Hernandez, R., Fernandez, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación científica*. Mexico DF: Mc Graw Hill.
- Calle, Karla (2020). *Propuesta de integración del análisis de vibraciones al plan de Mantenimiento Predictivo de los rodillos de la Prensa 1 y 2 en el molino CARTAPEL S.A.I.* Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19597/4/UPS-CT008909.pdf>
- León, A. (2016). *Propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos en el caldero de la empresa industrial Center Wash*. (Tesis para optar título de Ingeniero). Universidad Privada del Norte. Perú. Recuperado de: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10232>
- Manuel, M., y Sanchez, J. (2010). *La evidencia de una necesidad*. España: Editorial Diaz de Santos.
- Marcelo, Guananga (2017). *Estudio para la selección, Diseño de instalaciones, Plan de mantenimiento de los calderos para la piscina Semi - Olímpica del*

Balneario Turístico los Elenes del Cantón Guano. Riobamba: Escuela Superior Politécnica e Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8076/1/15T00675.pdf>

Miguel, N. R. (2011). *Metodología de la investigación*. Bogotá - Colombia: Editorial Ediciones de la U.

Perú construye (2020). Portal Web del Grupo DIGAMMA. Disponible en: <https://peruconstruye.net/2020/06/26/mantenimiento-preventivo-los-4-problemas-mas-comunes-en-equipos-industriales-y-como-resolverlos/>

Quirzo, M. (2020). *Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en indicadores OEE del sistema de vapor para la reducción de paradas de equipos en el Hospital Regional de Lambayeque*. (Tesis para optar título). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo. Recuperado de: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3083/1/TL_QuirozGarciaMary.pdf

Sauza, C. (2017). *Ventajas de un Mantenimiento Preventivo*.

Sierra, N. (2019). *Plan de mantenimiento basado en RCM para caldero de 50 BHP*. (tesis de grado). Universidad Nacional San Agustín, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/11900>

VYC, I. (2018). *Calderas de Vapor Pirotubulares y Acuotubulares*. Recuperado de: <https://www.cerney.es/noticias/diferencias-entre-caldera-pirotubular-y-acuotubular>

Zapata, T., y Sanchez, C. (2013). *Modelo de Mejora de la competitividad basada en Indicadores críticos de Gestión en las pequeñas empresas de servicios de Mantenimiento de equipos pesados*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

Anexos y Apéndices

Anexo 1. Matriz de consistencia de la investigación

Título: Plan de mantenimiento preventivo para el área de Calderos en la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C.

Problema	Hipótesis	Objetivos	Variable
<p>¿Cómo será la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para el área de calderos que permita reducir los costos en la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C.?</p>	<p>Por ser una investigación descriptiva, no se formula la hipótesis, por tanto, está implícita.</p>	<p>Objetivo General: Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para el área de Calderos que permita reducir los costos en la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C.</p> <p>Objetivo Específico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagnosticar el estado actual del área de Calderos en la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C. • Evaluar la criticidad de las fallas en el área de Calderos de la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C. • Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para el área de Calderos en la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C. • Evaluar económicamente el mantenimiento del área de Calderos en la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C. 	<p>Plan de mantenimiento preventivo.</p>

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Matriz de conceptualización y operacionalización de la variable

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Plan de mantenimiento preventivo	El Plan de Mantenimiento preventivo se basa en las paradas programadas para poder realizar una inspección detallada en las máquinas y equipos, y para reemplazar las piezas desgastadas. (Caro Meza & Rubio Chávez, 2019)	Para desarrollar la planificación del mantenimiento, se debe precisar bien la frecuencia de las intervenciones con la que se van a desarrollar los mantenimientos preventivos en la empresa, para ello se requiere, diagnosticar el estado actual del área, luego efectuar la planificación y el desarrollo del plan, y efectuar la evaluación económica del plan, teniendo sus indicadores de control financiero.	Diagnóstico de estado actual	Inspección visual	Ordinal
				Historial de fallas	Ordinal
				Criticidad de fallas	Ordinal
			Planificación y desarrollo	Frecuencia de fallos	Nominal
				Plan de mantenimiento	Nominal
				Tareas del equipo	Nominal
			Evaluación económica	Análisis del costos	Nominal
				Tiempos de medición	Nominal
				Variación del gasto	Nominal

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Flujo de procesos de la elaboración de conservas de pescado



