



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA DE MECÁNICA**

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA  
CALDERA PIROTUBULAR DE 100 BHP PARA EL HOSPITAL DE ATENCIÓN  
INTEGRAL DEL ADULTO MAYOR EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR**

Trabajo de Titulación previa a la obtención del  
Título de Ingeniero Mecánico

**AUTOR: JAVIER ALEXANDER CHISAGUANO PALACIOS**

**TUTOR: LEONIDAS ESTEBAN RAMÍREZ GANGOTENA**

Quito – Ecuador

2024

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Javier Alexander Chisaguano Palacios con documento de identificación N° 1752455434 manifesté que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 07 de marzo del año 2024

Atentamente,



---

Javier Alexander Chisaguano Palacios

1752455434

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Javier Alexander Chisaguano Palacios con documento de identificación No. 1752455434, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que yo el autor del Propuesta Tecnológica: “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de una caldera Piro tubular de 100 BHP para el Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor en la ciudad de Quito-Ecuador ”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hace la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 07 de marzo del año 2024

Atentamente,



---

Javier Alexander Chisaguano Palacios  
1752455434

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Leonidas Esteban Ramírez Gangotena con documento de identificación N° 1717176356, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA CALDERA PIROTUBULAR DE 100 BHP PARA EL HOSPITAL DE ATENCIÓN INTEGRAL DEL ADULTO MAYOR EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR, realizado por Javier Alexander Chisaguano Palacios con documento de identificación N° 1752455434, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Propuesta Tecnológica que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 07 de marzo del año 2024

Atentamente,



---

Ing. Leonidas Esteban Ramírez Gangotena M.Sc.

1717176356

## **DEDICATORIA**

El siguiente trabajo de titulación va dedicado a mi padre Víctor Hugo Chisaguano, cuyo amor y sacrificio han sido el faro que me guió en cada paso de este camino. Su legado es la fuerza que impulsa cada palabra de este trabajo.

A mi madre, Lourdes Palacios, cuyo amor incondicional y sabiduría han sido mi refugio y mi inspiración. Ella ha sido el artífice silencioso de cada logro, y a ella le debo cada sonrisa de éxito.

A mi hermano Elian, compañero de innumerables aventuras y desafíos. Su apoyo y aliento constante me han recordado el verdadero significado de la perseverancia y la fraternidad.

A mi hermana Ammy, cuya valentía y espíritu inquebrantable ante la adversidad han sido un constante recordatorio de que no existen límites para quienes se atreven a soñar.

A mis tías y primos, quienes han tejido una red de cariño y apoyo incondicional alrededor de mi vida, llenándola de alegría y momentos compartidos que son el verdadero tesoro de este viaje.

Y a MariAngela, mi novia, por ser la compañera, amiga y amor que ilumina mis días. Su fe inquebrantable en mí y nuestro futuro juntos es el cimiento sobre el cual construyo mis sueños.

Este trabajo es el fruto de un camino que he recorrido junto a cada uno de ustedes. Es una muestra de gratitud, un reconocimiento a su inquebrantable apoyo y amor. A todos, les dedico cada página, cada descubrimiento y cada logro que este trabajo representa.

*Javier Chisaguano*

## **AGRADECIMIENTO**

Antes de todo, quiero elevar mi más profundo agradecimiento a Dios, por haberme dado la fortaleza, sabiduría y paciencia necesarias para completar este camino. Mi gratitud se extiende al Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor, un lugar no solo de sanación, sino de aprendizaje y descubrimiento, donde tuve la oportunidad de realizar el estudio que constituye este trabajo de investigación. Agradezco a cada miembro del personal por su apoyo y por fomentar un ambiente de constante aprendizaje.

Un especial reconocimiento al Dr. Edy Quizhpe, director general del hospital por su liderazgo y compromiso con la excelencia son una inspiración constante.

A la Dra. Irene Gamboa, cuya colaboración fue fundamental para la realización de este trabajo en el hospital. Su disposición y asistencia han sido indispensables para la consecución de mis objetivos.

No puedo dejar de mencionar a los técnicos de mantenimiento del hospital Licenciado Juan Condor, Raúl Chacón y Carlos Pillajo, cuya ayuda y disposición para compartir su conocimiento y experiencia han sido fundamentales para el desarrollo práctico de mi investigación. Su dedicación y trabajo en el hospital son la base sobre la cual se construyen los éxitos diarios en el cuidado de los pacientes y en la operación eficiente del hospital.

A todos ustedes, mi más sincera gratitud. Este trabajo no solo es el fruto de mi esfuerzo, sino también el resultado de la colaboración, el apoyo y la inspiración que cada uno de ustedes ha proporcionado. Que este agradecimiento sea un reflejo del profundo aprecio que siento por su contribución a mi formación profesional y personal.

*Javier Chisaguano*

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
Problema.....	2
Justificación.....	2
Objetivos.....	3
Objetivo general .....	3
Objetivos específicos .....	3
Alcance .....	3
CAPÍTULO I.....	4
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	4
1.1 Evolución de la caldera.....	4
1.2 Calderas .....	6
1.2.1 Funcionamiento u operación de una caldera .....	6
1.3 Definición de conceptos básicos para comprender el funcionamiento de una caldera.....	6
1.3.1 Presión .....	6
1.3.2 Temperatura de un sistema.....	7
1.3.3 Energía térmica.....	7
1.3.4 Fluido.....	7
1.4 Tipos de calderos .....	8
1.5 Caldero pirotubular .....	10
1.5.1 Funcionamiento de un caldero pirotubular.....	10
1.5.2 Rendimiento y capacidad de una caldera pirotubular.....	12
1.5.3 Ventajas de una caldera pirotubular .....	12
1.6 Componentes fundamentales de un caldero pirotubular.....	13
1.6.1 Hogar .....	13
1.6.2 Tubos de caldera.....	14
1.6.3 Economizador.....	15
1.6.4 Quemador .....	15

1.6.5	Tanque de condensado.....	16
1.6.6	Ablandador de agua.....	17
1.6.7	Bomba de agua.....	17
1.6.8	Dosificadora de químicos.....	18
1.6.9	Sistema de control.....	19
1.7	Mantenimiento.....	19
1.7.1	Mantenimiento preventivo.....	20
1.7.2	Mantenimiento correctivo.....	21
1.7.3	Mantenimiento predictivo.....	21
1.7.4	Mantenimiento productivo total.....	22
CAPÍTULO II.....		23
ANÁLISIS SITUACIONAL DEL HOSPITAL.....		23
2.1	Diagnóstico situacional del Hospital.....	23
2.1.1	Historia.....	23
2.1.2	Estructura Institucional.....	24
2.2	Infraestructura del HAIAM.....	27
CAPÍTULO III.....		30
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....		30
3.1	Descripción técnica de equipos del HAIAM.....	30
3.2	Procedimiento idóneo para la operación de la caldera Pirotubular 100 HP.....	31
3.2.1	Arranque de la caldera.....	31
3.2.2	Apagado de la caldera.....	33
3.3	Diagnóstico de fallas.....	34
3.4	Esquema de fallas de la caldera.....	41
3.5	Análisis de fallos y efectos.....	42
3.5.1	Gravedad.....	42
3.5.2	Frecuencia.....	43
3.5.3	Detectabilidad.....	44
3.6	Índice de prioridad de riesgo (IPR).....	45
3.7	Propuesta de mantenimiento preventivo de la caldera Pirotubular 100 BHP.....	59
3.7.1	Mantenimiento preventivo diario.....	61
3.7.2	Mantenimiento preventivo semanal.....	63



3.7.3	Mantenimiento preventivo mensual .....	64
3.7.4	Mantenimiento preventivo semestral .....	67
3.7.5	Mantenimiento preventivo anual .....	69
3.8	Documentación para la creación de un plan de mantenimiento .....	78
3.8.1	Orden de trabajo .....	78
3.8.2	Hoja de vida y control de fallos.....	79
3.8.3	Ficha de Mantenimiento .....	79
3.8.4	Informe final de mantenimiento .....	79
CAPÍTULO IV .....		80
DETERMINACIÓN DEL PRESUPUESTO PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....		80
4.1	Definición del objeto del presupuesto. ....	80
4.2	Análisis de gastos para el servicio de mantenimiento preventivo .....	81
4.2.1	Determinación del presupuesto referencial para el plan de mantenimiento preventivo .....	84
CONCLUSIONES.....		86
RECOMENDACIONES .....		87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		89
ANEXOS .....		95

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Ficha Técnica Caldero York Shipley 100 BHP.....	31
<b>Tabla 2.</b> Control y operación del sistema de combustión.....	34
<b>Tabla 3.</b> Sistemas de alimentación de agua y gestión de fluidos.....	35
<b>Tabla 4.</b> Diagnóstico y solución de problemas en sistemas de encendido y operación.....	37
<b>Tabla 5.</b> Inspección y reparación de la estructura y componentes físicos de la caldera.....	38
<b>Tabla 6.</b> Sistema de Conexión de la bomba dosificadora de químicos .....	39
<b>Tabla 7.</b> Clasificación de la gravedad del modo fallo [56].....	42
<b>Tabla 8.</b> Categorización de la frecuencia de ocurrencia del modo de fallo [56]. .....	44
<b>Tabla 9.</b> Categorización de la detectabilidad del modo de fallo [56]. .....	45
<b>Tabla 10.</b> Formato de AMFE para el análisis de operación de caldero Piro tubular de 100 BHP en HAIAM [56].....	47
<b>Tabla 11.</b> Operaciones de mantenimiento diarias.....	61
<b>Tabla 12.</b> Operaciones de mantenimiento semanal. ....	63
<b>Tabla 13.</b> Operaciones de mantenimiento mensual. ....	64
<b>Tabla 14.</b> Operaciones de mantenimiento semestral. ....	68
<b>Tabla 15.</b> Operaciones de mantenimiento anual.....	69
<b>Tabla 16.</b> Costos de los procedimientos a realizarse en la caldera.....	81
<b>Tabla 17.</b> Costos de herramientas a utilizarse al momento de realizar un mantenimiento a la caldera. ....	82
<b>Tabla 18.</b> Presupuesto referencial de un PMP en la caldera.....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Marmita de vapor directo de E. Witheley, 1882 .....	5
<b>Figura 2.</b> Partes de una caldera de calefacción .....	6
<b>Figura 3.</b> Clasificación de tipos de calderas según su aplicación .....	9
<b>Figura 4.</b> Corte horizontal de una Caldera Pirotubular .....	11
<b>Figura 5.</b> Áreas totales de los diferentes pasos caldera Pirotubular de cuatro pasos .....	11
<b>Figura 6.</b> Ventajas de una caldera Pirotubular.....	13
<b>Figura 7.</b> Hogar de una caldera industrial. ....	14
<b>Figura 8.</b> Instalación de tubos para una caldera Pirotubular .....	14
<b>Figura 9.</b> Esquema de instalación de un economizador en una caldera . ....	15
<b>Figura 10.</b> Quemador para caldera industrial .....	16
<b>Figura 11.</b> Tanque de condensado en el HAIAM.....	16
<b>Figura 12.</b> Ablandador de agua del HAIAM.....	17
<b>Figura 13.</b> Bomba de agua en el HAIAM.. ....	18
<b>Figura 14.</b> Dosificadora de químicos en el HAIAM. ....	18
<b>Figura 15.</b> Diagrama de Control de Operación de una caldera. ....	19
<b>Figura 16.</b> Objetivos y Variedad en Calderas.....	20
<b>Figura 17.</b> Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor.....	24
<b>Figura 18.</b> Organigrama Institucional.....	25
<b>Figura 19.</b> Organigrama de los Servicios Generales en el HAIAM. ....	25
<b>Figura 20.</b> Organigrama del departamento de mantenimiento en el HAIAM.....	26
<b>Figura 21.</b> Distribución del Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor.....	28
<b>Figura 22.</b> Distribución de las líneas de vapor y agua caliente en el Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor. ....	29
<b>Figura 23.</b> Esquema de un sistema de quemador a gaseo.....	35
<b>Figura 24.</b> Esquema de un sistema del flujo de agua para la alimentación en una caldera Pirotubular [54] . ....	37
<b>Figura 25.</b> Marcha de encendido de una caldera Pirotubular .....	38
<b>Figura 26.</b> Componentes internos de los tubos de la caldera Pirotubular. ....	39

<b>Figura 27.</b> Dosificadora de químicos para una caldera Pirotubular. ....	40
<b>Figura 28.</b> Árbol de falla de los componentes principales de la caldera Pirotubular de 100 BHP.....	41
<b>Figura 29.</b> Matriz de riesgo .....	46
<b>Figura 43.</b> Diagrama de procesos del funcionamiento de la gestión de mantenimiento para la caldera de 100 BHP del HAIAM.....	60

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Plano General del HAIAM .....	95
<b>Anexo 2.</b> Plano General segunda planta del HAIAM. ....	96
<b>Anexo 3.</b> Plano general de lines de vapor y agua caliente en el HAIAM. ....	97
<b>Anexo 4.</b> Fichas Técnicas del Ablandador.....	98
<b>Anexo 5.</b> Fichas Técnicas de la bomba de agua.....	99
<b>Anexo 6.</b> Fichas Técnicas del Quemador.....	100
<b>Anexo 7.</b> Fichas Técnicas del tanque de condesado. ....	101
<b>Anexo 8.</b> Ficha técnica de la bomba dosificadora de químicos. ....	102
<b>Anexo 9.</b> Desperfectos internos de la caldera York Shirpley en el HAIAM. ....	103
<b>Anexo 10.</b> Desperfectos externos de la caldera York Shipley en el HAIAM. ....	104
<b>Anexo 11.</b> Ficha de mantenimiento preventivo diario. ....	105
<b>Anexo 12.</b> Ficha de mantenimiento preventivo semanal. ....	106
<b>Anexo 13.</b> Ficha de mantenimiento preventivo mensual. ....	107
<b>Anexo 14.</b> Ficha de mantenimiento preventivo semestral. ....	109
<b>Anexo 15.</b> Ficha de mantenimiento preventivo anual.....	110
<b>Anexo 16.</b> Tabla de la Ficha de orden de trabajo. ....	113
<b>Anexo 17.</b> Tabla de la Ficha Hoja de vida y control de fallos de los equipos de la caldera.....	114
<b>Anexo 18.</b> Tabla de la ficha técnica de mantenimiento. ....	115
<b>Anexo 19.</b> Tabla de informe final de mantenimiento.....	116

## RESUMEN

Con el presente trabajo de titulación se da a conocer un plan de mantenimiento preventivo (PMP) de una caldera Pirotubular de 100 BHP para el HAIAM (Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor) ubicado en la capital del Ecuador. Abordando de manera directa el análisis del estado actual de la caldera Pirotubular en (HAIAM), dando énfasis en el área de operación, mantenimiento; se logró detectar las múltiples fallas técnicas y estructurales que mantiene la misma, también se pudo observar la falta de un espacio idóneo para que la caldera sea segura al momento de su operación, estas respuestas se las obtuvo utilizando el análisis de mantenimiento de fallos y Efecto (AMFE) para evaluar la gravedad, frecuencia y detectabilidad de los fallos que presentó la caldera junto a un índice de prioridad de riesgo.

Por eso se propuso crear un plan de mantenimiento preventivo (PMP) detallado con su documentación correspondiente, como órdenes de trabajo, fichas de mantenimiento y tableros de control, para obtener un mejor rendimiento operacional de la máquina, correcto proceso de mantenimiento y un adecuado control del equipo, esto trae implicaciones de eficiencia en tiempo y recursos del hospital.

Finalmente se realizó un análisis del presupuesto referencial para el PMP, el cual presenta los detalles de las necesidades y requerimientos primordiales para ejecutar su plan de mantenimiento durante el año, este plan debe ser ingresado al sistema (SERCOP) y cumplir con todos procedimientos necesarios.

**Palabras claves:** Pirotubular, Transferencia de calor, PMP (Plan de Mantenimiento Preventivo), HAIAM (Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor).

## ABSTRACT

At the present degree work, a preventive maintenance plan (PMP) of a 100 BHP pyro-tubular boiler for the HAIAM (Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor) located in the capital of Ecuador is presented. By directly addressing the analysis of the current state of the pyro-tubular boiler at HAIAM, with emphasis on the area of operation and maintenance, it was possible to detect the multiple technical and structural failures that the boiler maintains, as well as the lack of a suitable space for the boiler to be safe during operation. These answers were obtained using the Failure and Effect Maintenance Analysis (FMEA) to assess the severity, frequency, and detectability of the failures that the boiler presented together with a risk priority index.

For this reason, it has been proposed the creation of a detailed preventive maintenance plan (PMP) with its respective documentation, such as work orders, maintenance sheets, and control boards, to obtain a better operational performance of the machine, correct maintenance process, and proper control of their equipment, this brings with it implications of efficiency in time and resources of the hospital.

Finally, a referential budget analysis was performed for the PMP, which presents the details of the needs and primary requirements for executing its maintenance plan during the year; this plan must be entered into the system (SERCOP) and comply with all necessary procedures.

**Key words:** Pyrotubular, Heat Transfer, PMP (Preventive Maintenance Plan), HAIAM (Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor).

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes**

Siendo el corazón de muchas industrias, las calderas se alzan como pilares esenciales cuando se trata de la producción de agua caliente o vapor a altas presiones a través de la transformación de calor a energía mediante el uso de un combustible usualmente se utiliza gas, electricidad o combustibles sólidos.

Estos dispositivos son cruciales desde la generación de calefacción industrial y la cocción de alimentos hasta la esterilización de equipo médico en hospitales, pero su función confiable y eficiente no es clara, ya que el desgaste y las fallas pueden comprometer su rendimiento y seguridad por ello el mantenimiento adecuado se hace imprescindible, como cualquier otro aparato mecánico o electrónico, las calderas requieren atención regular para operar y evitar posibles problemas inesperados.

Ya en esta sección, se reconoce la relevancia del mantenimiento de las calderas, sino que también se asegura el tener las máquinas en óptimas condiciones es de vital valor. La integridad de las calderas garantiza un flujo continuo de vapor y refleja una unidad de condiciones técnicas que aseguran un buen lugar de trabajo para los operarios al poner a funcionar las máquinas. Un mantenimiento inadecuado o insuficiente puede llevar a problemas que van desde la pérdida de eficiencia y la interrupción de la producción hasta situaciones potencialmente peligrosas.

En este contexto, este estudio se sumerge en el funcionamiento de las calderas y destaca la importancia de un mantenimiento adecuado y oportuno. Explicará los componentes fundamentales que componen esta máquina ingenieril, los diferentes tipos de calderas y sus ventajas, se profundizará en las prácticas esenciales de mantenimiento. Además, se considerará cómo el mantenimiento efectivo de las calderas no solo garantiza la continuidad de operaciones, sino que también contribuye a la eficiencia energética y la seguridad laboral. Con estas bases sólidas, se avanzará hacia una comprensión integral de la función vital de las calderas y la necesidad de su cuidado constante.



## **Problema**

La máquina generadora de vapor ayuda en diversos procesos en la parte industrial y en el área doméstica. Sin embargo, al cumplirse su periodo útil, suelen ser retiradas y sustituidas por nuevos equipos, lo cual implica un elevado costo para las empresas. Una alternativa es mantener este tipo de máquina generadora de vapor, y así reducir significativamente los costos de reemplazo completo [1].

Hoy en la actualidad en la industria una máquina generadora de vapor puede ser de mucha utilidad tanto en la parte alimenticia, salud, farmacéutica, hogar, entre otros [2]. En la estación de salud, zonal 9, del Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor, se presenta la necesidad de la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo en una Caldera Pirotubular de 100 BHP ya que presenta fallas constantes en su operación, debido a que no hay una buena gestión de mantenimiento, después de uso, esto trae consigo el desabastecimiento de agua caliente y vapor para las áreas de lavandería, cocina y unidades de cuidados intensivos, las cuales son de importancia para garantizar el bienestar de los pacientes, tampoco se puede dejar de lado que al tener una máquina defectuosa existe mayor nivel de riesgo para sus operadores, entorno en el cual se encuentra la caldera sin olvidar los altos costos y consumo que este genera.

## **Justificación**

El siguiente trabajo tiene como finalidad presentar un plan de mantenimiento preventivo adecuado para una caldera de 100 BHP que facilitará la optimización de los procesos de tecnificación, manteniendo así una prolongada la vida útil, ahorrando costos a largo plazo y garantizando la eficiencia y fiabilidad de esta, lo que permite reducir consumo de energía y también evitar el riesgo de fallas inesperadas para el éxito continuo en sus operaciones.

Los problemas más comunes que presentan las calderas sin un mantenimiento regular se encuentran la acumulación de sedimentos y residuos en su interior que obstruyen el flujo y transferencia de calor, fugas en válvulas y conexiones, corrosión y desgaste de componentes, exceso de hollines por una combustión incompleta, entre otros.

Si estos problemas no son detectados y solucionados a tiempo mediante tareas preventivas, pueden llevar al mal funcionamiento de la caldera e incluso a su avería total. Esto conlleva a tener consecuencias muy graves como interrupción del suministro de agua caliente o vapor, exposición a escapes de gas y humo tóxico, riesgo de explosiones e incendios, parada de procesos industriales, entre otros impactos.

Por estos motivos, es necesario e imprescindible realizar un PMP en la caldera del HAIAM permitiendo detectar y corregir problemas a tiempo, mejorando la eficiencia y rendimiento, optimizando la máquina fuera de serie, garantizando el funcionamiento seguro y confiable, para prevenir fallas, accidentes y altos costos de reparación.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Elaborar de un plan de mantenimiento preventivo de una caldera Piro-tubular de 100 BHP para el Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor en la ciudad de Quito-Ecuador.

### ***Objetivos específicos***

- Conocer la situación actual de las necesidades del Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor con respecto al uso de la caldera.
- Realizar un plan de mantenimiento preventivo en una caldera Piro-tubular de 100 BHP.
- Ejecutar una evaluación económica del mantenimiento preventivo para la caldera.

## **Alcance**

Se abordará una propuesta de mantenimiento preventivo para una caldera de 100 BHP en el área de máquinas del Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor, en el sector de San Carlos en Av. Ángel Ludeña y Pedro de Alvarado, al noroeste de Quito.

# CAPÍTULO I

## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

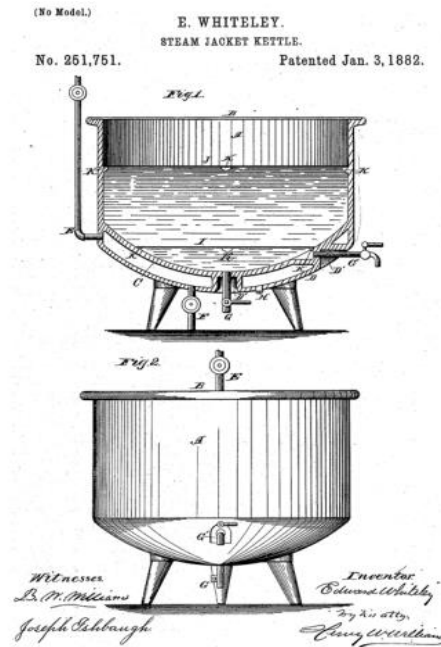
En este capítulo se abordarán conceptos y definiciones fundamentales, centrándonos en los componentes más comunes de la caldera. Además, se llevará a cabo una exploración de los diversos tipos de calderas con respecto a sus diferentes funcionamientos.

### 1.1 Evolución de la caldera

La historia de la invención de las calderas no mantiene un origen claro pero sus primeras intervenciones de su creación suceden en la época industrial. Más, sin embargo, el hombre ha intentado aprovechar la fuerza del vapor, por tanto, a lo largo de la historia podemos citar a varios inventores que intervinieron en la creación de este como James Watt el ingeniero mecánico escocés quien realizó mejoras en el diseño, separando el condensador de la caldera evitando así una pérdida masiva de energía con esto consiguió un cambio radical en la potencia, eficiencia y rentabilidad de la creación hoy llamada caldera [3].

Con antecedentes anteriores a Watt, el francés, Denis Papin era un físico había diseñado un artefacto el cual era capaz de acopiar un fluido (agua) llevarlo a su punto de cambio de fase a través de una transferencia de calor, a esta máquina lo llamaron “Marmita” siendo un recipiente cilíndrico con la capacidad de tener un sistema de agitación de la preparación, calentamiento y un sistema de giro [4], véase en la Figura 1, fue presentada por primera vez en 1881 en Estados Unidos por Edward Witheley, este diseño presentado almacenada 150 litros de agua y también poseía una válvula que regula la presión del vapor en el agua.

A partir de esto, en el siglo XX, emergen variaciones e innovaciones en sus métodos de calentamiento, estilo, algunas facilidades de manejo y surgirían calderas en varios modelos.



**Figura 1.** Marmita de vapor directo de E. Witheley, 1882 [5]

Se registra que, en plena Revolución Industrial en Gran Bretaña, comenzó el uso del vapor para accionar la maquinaria de mayor tamaño en las nuevas fábricas. Además, facilitó el transporte de materias primas esenciales, la exportación de mercancías a escala mundial mediante ferrocarriles y barcos equipados con generadores de vapor. Este avance acabó influyendo en el sistema de transporte humano, en la calefacción y refrigeración de las casas urbanas.

Al paso del tiempo se puede comprender que durante, la época de la revolución, la tendencia fue que algunos edificios construidos durante la primera mitad instalaron calderas de carbón que, en algunos casos, siguen funcionando hoy en día. Estas calderas calentaban el agua, que luego se enviaba por tuberías a los radiadores de carbón en funcionamiento. Una característica distintiva del agua era que se congelaba a medida que se alejaba de la caldera, lo que obligaba a calentarse a temperaturas más elevadas. Esto provocaba que los residentes de los pisos inferiores experimentaran temperaturas demasiado altas para permitir que los residentes de los pisos superiores tuvieran aire acondicionado en sus residencias. En su generalidad de los métodos comunitarios de calefacción que utilizan circuitos de agua, este problema sigue existiendo hoy en día [3].

## 1.2 Calderas

Una caldera es una máquina creada para transferir calor a un fluido mientras funciona a altas presiones y temperaturas. En este dispositivo se transfiere la energía térmica a un fluido en su estado líquido, conocido como fluido caloportador, que se utiliza para distintos fines [6].

### 1.2.1 Funcionamiento u operación de una caldera

El principal factor operativo de una caldera es la presencia de gases calientes resultantes de la combustión. El combustible se enciende dentro de la cámara de combustión, donde el calor se transmite por radiación. Después, los gases circulan a través de una serie de tubos que forman el haz tubular de la caldera, como se muestra en la Figura 2.