Fuente: Elaboración propia basado en la empresa (MP = materia prima pescado)

Anexo 4: Evaluación con un Check list para el diagnóstico de la caldera

CALDERA PIROTUBULAR			
			
ESTADO ACTUAL DE LA CALDERA			
Partes de la caldera	Piezas de las partes de la caldera	Buen Estado	Mal Estado
Tablero de control	Contactores	X	
	Relay térmico		X
Válvulas de seguridad	Resortes		X
Válvulas de purga	Asiento de Válvula	X	
Bomba compresora	Rodajes		X
	Banes	X	
Bomba de petróleo	Piñones	X	
	Válvula Selenoide	X	
Bomba aurora	Rodajes	X	
	Ejes		X
	Turbina		X
Quemador	Toberas distral	X	
Tubos	Cavidad	X	
TOTAL	Trece piezas de la caldera	8	5

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la empresa.

Anexo 5. Matriz de la Criticidad de las partes de la Caldera

Ítem	PARTES	FALLAS	SEVERIDAD	FRECUENCIA	CRITICIDAD
1	BOMBA AURORA	Rodajes			
		Ejes			
		Turbina			
2	TABLERO DE CONTROL	Contactares			
		Relé térmico			
3	VALVULAS DE SEGURIDAD	Resortes			
4	VALVULA DE PURGA	Asiento de válvula			
5	BOMBA COMPRESORA	Rodajes			
		Banes			
6	BOMBA DE PETROLEO	Piñones			
		Válvula solenoide			
7	QUEMADOR	Toberas distal			
8	TUBOS	Cavidad			

Fuente: Elaboración propia basado en los datos de la empresa

Anexo 7. Ficha de tarea de partes de la máquina

Descripción de pieza	Mantenimiento preventivo	Modelo de equipo	Marca	Origen	Frecuencia de medición		Nombre del equipo
Tareas a realizar			Personal necesario		Cantidad	Tiempo estimado	
Precauciones							
Elementos de seguridad							
Indicación gráfica			Descripción de tarea			Método de trabajo	Herramienta a utilizar
Observaciones			Novedades			Datos de realización	
(Si tuvo problemas al realizar las inspecciones y plantear.							
						Fecha	
						Técnico	
			Repuestos			Operario	
			Insumos			Responsable	

Fuente: Elaboración propia, basado en la estructura de la máquina o equipo.

Anexo 8: Validación de Instrumentos por juicio de expertos.

CONSTANCIA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS

Quien suscribe, CHAVEZ MILLA HUMBERTO ANGEL, con documento de Identidad N° 32793925, de profesión INGENIERO INDUSTRIAL, Registro CIP 27135, con grado de Maestro en Ingeniería Industrial mención en Gerencia de Operaciones, Docente en la Universidad San Pedro de Chimbote.

Por medio de la presente hago constar, que se ha revisado con fines de validación los instrumentos para recolección de datos ubicados en los Anexos 4, 5, 6, y 7; para ser aplicado en el desarrollo de la Tesis “Plan de mantenimiento preventivo para el área de Calderos en la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C.”

Luego de hacer las observaciones pertinentes en el instrumento, se formula las siguientes apreciaciones:

CRITERIOS	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de ítems			X	
Amplitud de contenido				X
Relación de los ítems			X	
Claridad y precisión			X	
Pertinencia				X

Chimbote, 20 de Diciembre del 2022.



Ing. CIP. CHAVEZ MILLA HUMBERTO ANGEL
ING. INDUSTRIAL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 27135

CONSTANCIA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS

Quien suscribe, DEL CASTILLO VILLACORTA HENRY JOSEPH, con documento de Identidad N° 32982461, de profesión Ingeniero Industrial e Ingeniero Civil, con Registro CIP 50337, con grado de Doctor en Gestión y Ciencias de la Educación, Docente en la Universidad San Pedro de Chimbote.

Por medio de la presente hago constar, que se ha revisado con fines de validación los instrumentos para recolección de datos ubicados en los Anexos 4, 5, 6, y 7; para; para ser aplicado en el desarrollo de la Tesis “Plan de mantenimiento preventivo para el área de Calderos en la empresa Corporación de Alimentos Marítimos S.A.C.”