Aquí, el intercambio de calor se produce por conducción y convección, ya que estos gases absorben la energía generada por la llama. Las calderas presentan puertas, delantera y trasera, que son esenciales para mantener la estanqueidad necesaria para contener los gases de combustión calientes. Una vez finalizado el proceso de intercambio térmico, los gases de escape se expulsan al exterior a través de la chimenea.

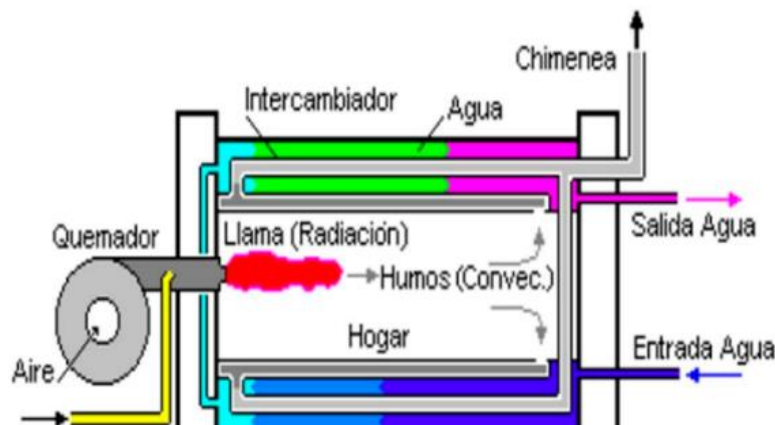


Figura 2. Partes de una caldera de calefacción [7].

## 1.3 Definición de conceptos básicos para comprender el funcionamiento de una caldera

### 1.3.1 Presión

En Mecánica de Fluidos de Rober Mott [8], describe a la presión como un valor escalar que se calcula al dividir la magnitud de una fuerza aplicada de manera perpendicular a una

superficie por el área de esa superficie. En otras palabras, es la fuerza ejercida sobre un área. En el siglo XVIII, Blaise Pascal detalló un principio fundamental acerca de la presión,

“El aumento en la presión sobre la superficie de un líquido confinado es transmitido sin disminución a través del recipiente o del sistema que lo contiene” [9].

### ***1.3.2 Temperatura de un sistema***

En el ámbito de la termodinámica, la temperatura de un sistema es el cual se entiende como un estado macroscópico que posee una propiedad medible que refleja la energía interna de una entidad física, ya sea un objeto individual o un sistema más amplio. Dicho de forma más sencilla, la temperatura se caracteriza por ser una métrica para evaluar la energía cinética media que exhiben las moléculas constituyentes que componen esa entidad [10].

### ***1.3.3 Energía térmica***

La energía térmica es el movimiento de las partículas de un material de forma interna y aleatoria, análoga a la energía cinética. Esta energía puede variar, aumentar o disminuir, por el intercambio de energía, normalmente en forma de calor o trabajo [11]. La temperatura del sistema y su potencial para realizar trabajo dependen de su energía térmica, esto se debe al hecho de que, la energía térmica puede convertirse, transmitirse o conservarse hasta un cierto límite.

### ***1.3.4 Fluido***

Se define a un fluido como una sustancia de una limitada cohesión intermolecular carente de forma propia y adaptable a su recipiente que lo conforma [12]. Para comprender mejor esta definición es importante conocer su clasificación en líquido como gases.

A continuación, se describe su clasificación

**1.3.4.1 Fluido en líquido.** Le aplican fuerzas intermoleculares que lo mantienen unido, ocupando un volumen parcial definido y adaptable a su recipiente [13].

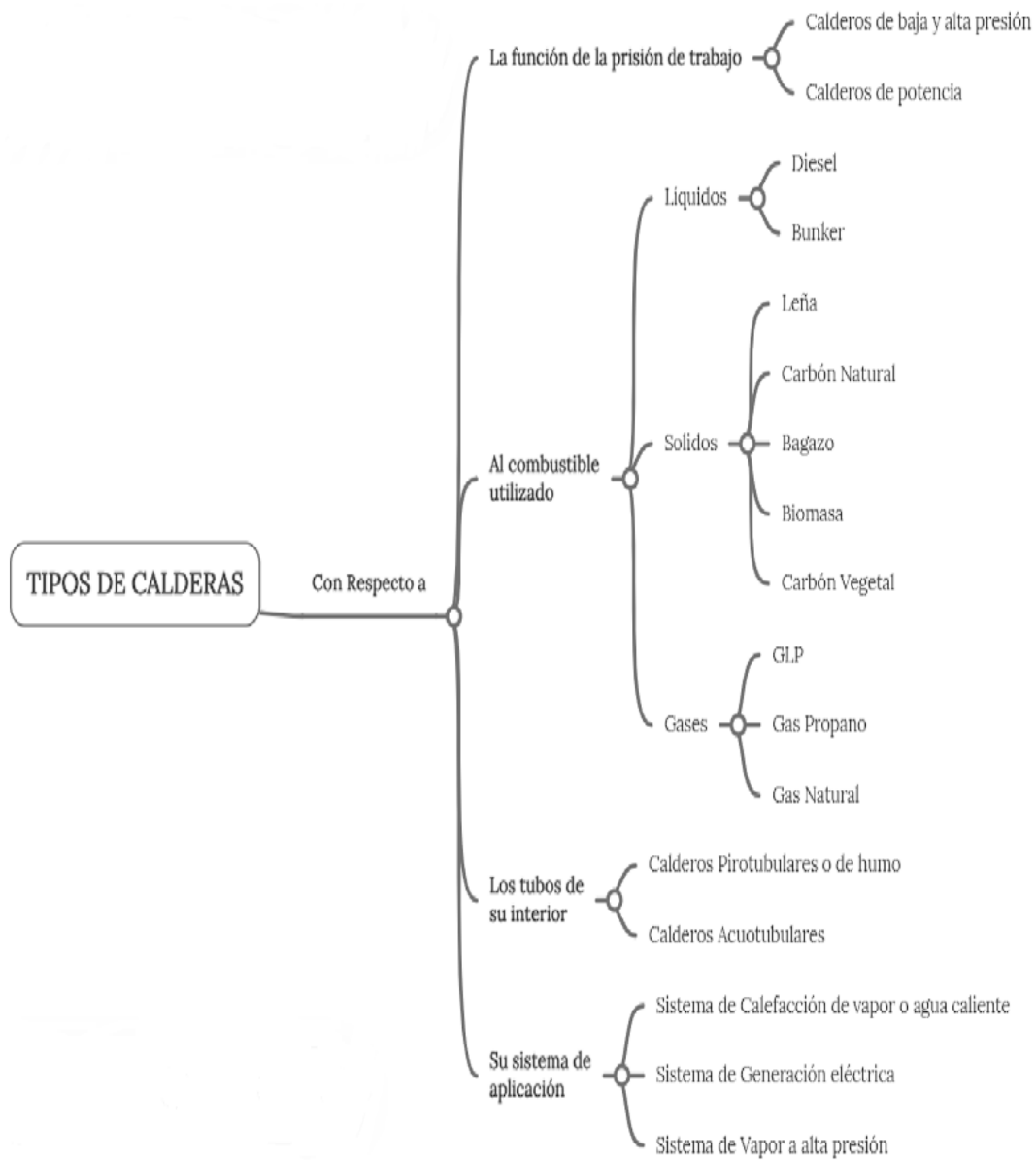
**1.3.4.2 Fluido en gases.** Sus partículas se encuentran en constante movimiento, chocando una con otras tratando de separarse, esto implica que no tiene forma y ni un volumen definido [13].

**1.3.4.3 Fluido caloportador.** Según Son aquellos fluidos que permite el transporte directo de energía, como lo es el agua más un anticongelante, utilizado en su mayoría en radiadores o redes subterráneas [14].

## **1.4 Tipos de calderos**

Existen diferentes tipos de calderas en el mercado que varían en tamaño y funcionamiento, se crean para uso comercial y son fabricadas para funcionar a temperaturas y presiones relativamente bajas. Por otro lado, existen las fabricaciones industriales con alta entropía que se utilizan en la generación de electricidad basada en turbinas, así como en otros procesos industriales que necesitan grandes volúmenes de vapor a temperaturas y presiones extremadamente altas [15].

En la siguiente Figura 3, se muestra una categorización de los diferentes tipos de calderas, se encuentran distribuidos siendo los más comunes en el mercado:



**Figura 3.** Clasificación de tipos de calderas según su aplicación [16].

Dado que los ámbitos de aplicación de las calderas son muy diversos como son en la industria, la de presión de vapor, clasificación de combustible, entre otros; son utilizadas para la elaboración de agua caliente o a su vez vapor.

Las aplicaciones para estos procesos industriales son monopolizadas en la industria textil y afines como el procesado de alimentos, producción de papel, procesamiento químico,



petroquímica y refino. También en establecimientos como hospitales, escuelas, universidades y edificios gubernamentales para suministrar vapor, agua caliente y/o electricidad [17].

Por ello las calderas son flexibles en cuanto a su capacidad de producir vapor y suelen diseñarse teniendo en cuenta las limitaciones de espacio de la planta por lo tanto se clasifican en caldera pirotubulares y caldera acuotubulares.

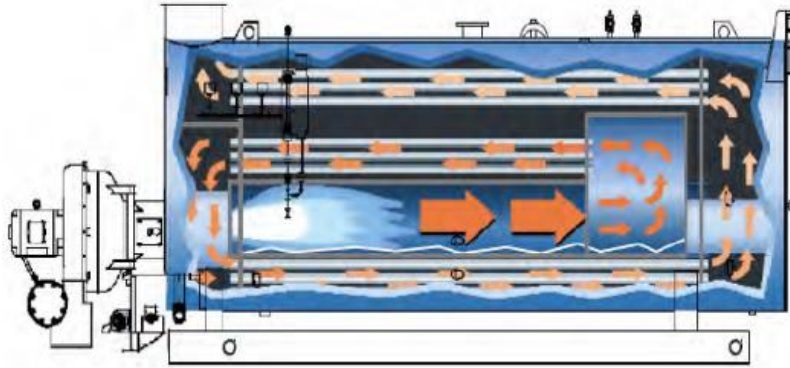
Para el estudio de esta tesis se tomará en consideración la caldera de forma Pirotubular de 100 BHP en el Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor en Quito-Ecuador.

## **1.5 Caldero pirotubular**

También conocido como Igneotubulares, este dispositivo de caldera está diseñado comúnmente para proporcionar calefacción o un proceso de vapor aplicado en las zonas industriales y comerciales. Según la Asociación Americana de Fabricantes de Calderas o por sus siglas en inglés ABMA, realizó una encuesta sobre las ventas de generadores de vapor o bien conocidas como calderas pirotubulares de alta presión entre 1978 y 1994, descubriendo que más del 85 % de las ventas eran adquiridas por industrias [18].

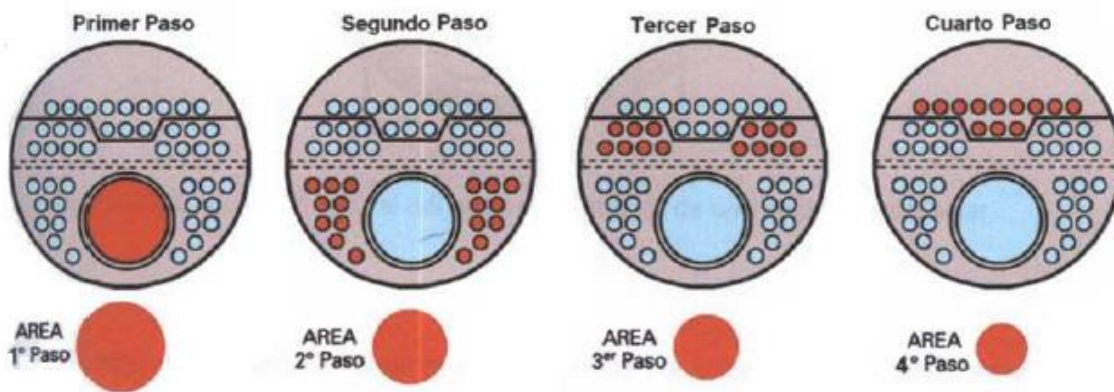
### ***1.5.1 Funcionamiento de un caldero pirotubular***

En una caldera pirotubular, consta de largos tubos rectos ubicados al interior de un armazón lleno de agua, donde los gases calientes de la combustión fluyen a través de tubos estrechos y largos rodeados de agua, donde, cuando la máquina está en funcionamiento, el calor se traslada al agua traspasando las paredes de los tubos, como se puede visualizar en la Figura 4, dando como resultado la transferencia de energía al fluido obteniendo el calentamiento del agua, luego cambiado su fase paso a paso hasta finalmente llegar a su transformación de fase de líquido a vapor [19].



**Figura 4.** Corte horizontal de una Caldera Pirotubular [20].

Las calderas pirotubulares se categorizan según el número de "pasos", lo que se refiere a la cantidad de veces que los gases calientes de combustión recorren las superficies de intercambio térmico de la caldera. cómo se puede apreciar en la Figura 5, actualmente en estas unidades su capacidad máxima es condicionada a 25 000 lb de vapor por hora es decir 750 BHP con una operación de presión a 250 psi, ya que se debe a los factores relacionados con los costos basados en resistencia y material [21].



**Figura 5.** Áreas totales de los diferentes pasos caldera Pirotubular de cuatro pasos [22].

El departamento de Energía de los Estados Unidos [23], menciona que una caldera de dos pasos ofrece dos oportunidades para que los gases calientes transmiten calor al agua de la caldera, estos gases calientes de combustión ingresan a los tubos en un estado de flujo turbulento, aunque tras avanzar algunos metros, el flujo se torna laminar y se desarrolla una

capa límite de gas más fresco a lo largo de las paredes internas de los tubos. Dicha capa actúa como barrera, disminuyendo la velocidad de transferencia de calor.

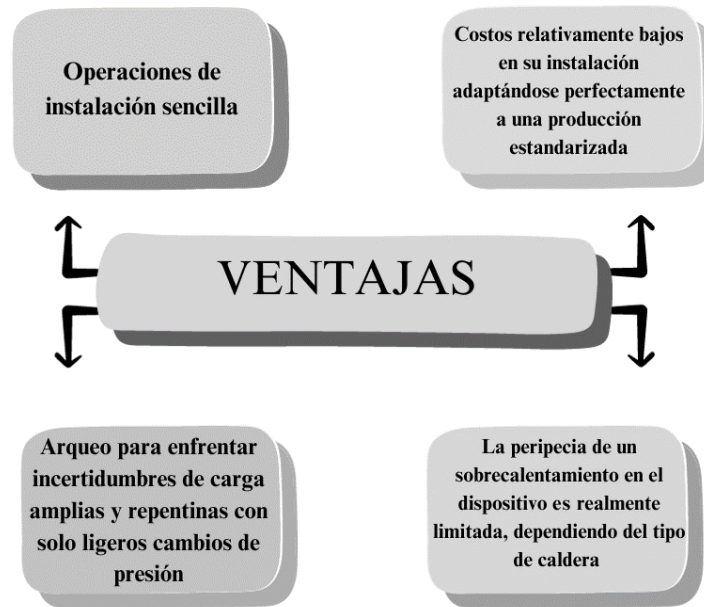
### ***1.5.2 Rendimiento y capacidad de una caldera pirotubular***

Para una caldera Pirotubular de acuerdo con sus unidades de medida estandarizadas se expresa en Caballos de Fuerza de caldera o en sus siglas en inglés BHP, siendo así que  $1 \text{ BHP} = 34\,475 \text{ Btu}$  [24].

Rodríguez [16], señala que en una caldera Pirotubular moderna, la capacidad en BHP corresponde aproximadamente a un quinto del área total de transferencia de calor emitido. Así, para una caldera de 100 BHP, su superficie de calentamiento sería alrededor de 500 pies cuadrados. Sin embargo, la energía liberada también puede ser expresada en unidades de flujo de calor o presión.

### ***1.5.3 Ventajas de una caldera pirotubular***

Las calderas son fundamentales en aplicaciones industriales y comerciales, proporcionando una fuente confiable de vapor para diversos procesos. En este contexto, las calderas intermedias como una de 100 BHP ofrecen ventajas notables, para más detalle se ilustra en la Figura 6, que las convierten en una opción popular para muchas empresas [19], [25].



**Figura 6.** Ventajas de una caldera Piro tubular.

## 1.6 Componentes fundamentales de un caldero piro tubular

Un equipo de generador de vapor está compuesto por partes fundamentales, cada componente juega un papel crítico al momento de operar para dar seguridad y eficiencia a la caldera para diversas aplicaciones industriales.

A continuación, se enlistan los componentes fundamentales de una caldera: el hogar de combustión, tubos, economizadores, sistema de control, válvulas de seguridad, quemador, método de alimentación de agua, chimenea y el panel de control.

### 1.6.1 Hogar

Es una cámara diseñada especialmente para el proceso de combustión (la quema de combustible) como se puede observar en la Figura 7, E. Paredes [26], indica que dentro de la cámara ocurre una mezcla entre el combustible y el carburante, resultando en la libertad de cantidad de energía en forma de calor (llama) controlada que puede llegar a alcanzar los 1800 °C que luego se transfiere a través de los tubos interiores al agua, generando el vapor.



**Figura 7.** Hogar de una caldera industrial [18].

### **1.6.2 Tubos de caldera**

Cahuasqui y Monta [27], manifiestan que es el componente de mayor importancia con respecto a la caldera, esto es atribuible al hecho de que en este lugar ocurre el intercambio térmico mediante convección y conducción entre los gases de combustión y el agua. Por esta razón, los tubos están fabricados de acero al carbono sin costura, comúnmente de cédula 40 y 60, la cual cuentan con certificación de calidad bajo las normativas ASTM A 192 [28], o ASTM A 198 [29], para una buena presión, resistencia a la corrosión y temperatura, véase en la Figura 8. Está situado con una electrosoldadura E7018 en el banco de tubos paralelos con respecto a la carcasa o coraza.



**Figura 8.** Instalación de tubos para una caldera Piro-tubular [30].

### 1.6.3 Economizador

Es un dispositivo de recuperación de calor que aprovecha el calor perdido en los gases de escape, como dice Rosa [26]. En la Figura 9, se presenta el siguiente esquema, se usan para precalentamiento del fluido de alimentación de la caldera, esto ayuda a reducir la energía adicional necesaria para calentar el fluido optimizando el combustible de arranque hasta el punto de calentamiento del fluido dentro de la caldera.

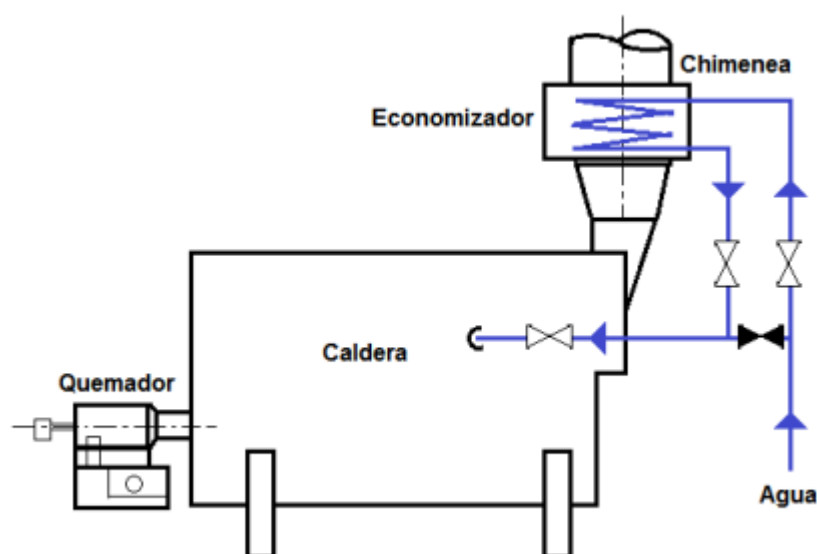


Figura 9. Esquema de instalación de un economizador en una caldera [31].

### 1.6.4 Quemador

Es un elemento de preparación y suministro de la mezcla íntima del aire con el combustible proporcionando energía para su activación [32], es un componente que busca estimular el calcinamiento dependiendo de la combustión y el carburante se compone por numerosas partes como son abastecimiento de aire, utilización de combustible y encendido del quemador. Véase una visualización en la Figura 10.



**Figura 10.** Quemador para caldera industrial [33].

### ***1.6.5 Tanque de condensado***

Es un componente de recuperación de condensados, es decir, recolecta el vapor de agua que se ha enfriado y vuelto al estado líquido que regresa de los procesos de vapor anteriores siendo un depósito temporal [34]. Véase en la Figura 11.

Esto ayuda a la reducción de pérdida de agua y energía de la caldera, así como moderar la temperatura y presión del condensado preparándolo para ser bombeado de regreso a la caldera o a su vez al sistema de tratamiento de agua.



**Figura 11.** Tanque de condensado en el HAIAM.  
**Fuente.** Elaboración Propia.



### ***1.6.6 Ablandador de agua***

Es un dispositivo utilizado en un sistema de tratamiento de agua, su propósito es eliminar los minerales que causa la dureza del agua como son el calcio y magnesio el cual da formación de incrustaciones en los tubos y provoca la reducción de eficiencia térmica en la caldera [35]. Véase en la Figura 12.



**Figura 12.** Ablandador de agua del HAIAM.

**Fuente.** Elaboración Propia.

### ***1.6.7 Bomba de agua***

Es un dispositivo eléctrico empleado para trasladar agua desde un nivel inferior a otro superior, mediante la conversión de energía mecánica en energía hidráulica. Hay diversas variantes de estos motores, adaptadas a variados propósitos como lo son en las calderas, en contextos domésticos como industriales, sistemas de riego, suministro de agua potable, y en el manejo de aguas residuales [36]. Véase en la Figura 13.





**Figura 13.** Bomba de agua en el HAIAM.

**Fuente.** Elaboración Propia.

### **1.6.8 Dosificadora de químicos**

Está diseñado para inyectar sustancias químicas en un flujo de agua o en otro medio a una tasa precisa y controlada. Este equipo es esencial en varios procesos industriales, especialmente en el tratamiento de agua y en operaciones que requieren la mezcla precisa de químicos, como en sistemas de calderas, plantas de tratamiento de agua y procesos industriales diversos [37]. Véase en la Figura 14.



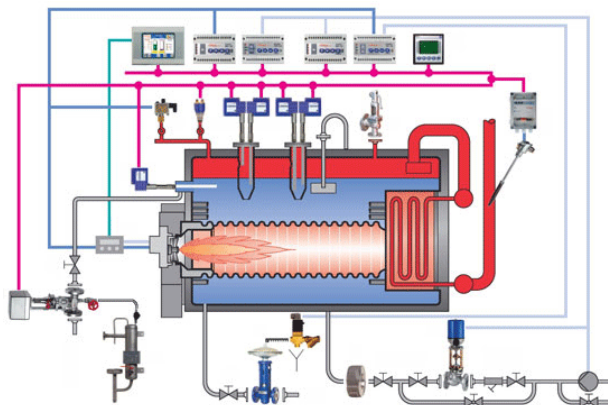
**Figura 14.** Dosificadora de químicos en el HAIAM.

**Fuente.** Elaboración Propia.

### 1.6.9 Sistema de control

Se refiere al conjunto de componentes, como se muestra en la Figura 15, que mantienen los parámetros en niveles seguros y óptimos, para proteger contra situaciones de emergencia como el sobrecalentamiento, sobrepresión, fallos de las válvulas de seguridad, entre otros.

Vásquez [15] en su investigación menciona algunos componentes pertenecientes a los sistemas de control: controladores eléctricos, sensores y actuadores donde se puede disponer la temperatura del agua, la presión del vapor, el flujo de aire y combustible, entre otros.



**Figura 15.** Diagrama de Control de Operación de una caldera [38].

## 1.7 Mantenimiento

Al principio, la humanidad a finales del siglo XVII, recurrían a la elaboración de sus productos de forma artesanal, dándole poca importancia a las máquinas. En 1880, se consideró que el trabajo humano incurre en un 90 % en el desarrollo de un producto y solamente el 10 % era de la máquina. Por tanto, el mantenimiento que se realizaba entonces solo era cuando la máquina presentaba fallos y paros repentinos para continuar funcionando lo mejor posible [39].

Al pasar en tiempo la forma de producción fue aumentando la cual la zona industrial también y esto dio paso a una evolución de exigencias a tamaños, variedad y calidad del producto.

Con esto, las empresas en todo el mundo están obligadas a cumplir con varios estándares de calidad y regirse a las normas planteadas en dichas entidades, una de ellas es la Norma ISO 900 [40], que plantea que la mejora de los bienes y servicios en su calidad haciéndolos de una manera más eficiente. Por ello las empresas deben cumplir con un plan de mantenimiento para sus maquinarias permitiendo así un uso prolongado del mismo.

Cada industria tiene sus propias necesidades cuando hablamos de mantenimiento, por lo tanto, se debe efectuar un tipo determinado de mantenimiento.

A partir de esto existen varios tipos de mantenimiento, siendo los más manejados en el uso de maquinaria: mantenimiento preventivo, correctivo, mantenimiento predictivo y, finalmente, el productivo total.

### 1.7.1 *Mantenimiento preventivo*

Mantenimiento preventivo es una serie de tareas planificadas y metódicas que se realizan periódicamente para evitar fallos o averías en los equipos y preservar su funcionamiento óptimo. Las calderas requieren un mantenimiento preventivo para funcionar de forma segura y eficaz, y para que el equipo dure más tiempo [41]. En la Figura 16, se observa los puntos a tratar con respecto a este tipo de mantenimiento.

Como ventajas de este tipo de mantenimiento preventivo, se puede confiar en las siguientes operaciones, dando seguridad en su funcionamiento, una reducción en los tiempos muertos, mayor duración en los elementos de la caldera y, finalmente, menor coste de reparación [42].



**Figura 16.** Objetivos y Variedad en Calderas.

### ***1.7.2 Mantenimiento correctivo***

Después de que una caldera funcione mal o se averíe, el mantenimiento correctivo hace alusión a los métodos de reparación implementados. El mantenimiento correctivo, en contraste con el preventivo, se realiza en respuesta a un problema presente.

Según, Aguiar [43] indica que el mantenimiento correctivo es una sucesión de procedimientos para volver a poner en funcionamiento una caldera tras una avería.