Luego de hacer las observaciones pertinentes en el instrumento, se formula las siguientes apreciaciones:

CRITERIOS	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de ítems			X	
Amplitud de contenido				X
Relación de los ítems			X	
Claridad y precisión			X	
Pertinencia			X	

Chimbote, 18 de Diciembre del 2022


Henry Joseph Del Castillo Villacorta
ING. CIVIL - ING. INDUSTRIAL
C.I.P.: 50337

Anexo 9. Descripción de la metodología o técnica del Check List

Para la formulación de un Check List para el estado actual de la caldera, se elabora la herramienta para poder determinar cuál es el estado actual de la caldera, haciendo uso del método de inspección visual del mantenimiento preventivo, con el cual se determinará cuáles son las fallas existentes que tiene la caldera, con ayuda del calderista, en la empresa Corporación de Alimentos Marítimo.

Revisión del historial de las fallas. Se solicita al jefe de mantenimiento la data histórica de las fallas que tuvo la caldera en los seis últimos meses. Con el cual se determinará la criticidad de las fallas que se suscitan en la caldera, utilizando la matriz de criticidad. En un eje se representa la frecuencia de fallas y en el otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla. La criticidad se determina cuantitativamente del producto de la frecuencia de ocurrencia por el impacto o severidad.

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} * \text{Severidad}$$



Figura 15. Matriz de la Criticidad

Con la matriz de criticidad se establece la variación y problemáticas de las fallas que suceden en las partes de la caldera.

Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo.

En el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo, se hace uso del registro en el historial de fallas en la caldera, para poder establecer la ruta del mantenimiento de las partes del equipo. Para realizarse las tareas operativas, se hará uso de equipos como es la cámara Termográfica y el Vibrómetro, para ellos usaremos parámetros definidos por la Norma ANSI/NETA MTS2007 para la Cámara Termográfica y la ISO 10816 para el Análisis de Vibraciones.

Tabla 11. *Acciones sugeridas según aumento de temperatura para la Termografía*

Nivel	Temperatura	Calificación	Acción	Color
1	1 °C a 10 °C	Relevancia LEVE	Ver en el próximo mantenimiento	Verde
2	11 °C a 20 °C	Relevancia GRAVE	Darle seguimiento a la falla	Azul
3	21 °C a 40 °C	Relevancia CRITICA	Reparar tan pronto como sea posible	Naranja
4	> 40 °C	Relevancia MUY CRITICA	Reparar de inmediato	Rojo

Fuente: ANSI / NETA MTS – 07

Tabla 12. Cuadro de Severidad de las Vibraciones

VELOCIDAD SEVERIDAD		Límites del Rango de la velocidad y clase de maquinas			
mm/s	in/s	Máquina Pequeña Clase I	Máquina Mediana Clase II	Máquina Grande con fundación Rígida Clase III	Máquina Grande con fundación no rígida Clase IV
0.28	0.02				
0.45	0.03			Bueno	
0.71	0.04				
1.12	0.06				
1.8	0.1				
2.8	0.16			Satisfactoria	
4.5	0.25				
7.1	0.4			Insatisfactoria	
11.2	0.62				
18	1.0			Inaceptable	
28	1.56				
45	2.51				

Fuente: Norma ISO 10816 – 1

Características de las clases de máquinas y/o equipos

Se tiene definido cuatro clases siguientes:

Clase I: Las máquinas pueden estar separadas por un controlador y un controlador, o por unidades acopladas que comprenden operar maquinaria de hasta aproximadamente 15kw (aproximadamente 20 HP).

Clase II: Contiene Maquinaria motores eléctricos 15 KW (aproximadamente 20 HP) a 75 KW (100 HP).

Clase III: Conformado por las Máquinas de grandes motores primarios y otras máquinas con grandes conjuntos giratorios.

Clase IV: Incluye grandes motores primarios y otras maquinarias grandes con grandes ensambles giratorios.

En el siguiente Anexo 10, se detallan los costos e indicadores para visualizar si el mantenimiento preventivo desarrollado en el área de la caldera; el mismo que es adecuado para ser implementado en la empresa.

Anexo 10. Evaluación económica del Mantenimiento preventivo.

Para la sustentación económica del informe de investigación se desarrolló un análisis de los costos de la empresa, los cuales pueden variar con implementación del mantenimiento preventivo.