Este mantenimiento es necesario para que la caldera funcione, también puede consultar las sugerencias del fabricante para un mejor control del equipo, dado que las inspecciones del personal de operación pueden anticipar y detectar cualquier irregularidad, al igual que el registro histórico de mantenimientos.

Según las instrucciones del fabricante, es necesario cambiar algunos equipos complementarios de la caldera, ya que son consejos del fabricante [44].

### ***1.7.3 Mantenimiento predictivo***

El mantenimiento predictivo corresponde a una modalidad de mantenimiento que vincula una variable física al deterioro o condición del equipo [45]. Este enfoque se fundamenta en la medición y monitoreo de los parámetros y condiciones operativas de una maquinaria o sistema. Para ello, se definen y supervisan umbrales de prealerta y acción para cada uno de los parámetros que requieren medición y seguimiento.

Este tipo de mantenimiento se plantea desde el diseño de una máquina o edificio, teniendo en cuenta factores de uso, ciclos de funcionamiento y materiales de fabricación para estimar la vida útil, prediciendo tipos de averías a lo largo del tiempo [46].

Una caldera es un importante dispositivo en la hora de producción y operación al generar vapor, aún más en el área de hospitalización, por su alta eficiencia térmica, capacidad de respuesta rápida y diseño sencillo.

#### ***1.7.4 Mantenimiento productivo total***

Este tipo de mantenimiento surge al elaborar el mantenimiento preventivo en los años 50 para prevenir fallas, extendiendo la vida útil de maquinarias y equipos. Con un enfoque más avanzado, en los años 60 se impulsa el mantenimiento proactivo, poniendo énfasis en la predicción y prevención de averías a través de disciplinas como la ingeniería de confiabilidad y mantenibilidad. Y finalmente en 1970, siendo Japón los pioneros, desarrollan el Mantenimiento Productivo Total o TPM [47].

Esta innovadora filosofía integró el respeto por las personas, la participación total de los trabajadores y un enfoque sistémico que aprovecha conocimientos de administración, comportamiento, ingeniería de software, tecnología, logística y ecología, logrando así llevar el mantenimiento a un rol estratégico clave para la productividad [48].

## CAPÍTULO II

### ANÁLISIS SITUACIONAL DEL HOSPITAL

A continuación, se presenta un análisis situacional del hospital para comprender su dinámica actual en su funcionamiento enfocado a la operación de la caldera. Se exponen varios organigramas, planos y Fichas técnicas, ilustrando de manera clara la estructura de la institución y sus implementos.

En este segmento se da una base sólida para entender cómo cada componente jerárquico y equipo interactúa y contribuye al funcionamiento global del hospital, estableciendo un marco para futuras recomendaciones y mejoras en el tiempo.

#### **2.1 Diagnóstico situacional del Hospital**

El HOSPITAL DE ATENCIÓN DEL ADULTO MAYOR, es una casa de salud situada en la provincia de Pichincha, Ecuador, ubicada en el sector de San Carlos en Av. Ángel Ludeña y Pedro de Alvarado, al noroccidente de la ciudad de Quito.

El Hospital está enfocado en brindar atención médica especializada y de alta eficacia a la población adulta mayor en el área de Geriátrica. Este centro de salud se dedica a abordar las necesidades médicas y de bienestar de las personas de edad avanzada, ofreciendo servicios que van desde la prevención y el diagnóstico hasta el tratamiento de enfermedades crónicas y el apoyo en la promoción de un envejecimiento saludable. Además, el hospital trabaja en estrecha asistencia con otros expertos de la salud y ofrece programas de rehabilitación y cuidado a largo plazo para garantizar la calidad de vida y la comodidad de sus pacientes de la tercera edad [49].

##### **2.1.1 Historia**

El Hospital Geriátrico abre sus puertas en el año de 1972 como casa de salud y también como manicomio llamado San Lázaro, sin embargo, esta situación duraría poco ya que dos años después se consideró necesario independizarlo. En 1976 con la implementación de

instrumentación técnica vuelve a dar paso a su funcionamiento, nombrando así a sus primeras autoridades en ellas el primer director del hospital Dr. Nelson Soto Tamayo.

Un 24 de septiembre de 1999 bajo mediante un acuerdo ministerial el hospital cambia su nombre a "HOSPITAL DE ATENCIÓN INTEGRAL DEL ADULTO MAYOR" o en su acrónimo "HAIAM" y con ello marcan una nueva pauta en su misión y visión [50]. Véase en la Figura 17.

A lo largo de su historia, ha enfrentado desafíos como la presión de la comunidad para atender a personas necesitadas y ha experimentado cambios en su dirección y misión, a su vez se ha consolidado como el primer hospital especializado en la atención de adultos mayores en Ecuador.



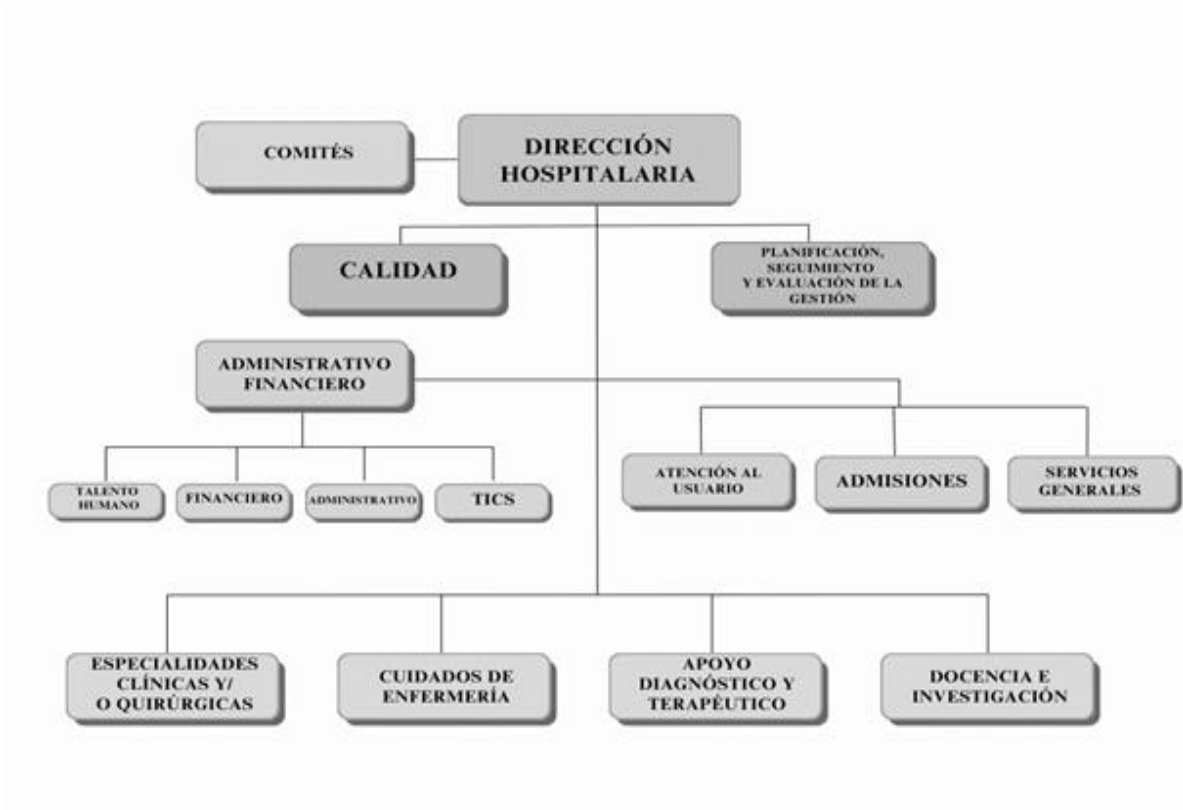
**Figura 17.** Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor [51].

### ***2.1.2 Estructura Institucional***

En este estudio es esencial la comprensión de la estructura institucional del hospital, ya que se realizan implementaciones estratégicas para el área de mantenimiento.

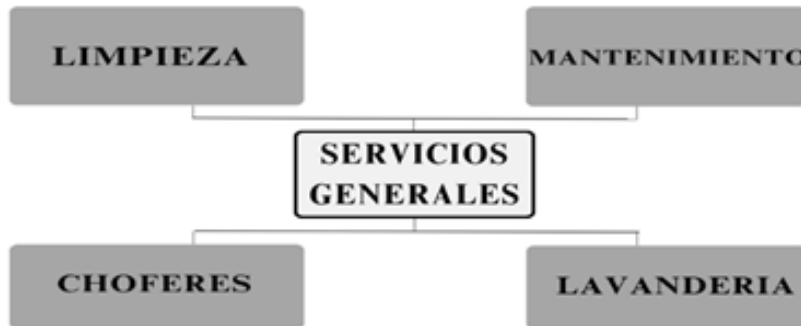
Siendo un lugar de salud su organización es variada y multifacética con una gama de departamentos y unidades activas, por ello en presenta una examinación de la estructura organizativa del Hospital haciendo énfasis en las posiciones que conforman la institución.

Se presenta en la siguiente Figura 18 el tamaño corporativo del Hospital.



**Figura 18.** Organigrama Institucional [52].

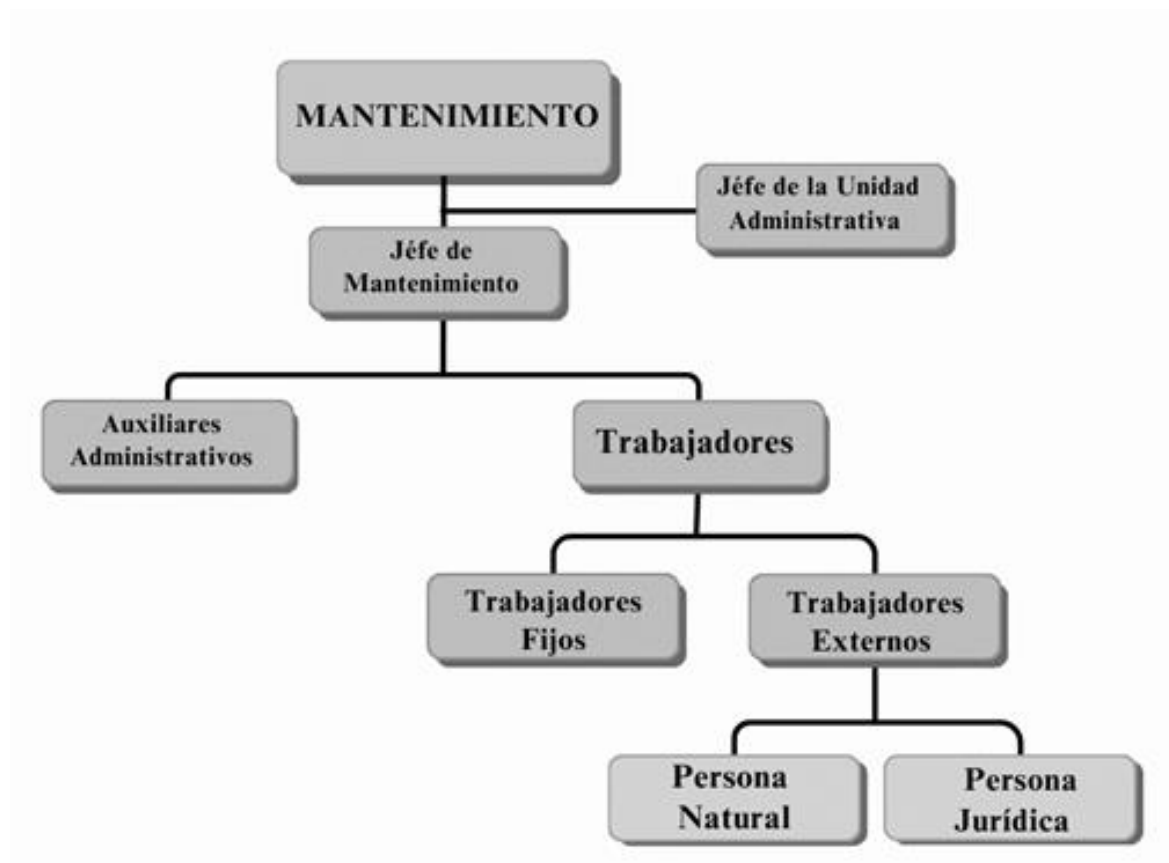
En el organigrama general del Hospital también se tiene una parte que corresponde a los servicios generales. Se presenta en la siguiente Figura 19 el tamaño en el área de Servicios Generales en el HAIAM



**Figura 19.** Organigrama de los Servicios Generales en el HAIAM.



En la siguiente Figura 20 se visualiza la línea de comunicación y los procesos de decisiones que supervisan en la organización de mantenimiento.



**Figura 20.** Organigrama del departamento de mantenimiento en el HAIAM.

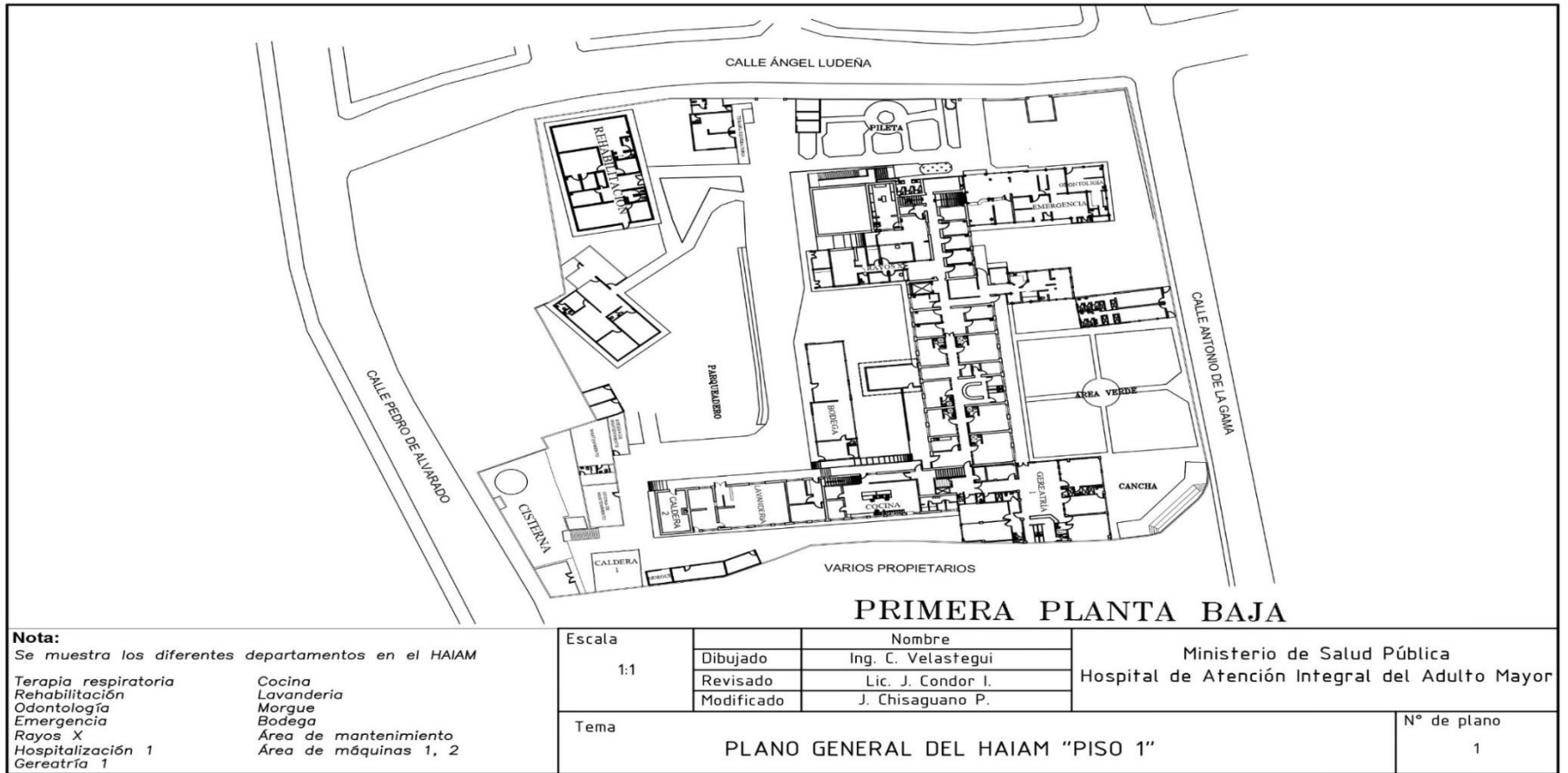
En los organigramas estructurales presentados en las figuras 18, 19, 20, se refleja como a nivel macro influye directamente en la toma de decisiones y políticas al nivel micro en las operaciones, particularmente en lo que representa al mantenimiento de equipos y maquinarias.

Aunque el departamento de mantenimiento opera a nivel micro, desarrolla un papel importante para el funcionamiento eficiente y seguro del hospital. Y la efectividad de su gestión depende de la coordinación y respaldo de los niveles superiores de la administración.

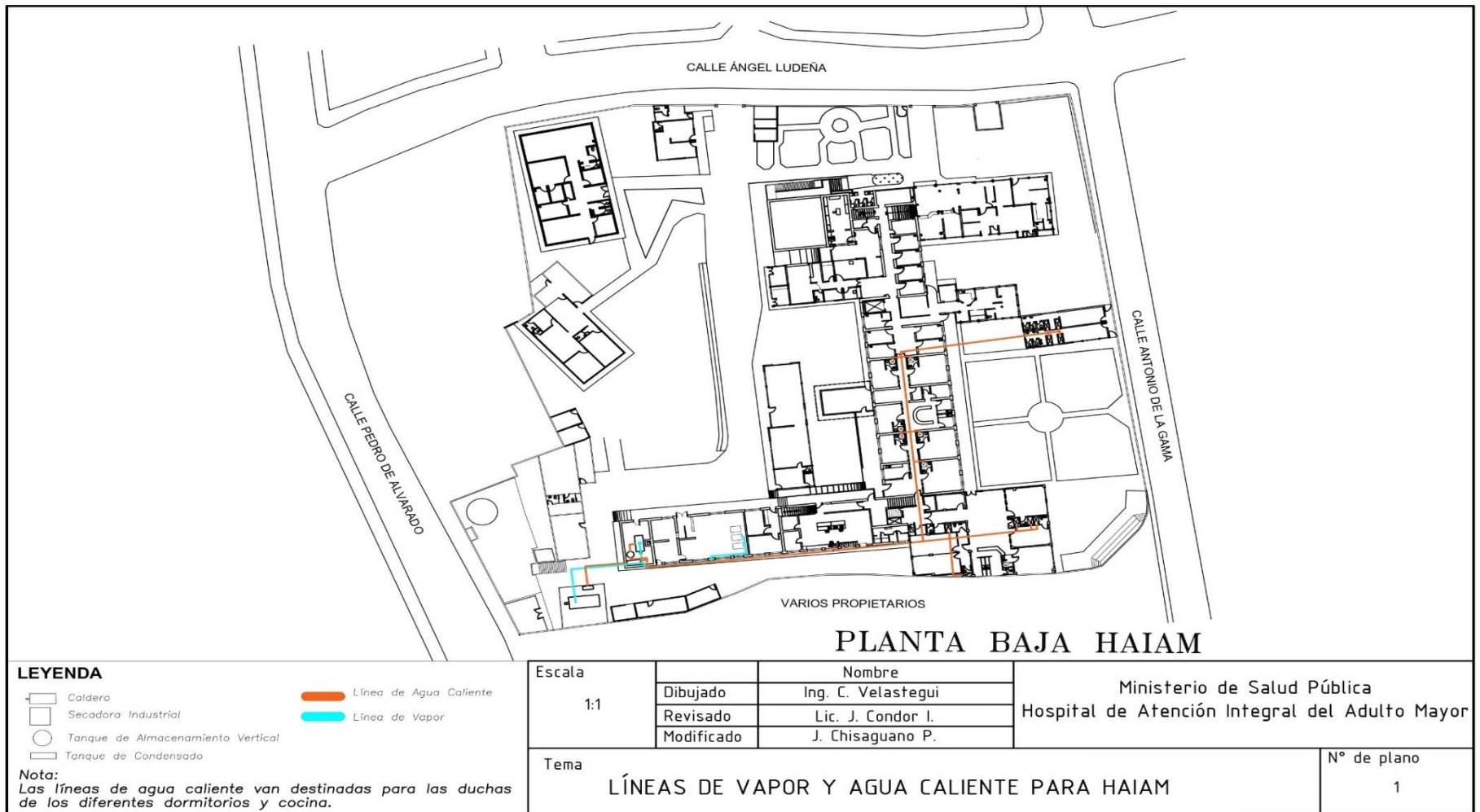
## **2.2 Infraestructura del HAIAM**

Se presenta en la siguiente Figura 21, el plano general local del Hospital ofreciendo una visión detallada de la estructura física, la cual destaca la ubicación estratégica de la caldera provocando una distribución eficiente de vapor y agua caliente a las áreas designadas por el Hospital y a su vez otorgando una optimización operatividad y la seguridad de las instalaciones. El extracto de los demás planos se encuentra en el Anexo 1, Anexo 2.

Además, se da a conocimiento en la siguiente Figura 22, las rutas de las tuberías de vapor como de agua caliente que conecta la caldera con los diferentes equipos y máquinas del hospital, demostrando el impacto crucial en la operatividad del centro de salud. Al extracto de los demás planos se encuentran en el Anexo 3.



**Figura 21.** Distribución del Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor.



**Figura 22.** Distribución de las líneas de vapor y agua caliente en el Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor.

## **CAPÍTULO III**

### **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

La importancia de este capítulo que se abordó es la importancia dónde radica en la capacidad de ofrecer una visión general del hospital, comprendiendo la independencia entre la infraestructura y los servicios hospitalarios. A través del diagnóstico se identifica los desafíos operativos de mejora para dar paso a un mantenimiento a los equipos que proporciona en el hospital, en este caso a la caldera pirotubular YORK SHIPLEY, lo que es fundamental para garantizar el suministro de vapor y agua caliente de manera eficiente como constante, ya que destaca un rol fundamental en el funcionamiento general del hospital.

#### **3.1 Descripción técnica de equipos del HAIAM**

Siendo un elemento central en la elaboración de energía térmica en el HAIAM, se propone realizar un mantenimiento preventivo eficiente asegurando una operación óptima y segura. Por ello, se analizan los componentes principales de la caldera como características técnicas y sus funciones mediante la elaboración de fichas técnicas de la Tabla 1, esto da una visión clara del estado actual de los equipos e identifica cómo prevenir posibles fallas. Al extracto de las demás tablas se encuentran en el Anexo 4 - Anexo 8.

**Tabla 1.** Ficha Técnica Caldero York Shipley 100 BHP.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA N° 1				Ministerio de Salud Pública Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor			
REALIZADO:		Javier A. Chisaguano P.					
REVISADO:		Lic. Juan C. Condor I.					
APROBADO:		Lic. Juan C. Condor I.					
MAQUINA-EQUIPO		Caldera Piro tubular		UBICACIÓN		Área de Máquinas	
FABRICACIÓN		1980		BHP		100	
MODELO		SPHV-100-2		NO. SERIE		80-13197 H-77505	
MARCA		YORK SHIPLEY					
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
PESO	10 T	ALTURA	2.16 m	ANCHO	1.66 m	LARGO	2.75 m
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				FOTO DE LA MAQUINA-EQUIPO			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Presión máxima de trabajo (MAWP): 150 PSI</li> <li>Quemador de 2 niveles de potencia con transformador de encendido compacto E.D 25 %</li> <li>Tanque de condensado.</li> <li>Generado por un tanque de Diesel 200 GL</li> <li>Bomba de agua, Ablandador.</li> </ul>							
<p><b>FUNCIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Generador de vapor y agua caliente de manera rápida y eficiente.</li> <li>Transferencia de calor eficiente debido al gran área de superficie de los tubos.</li> <li>Es utilizada en "HAIAM" para el calentamiento de agua en duchas y lavamanos, como también vapor en el área de secado y planchado de telas en general.</li> </ul>							

### 3.2 Procedimiento idóneo para la operación de la caldera Piro tubular 100 HP

#### 3.2.1 Arranque de la caldera

El arranque de una caldera piro tubular es un proceso crítico que requiere una atención meticulosa a los detalles para asegurar la seguridad y eficiencia del equipo. Previo a su cometida, es esencial realizar una revisión completa de todos los sistemas de la caldera, para garantizar que estén en óptimas condiciones de funcionamiento, por lo cual se debe seguir siempre los procedimientos específicos del fabricante y las prácticas recomendadas de seguridad, con el personal debidamente capacitado a cargo de supervisar cada paso del proceso para asegurar un arranque seguro y efectivo, estableciendo así las bases para un funcionamiento óptimo y continuo de la caldera piro tubular. A continuación, se detalla las actividades a realizarse:

3.2.1.1 **Inspección.** Revisar sistemas, válvulas, y dispositivos de seguridad para confirmar su correcto funcionamiento antes del arranque.

- Antes de iniciar con el encendido de la caldera es importante verificar los siguiente:
- Verificar que esté en posición el interruptor y ver que el suministro de energía sea correcto en 220V.
- Verificar que el nivel combustible este óptimo y sea del tipo que requiere la máquina.
- Verificar a través del tubo visor de nivel que esté correcto el nivel de agua en la caldera.
- Verificar si la válvula donde ingresa el agua está abierta.
- Verificar si la válvula de salida de vapor está cerrada.
- Verificar que estén cerradas las válvulas de purga de fondo, superficie y columna.

3.2.1.2 **Encendido.** Iniciar el quemador a baja intensidad, asegurando una temperatura gradual y segura.

- Activar el interruptor de encendido de la caldera
- Verificar que el barrido de gases se efectuó, observando si funciona el ventilador y la salida de gases por la chimenea.
- Evidenciar la chispa en electrodos.
- Evidenciar el encendido de la llama por medio de una mirilla.
- Cotejar el ingreso de petróleo con la lectura del manómetro.

NOTA: Si la caldera pasa apagada por un tiempo (1-4 semanas) una vez encendida la caldera se debe mantener en llama baja por un lapso de 30 min y luego accionar a automático.

3.2.1.3 **Operación de la caldera.** Monitorear presión, nivel de agua y temperatura, ajustando controles para estabilizar el funcionamiento.