El análisis de los costos e indicadores, comprende:

- Costo anual aproximado en intervenciones que se ha venido dando.
- Costo anual del mantenimiento preventivo.
- Indicadores financieros.

a) Costo Anual Aproximado en Intervenciones (CAAI)

El costo anual aproximado en intervenciones estará dado por:

$$\text{CAAI} = \text{N}^\circ \text{ Activos} * \text{C. Med. Int.} * \text{Prom. Int.} / \text{Año}$$

Donde:

N° Activos = Número de maquinarias críticas

C. Med. Int. = Costo medio de intervenciones

Prom. Int. / Año = Promedio de intervenciones en cada activo por año

Promedio de intervenciones en el Activo por año fue de 5, mientras que el Costo de Intervenciones es equivalente a S/ 4000. En este Costo solo se incluyen los Gastos en reparación (Mano de Obra y Repuestos), es decir, que no son consideradas las pérdidas productivas generadas. Por otro lado, el número de activos tomados es 1.

$$\text{CAAI} = 1 \text{ activo} * \text{S/ } 4,000 / \text{Int.} * 5 \text{ Int.} / \text{Año} = \text{S/ } 20,000 \text{ Soles} / \text{Año}$$

El CAAI (Costo aproximado anual de intervenciones), en el equipo fue un total de S/ 20,000.00 / Año.

b) Costo Anual del Mantenimiento Preventivo (CAMP)

El costo anual aproximado en intervenciones estará dado por:

$$\mathbf{CAMP = C. Med. + C. Diag. + C. Eq. Med.}$$

Donde:

C. Med. = Costo de mediciones

C. Diag. = Costo del diagnóstico

C. Eq. Med. = Costo del equipo de medición

El Costo de los equipos de medición (C. Eq. Med.), son los siguientes:

- Cámara termográfica FLUKE Ti 32 = S/ 1,350.00
- Vibrómetro PCE – VT 204 = S/ 1,848.00

Luego el C. Eq. Med., es igual a S/ 3,198.00

b.1. Costo de medición (C. Med.). Está en función del costo de la mano de obra, el cual será dado por las personas externas al trabajo, que conocen sobre el manejo de los equipos de medición y de inspección visual.

$$\mathbf{C. Med. = (T. Med. / Maq.) * (C. MO. / Hrs) * (Insp. / Año) * N^{\circ} Activos}$$

T. Med. / Maq. = Tiempo de medición por Máquina (Hrs)

C. MO / Hrs = Costo de Mano de Obra de Toma de Datos por hora (s/. Hrs)

Insp. / Año = Inspección por Año

N° Activos = Número de Activos Críticos

Tiempo de medición por maquina:

T. Med. / Maq. = T. Med. Vib. Maq. + T. Med. Term. Maq. + T. Med. Vis. Maq.

Med. Vib. = Medición de Vibración

Med. Term. = Medición Termográfica

Med. Vis. = Medición Visual

Tabla 12. *Determinación de tiempos de medición por tipo en minutos y hora.*

Tiempo de medición	Tipo de medición	Minutos	Hora
Bomba aurora	Análisis de vibración	20	0.33
Tablero de control	Análisis termográfico	10	0.17
Válvulas de seguridad	Análisis visual	15	0.25
Válvula de purga	Análisis visual	15	0.25
Bomba compresora	Análisis de vibración	20	0.33
Bomba de petróleo	Análisis de vibración	20	0.33
Quemador	Análisis visual	15	0.25
Tubos	Análisis visual	30	0.50

Fuente: Elaboración propia

Tiempo de medición vibración de maquina por mes será igual a:

$$T. \text{ Med. Vib. Maq.} = (0.33 + 0.33 + 0.33)$$

$$T. \text{ Med. Vib. Maq.} = 1 \text{ Hrs} / \text{Maq.}$$

Tiempo de medición de Termografía por cada dos meses será igual a:

$$T. \text{ Med. Term. Maq.} = (0.17) \quad T. \text{ Med. Term. Maq.} = 0.17 \text{ Hrs} / \text{Maq.}$$

$$T. \text{ Med.} / \text{Mes} = 0.17 / 2 = 0.085 \text{ Hrs} / \text{Maq.}$$

Tiempo de medición visual por mes será igual a:

$$T. \text{ Med. Vis. Maq.} = (0.25 + 0.25 + 0.25 + 0.25)$$

$$T. \text{ Med. Vis. Maq.} = 1.25 \text{ Hrs} / \text{Maq.}$$

Por tanto, la medición de la caldera mensual será:

$$T. \text{ Med.} = 1 + 0.085 + 1.25 = 2.335 \text{ Hrs / Maq.}$$

La medición de la caldera se dará en 2.335 Hrs / Maq.