- Evitar el golpe de ariete abriendo lentamente la válvula principal de salida de vapor verificando el manómetro de presión de vapor de trabajo.
- Evidenciar el funcionamiento de la electrobomba, observando el sentido del giro
- Observar el tubo visor de nivel de agua en la caldera.
- Observar el funcionamiento de la bomba dosificadora y el gasto del consumo de producto químico.

- Verificar la temperatura de la salida de gases en la chimenea no mayor a 250 C, observando el termómetro a la salida de gases de combustión.
- Verificar la temperatura de agua este entre 80 C a 95 C
- Verificar la presión de ingreso de combustible.
- Verificar la relación de aire – combustible, observando el color de la llama.

3.2.1.4 **Purga de la caldera.** Este procedimiento se lo puede realizar en varias fases de operación y apagado de la caldera dependiendo que componentes.

- **Purga en la superficie:** se las realiza para controlar la concentración de sólidos que están disueltos en el agua de la caldera, la purga se recomienda hacerlas por las mañanas antes que los suministros de vapor se accionen a los servicios.
- **Purga de fondo:** se eliminan los sedimentos y residuos que se ubican en el fondo de la caldera, se recomienda 2 veces o según recomiende la casa en base a la operación y condiciones de la caldera
- **Purga para el visor del nivel de agua:** se busca tener una concentración adecuada de sólidos en el agua y evitar la espuma y arrastre, este se lo realiza de forma constante dependiendo su flujo y calidad de agua.
- **Purga de mantenimiento:** se la realiza para que la caldera pueda liberar presión y eliminar cualquier residuo de aire atrapado dentro del sistema, se recomienda realizar una vez apagada la caldera.

### 3.2.2 *Apagado de la caldera*

El proceso de apagado es tan crítico como su arranque, y debe realizarse siguiendo procedimientos específicos. Antes de proceder, es fundamental disminuir la carga de la caldera gradualmente y asegurar que todos los sistemas estén estabilizados. Se debe cerrar la alimentación de combustible mientras se monitorea la presión y la temperatura, asegurando que estos parámetros disminuyan de manera controlada. Durante el apagado, también es importante mantener la bomba de alimentación de agua en funcionamiento para evitar daños por calor en los tubos de la caldera debido a una disminución abrupta de temperatura. Una vez que la caldera ha alcanzado un estado seguro y su presión y temperatura se han reducido significativamente, se pueden cerrar las válvulas principales de vapor y agua, completando así el proceso de apagado. Este procedimiento cuidadoso ayuda a evitar el estrés térmico en la caldera,



prolongando su vida útil y manteniendo un ambiente seguro de trabajo. A continuación, se detalla las actividades a realizarse:

- Activar el interruptor de apagado
- Cerrar la válvula de vapor principal
- Cerrar la válvula del combustible
- Accionar el automático el interruptor de la electrobomba de agua de alimentación
- Verificar si se efectúa el barrido de gases, observando si funciona el ventilador y la salida de gases por la chimenea.

### 3.3 Diagnóstico de fallas

Es un proceso crucial en la gestión del mantenimiento que permite el reconocimiento y diagnóstico de irregularidades en máquinas o equipos.

La identificación temprana de estas anomalías previene mayores averías con el objetivo de detectar problemas en su etapa inicial y realizar intervenciones de mantenimiento preventivo y si el caso lo requiere un mantenimiento correctivo antes de que las fallas se agraven.

Por lo tanto, se presentan las posibles fallas que un caldero pirotubular pueda presentar.

**Tabla 2.** Control y operación del sistema de combustión.

<b>Avería</b>	<b>Posible Causa</b>	<b>Solución</b>
Se enciende el piloto, pero la válvula principal de combustible no se abre	a) Fallo del sistema de control electrónico o mecánico	a) Diagnóstico y reparación de Sistemas de Control
	b) Problemas de seguridad	b) Verificación de sensores de seguridad
	c) Fococelda sucia	c) Limpiar el lente de la fotocélula.
	d) Válvula solenoide desconectada.	d) Conectar la válvula solenoide.
	e) Bobina de la válvula solenoide quemado	e) Cambiar bobina a la válvula solenoide.
	f) No hay combustible.	f) Revisar línea de combustible.
	g) Modulador no está en la posición arranque.	g) Esperar que llegue a la posición de arranque o revisar las conexiones.

En este sistema de la Tabla 2, se encarga de regular la mezcla de aire y combustible necesaria para la generación de calor. La gestión adecuada del sistema de combustión no solo previene averías, sino que también optimiza el rendimiento de la caldera, reduciendo el consumo de combustible y minimizando las emisiones nocivas. Véase en la Figura 23.

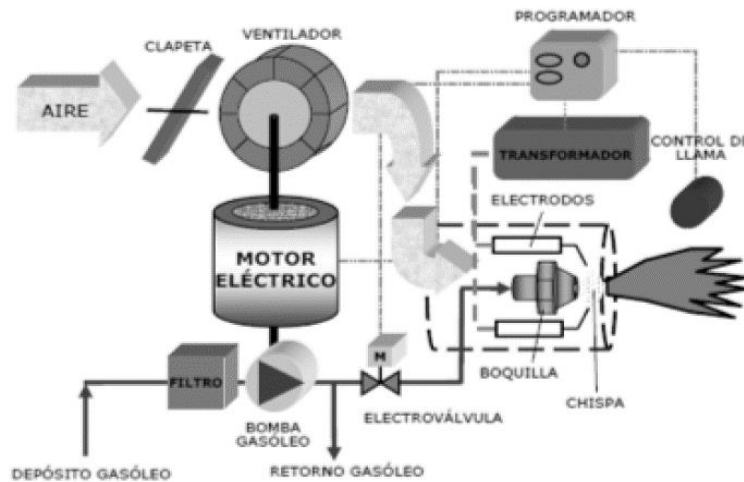


Figura 23. Esquema de un sistema de quemador a gaseoso [53].

Tabla 3. Sistemas de alimentación de agua y gestión de fluidos

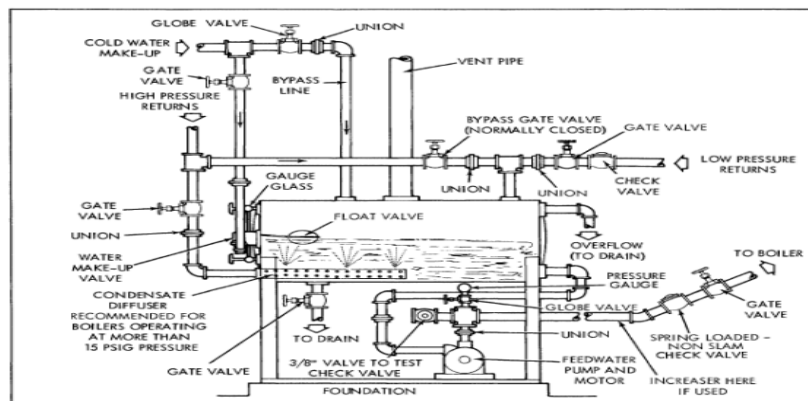
Avería	Posible Causa	Solución
La bomba de agua trabaja y el tanque tiene agua, pero la alimentación es defectuosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Excesiva temperatura del agua.</li> <li>b) Impulsor de la bomba malo.</li> <li>c) Tubería de entrada de agua defectuosa.</li> <li>d) Check entre la y la caldera defectuosa.</li> <li>e) problemas en los controladores de nivel agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Revisar e identificar las trampas defectuosas, instalar tanque de condensado más grande, o reducir la temperatura del agua.</li> <li>b) Reemplazar.</li> <li>c) Desmontar la tubería de alimentación</li> <li>d) Cambiar la válvula check.</li> <li>e) calibración de los niveles de agua</li> </ul>

**Tabla 3.** Sistemas de alimentación de agua y gestión de fluidos, (Continuación).

<b>Avería</b>	<b>Posible Causa</b>	<b>Solución</b>
No hay descarga de agua a la caldera y la bomba funcionando	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) La velocidad de la bomba baja.</li> <li>b) La presión de descarga es muy baja.</li> <li>c) Impulsor obstruido.</li> <li>d) Succión obstruida,</li> <li>e) La bomba rota en sentido contrario al indicado en la carcasa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Revisar las conexiones eléctricas.</li> <li>b) Limpiar la tubería de descarga</li> <li>c) Descargar hacia atrás desarmar la bomba y eliminar la obstrucción.</li> <li>d) Desmontar y limpiar el filtro y limpiar la tubería de succión.</li> <li>e) Invierta dos fases en el motor, si es una fase cambiarlo.</li> </ul>
La descarga de la bomba es deficiente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Velocidad baja.</li> <li>b) Presión de descarga alta.</li> <li>c) Impulsor obstruido,</li> <li>d) Impulsor dañado</li> <li>e) Anillos de canal dividido dañado.</li> <li>f) Anillos espaciadores dañados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Revisar las conexiones eléctricas.</li> <li>b) Limpiar tubería de descarga.</li> <li>c) Desmontar impulsor y eliminar obstrucción.</li> <li>d) Cambiar el impulsor</li> <li>e) Cambiar anillos de caudal dividido.</li> <li>f) Cambiar anillos espaciadores.</li> </ul>
Excesivo ruido de la bomba.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Materia extraña en el impulsor.</li> <li>b) Altura de descarga alta.</li> <li>c) Zumbido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Desensamblar la bomba y quitar la obstrucción</li> <li>b) Evaluar altura máxima de la tubería de descarga.</li> <li>c) Revisar bobina del motor y estado del rotor.</li> </ul>
Vibración excesiva en la bomba	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Materia extraña en el impulsor.</li> <li>b) Impulsor dañado</li> <li>c) Tubería de descarga mal montada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Desensamblar la bomba y limpiar el impulsor.</li> <li>b) Cambiar impulsor.</li> <li>c) Asegurar la tubería de descarga.</li> </ul>

Estos sistemas de la Tabla 3, se encargan de suministrar agua a la caldera a las presiones y temperaturas adecuadas, garantizando que el nivel de agua dentro de la caldera se mantenga dentro de los límites seguros para evitar daños por bajo nivel de agua o sobrecalentamiento. También cabe mencionar que la alimentación de agua precisa y controlada es esencial para reponer el agua que se convierte en vapor y se consume en los procesos industriales.

La operación de estos sistemas requiere una monitorización constante y un mantenimiento regular para asegurar su funcionamiento óptimo. Véase en la Figura 24.

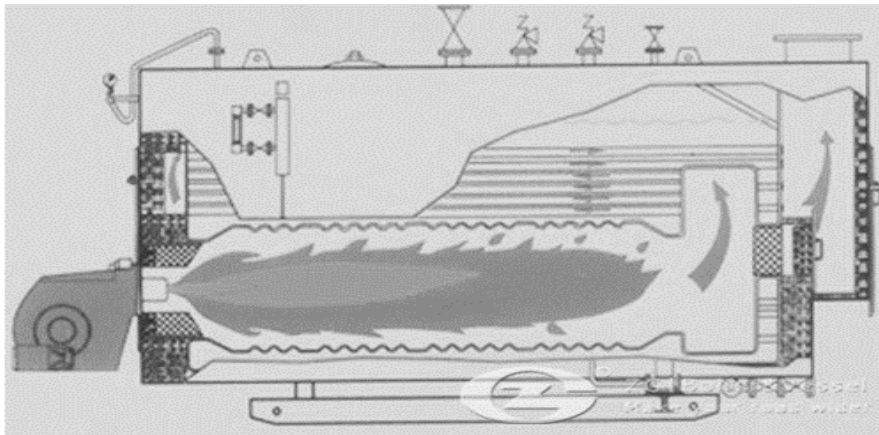


**Figura 24.** Esquema de un sistema del flujo de agua para la alimentación en una caldera Pirotubular [54].

**Tabla 4.** Diagnóstico y solución de problemas en sistemas de encendido y operación.

Avería	Posible Causa	Solución
La caldera no enciende	<p>a) El switch del dámper no funciona.</p> <p>b) Boquillas obstruidas.</p> <p>c) Electrodo no produce chispa.</p> <p>d) Circulo de ignición defectuoso.</p> <p>e) No llega combustible,</p>	<p>a) Sustituirlo.</p> <p>b) Limpiar boquillas.</p> <p>c) Revisar el transformador y el control de ignición.</p> <p>d) Revisar los componentes del circuito de ignición.</p> <p>e) Revisar los componentes del sistema de combustible:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanque puede estar sucio.</li> <li>• Línea de combustible obstruida.</li> <li>• La bomba no funciona.</li> </ul>

Es esencial abordar la avería con un enfoque sistemático, evaluando cada uno de los sistemas involucrados en el proceso de encendido como se puede apreciar en las posibles causas de la Tabla 4. La resolución eficaz de este problema no solo restablece la operación normal de la caldera, sino que también asegura la seguridad de las instalaciones y del personal. Véase en la Figura 25.