Costo mano de obra de la toma de datos por hora

Habiendo estudiado los valores de la hora hombre en el mercado local, se determinó el costo de mano de obra de toma de datos será igual a:

$$\text{Costo MO. / Hrs} = S/ 100$$

Inspecciones por Año (Insp. / Año)

Según el plan de mantenimiento para la empresa, las inspecciones se hacen al mes, por tanto, se debe realizar 12 veces por un año.

$$\text{Insp. / Año} = 12$$

Finalmente, el costo de medición al año por la caldera será de:

$$\mathbf{C. \text{ Med.} = (T. \text{ Med.} / \text{Maq.}) * (C. \text{ MO.} / \text{Hrs}) * (\text{Insp.} / \text{Año} * \text{N}^\circ \text{ Activos})}$$

$$C. \text{ Med.} = 2,335 \text{ Hrs / Maq.} * 100 \text{ Soles / Hrs} * 12 \text{ Insp. Año} * 1 \text{ Maq.}$$

$$C. \text{ Med.} = 2,802 \text{ Soles / Año (Costo de medición por año).}$$

b.2. Costo de Diagnóstico (C. Diag.). Se calcula con la siguiente fórmula, en función a los costos medio por activo y las inspecciones por año.

$$\mathbf{C. \text{ Diag.} = (C. \text{ Med.} / \text{N}^\circ \text{ Activos}) * (\text{Insp.} / \text{Año}) * \text{N}^\circ \text{ Activos}}$$

$$C. \text{ Med.} / \text{N}^\circ \text{ Activos} = \text{Costo de Medio de Diagnóstico por Activo.}$$

$$\text{Insp.} / \text{Año} = \text{Cantidad de Inspecciones por año.}$$

$$\text{N}^\circ \text{ Activos} = \text{N}^\circ \text{ Activos Críticos}$$

Este costo, según los valores vigentes en el mercado, será igual a:

$$\text{Costo MO. / Horas} = S/. 300$$

$$C. \text{ Diag.} = (300 \text{ Soles / Maq.}) * (12 \text{ Insp.} / \text{Año}) * 1 \text{ Maq.}$$

$$C. \text{ Diag.} = 3,600 \text{ Soles / Año (Costo de diagnóstico a realizar por año).}$$

Por lo tanto, el costo de mantenimiento preventivo será:

$$\text{CAMP} = \text{C. Med.} + \text{C. Diag.} + \text{C. Eq. Med.}$$

$$\text{CAMP} = 2,802 \text{ Soles / Año} + 3,600 \text{ Soles / Año} + 3,198 \text{ Soles}$$

$$\text{CAMP} = 9,600 \text{ Soles / Año (Costo de mantenimiento de preventivo anual).}$$

c) Indicadores financieros.

Ahorro anual. Es el resultado de la diferencia entre el Costo Anual Aproximado de Intervención actual (CAAI) y el Costo Anual Aproximado de Intervención Implementando Mantenimiento Preventivo (CAAIMP):

$$\text{Ahorro Anual} = \text{CAAI} - \text{CAAIMP}$$

Donde:

CAAI = Costo Anual Aproximado de Intervenciones

CAAIMP = Costo Anual Aproximado de Intervenciones con MP

$$\text{Ahorro anual} = 20,000 \text{ Soles / Año} - 9,600 \text{ Soles / Año}$$

$$\text{Ahorro anual} = 10,400 \text{ Soles / Año, con el mantenimiento preventivo.}$$

Variaciones de gasto de intervenciones (VGI). Este indicador pone en manifiesto el porcentaje obtenido de la variación del gasto en las intervenciones al utilizar Mantenimiento Preventivo.

$$\text{VGI} = \frac{\text{Ahorro Anual}}{\text{Costo Anual Aproximado de Intervenciones}} * 100$$

$$\text{VGI} = (9,600 \text{ Soles / Año}) / (20,000 \text{ Soles / Año}) * 100\%$$

$$\text{Variación de gastos intervención} = 48\%$$

Esto significa que el gasto anual en intervenciones al aplicar el mantenimiento preventivo disminuirá el 48% con respecto al gasto anual de intervenciones actuales, que se traduce en S/ 10,400 de incremento para beneficiar a la empresa.