**Figura 25.** Marcha de encendido de una caldera Pirotubular [55].

**Tabla 5.** Inspección y reparación de la estructura y componentes físicos de la caldera

<b>Avería</b>	<b>Posible Causa</b>	<b>Solución</b>
Tubos perforados	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Corrosión.</li> <li>b) Acción del oxígeno.</li> <li>c) Excesivas incrustaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Buen tratamiento de agua y continuar de oxígeno y del PH.</li> <li>b) Purga más frecuente.</li> <li>c) Buen tratamiento de agua y continuar control de oxígeno y del PH.</li> </ul>
Tubos torcidos, fugas en las juntas, fugas en los extremos, tubos rotos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Bajo nivel de agua.</li> <li>b) Métodos incorrectos arranque y parada.</li> <li>c) Golpe de Llama,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Revisar controles de nivel de agua.</li> <li>b) Verificar el flotador o sistema de alimentación de agua.</li> <li>c) Seguir los procedimientos correctos de arranque y parada.</li> </ul>

Este procedimiento implica un examen detallado de todas las partes de la caldera, incluyendo el cuerpo, los tubos, la cámara de combustión, los quemadores, y los sistemas de control, para identificar cualquier signo de desgaste, corrosión, fisuras, deformaciones o acumulación de depósitos.



**Figura 26.** Componentes internos de los tubos de la caldera Piro-tubular.

**Tabla 6.** Sistema de Conexión de la bomba dosificadora de químicos

<b>Avería</b>	<b>Posible Causa</b>	<b>Solución</b>
Fallo en la Bomba Dosificadora	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Desgaste mecánico.</li> <li>b) Obstrucción en las válvulas o tuberías.</li> <li>c) Falla eléctrica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Reemplazar o reparar partes desgastadas.</li> <li>b) Limpiar y desobstruir válvulas y tuberías.</li> <li>c) Verificar y reparar la conexión eléctrica.</li> </ul>
Dosificación Inexacta	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Calibración incorrecta.</li> <li>b) Desgaste de componentes.</li> <li>c) Variaciones en la presión del sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Recalibrar el sistema de dosificación.</li> <li>b) Reemplazar componentes desgastados.</li> <li>c) Estabilizar la presión del sistema.</li> </ul>

**Tabla 6.** Sistema de Conexión de la bomba dosificadora de químicos, (Continuación).

<b>Avería</b>	<b>Posible Causa</b>	<b>Solución</b>
Fugas en el Sistema	a) Sellos o juntas dañados. b) Corrosión en tuberías o contenedores.	a) Reemplazar sellos y juntas. b) Reparar o reemplazar partes corroídas.
Obstrucción en las Líneas de Dosificación	a) Acumulación de residuos químicos. b) Precipitación de sales.	a) Limpiar regularmente las líneas. b) Utilizar filtros para prevenir acumulaciones.
Variaciones en el Flujo de Químicos	a) Fluctuaciones en la presión de alimentación. b) Fallos en el controlador de flujo.	a) Instalar un regulador de presión. b) Reparar o reemplazar el controlador de flujo.
Fallo del Sistema de Control Automático	a) Problemas en el software o hardware. b) Errores de programación.	a) Diagnosticar y reparar el hardware/software. b) Revisar y corregir la programación.

Este sistema permite la inyección controlada de químicos en cantidades exactas, dando así una mezcla homogénea mediante la succión del químico desde el tanque de almacenamiento, pasándolo a través de la bomba dosificadora, donde la cantidad precisa es medida y luego inyectada en el flujo de proceso a través del punto de inyección.

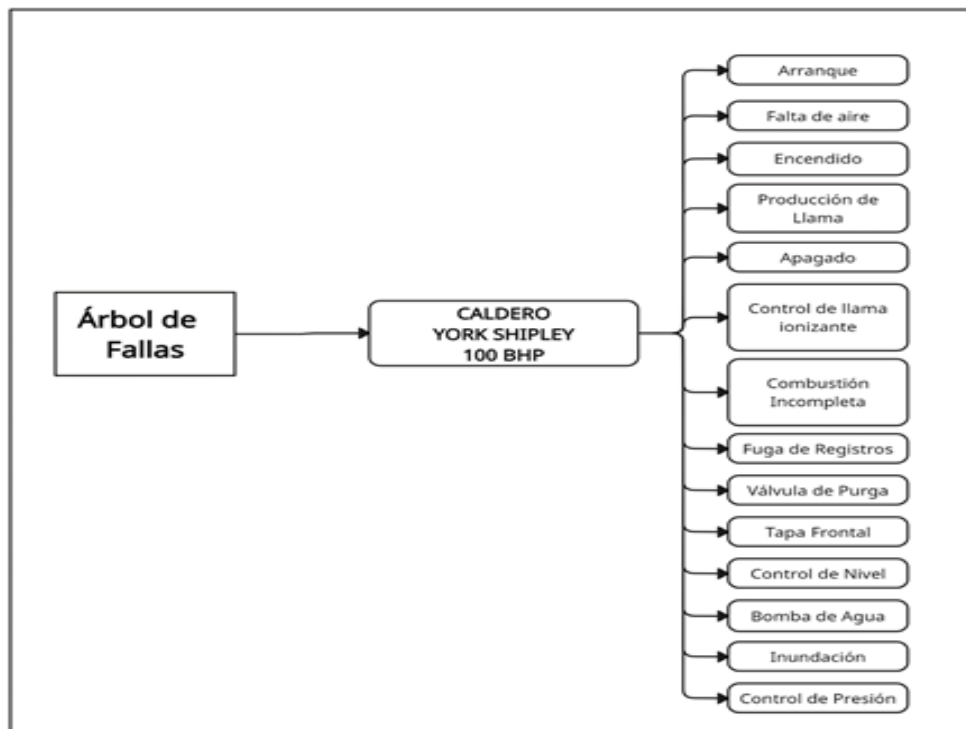


**Figura 27.** Dosificadora de químicos para una caldera Pirotubular.

### 3.4 Esquema de fallas de la caldera

Es un método utilizado para la identificación de las causas de fallas, esto ayuda a descompagnar un fallo potencial en sus causas raíz dando un diagnóstico preventivo para destacar áreas específicas que requieren atención y mantenimiento.

Comienza con un evento indeseado (como un fallo en la caldera) y se ramifica hacia abajo para explorar todas las posibles causas que podrían llevar a ese evento. Asimismo, se presenta la siguiente Figura 28.



**Figura 28.** Árbol de falla de los componentes principales de la caldera Pirotubular de 100 BHP.

Este árbol de fallas inicial detalla los componentes de la caldera y nos da una gráfica de donde se pueden alojar las fallas que se presentan en una caldera de estas características. Esta figura se basa para realizar el siguiente análisis de fallas y sus posibles efectos y así clasificar el nivel de prioridad en el que deben cuidarse.



### 3.5 Análisis de fallos y efectos

Según la investigación, se analizan las principales fallas que se dan y pueden darse en el caldero, mediante el método de Análisis Modal de Efecto y Fallas, o también denominado AMFE [56].

Una industria aeroespacial lo aplicó por primera vez en los 60 para determinar un método de análisis de fallas en sus equipos. Posterior a este evento se adaptó en el área automovilística siendo Ford en la década de los 70, siendo pioneros en utilizar este método de análisis [57].

Actualmente, este método básico se aplica sobre todo en el análisis de un producto, proceso o en una situación de todas las áreas fundamentales de una empresa o institución. Para ello se evaluará a través de los conceptos predeterminados por el método AMFE, los cuales son:

#### 3.5.1 Gravedad

Se describe a la severidad de las consecuencias de una falla si esta llegara a ocurrir, centrada en el impacto que tendría al usuario o al sistema [56]. Se determina mediante una escala numérica en la que el número más bajo indica menor probabilidad de ocurrencia de la falla y el número más alto indica mayor probabilidad, como se ve en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Clasificación de la gravedad del modo fallo [56].

<b>Gravedad</b>	<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1

**Tabla 7.** Clasificación de la gravedad del modo fallo [56],(Continuación).

<b>Gravedad</b>	<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observará un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema- Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

### 3.5.2 Frecuencia

Se enfoca en la probabilidad con la que se espera que ocurra un determinado fallo durante la vida del equipo o sistema a ser evaluado, priorizando las acciones para la mejora de la eficacia y seguridad de lo antes mencionado [56].

Se clasifica en una escala numérica, donde el número más bajo indica una menor probabilidad de ocurrencia de la falla y el número más alto una mayor probabilidad, como se puede ver en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Categorización de la frecuencia de ocurrencia del modo de fallo [56].

<b>Frecuencia</b>	<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
Muy Baja improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente, esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

### **3.5.3 Detectabilidad**

Se refiere a la identificación de la falla a tiempo para poder tomar medidas correctivas antes de causas mayores [56]. Se evalúa mediante una escala numérica en la que el número menor representa una alta probabilidad de detección del fallo, mientras que el número mayor señala una baja probabilidad de detección, como se puede ver en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Categorización de la detectabilidad del modo de fallo [56].

<b>Detectabilidad</b>	<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción.	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final.	9-10

### 3.6 Índice de prioridad de riesgo (IPR)

Es una métrica utilizada para la evaluación y la priorización de los riesgos asociados con los diferentes modos. Para encontrar el valor de IPR, se calcula multiplicando tres factores:

$$IPR = Gravedad \times Frecuencia \times Detectabilidad \quad (1)$$

$$IPR = G \times F \times D$$

Se muestra en la siguiente Figura 29, de manera gráfica la matriz de riesgo con las prioridades de fallos indicando su nivel de gravedad.

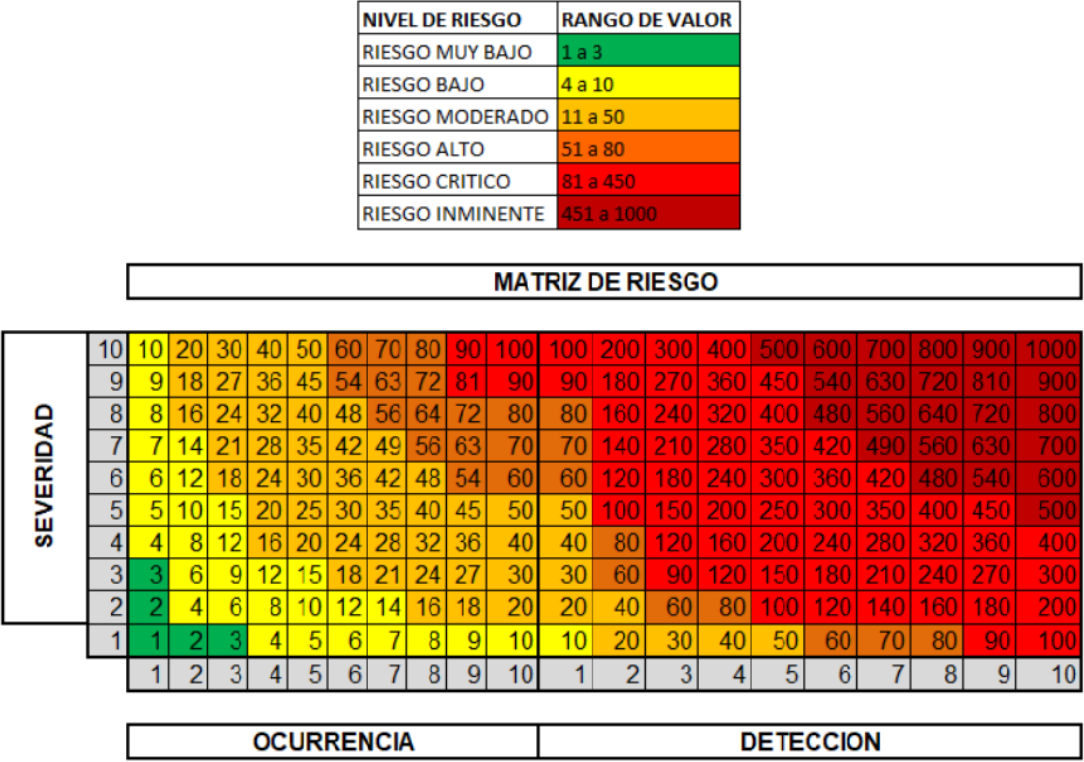


Figura 29. Matriz de riesgo [58]

A continuación, se presenta en la siguiente el método A.M.F.E.

**Tabla 10.** Formato de AMFE para el análisis de operación de caldero Pirotubular de 100 BHP en HAIAM [56].

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)															
AMFE DE PROYECTO					DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE			Hoja: 1			
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:					COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN			FECHA INICIO: 10/12/2023			
Dpto. Operación y Mantenimiento					Jefe de mantenimiento				YORK SHIPLEY			FECHA REVISIÓN: 12/12/2023			
OPERACION O FUNCIÓN	FALLO N.º	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA				
		MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODODE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D			IPR	ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D
Caldera Pirotubular YORK SHIPLEY	1.1	Cuerpo del Caldero (Cárcasa)	Fugas, pérdida depresión, riesgo de explosión	Corrosión, sobrepresión, fatiga del material	Ninguna	3	5	6	90	Inspección regular, pruebas de presión, mantenimiento de la calidad del agua	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	1.2	Tubos de Humo	Reducción en la transferencia de calor, eficiencia reducida	Obstrucción, corrosión, sobrecalentamiento	Ninguna	3	7	5	105	Limpieza regular, inspección de corrosión, reemplazo de tubos dañados	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	1.3	Cámara de Combustión	Ineficiencia en la combustión, emisión de gases nocivos	Desgaste del refractario, mala regulación de aire/combustible	Ninguna	5	6	4	120	Revisión del refractario, ajustes en la mezcla aire/combustible	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	1.4	Tubos de Retorno	Reducción en la circulación, sobrecalentamiento	Obstrucción, corrosión	Ninguna	3	7	5	105	Limpieza y descalcificación, reemplazo si es necesario.	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	1.5	Caja de Humo	Pérdida de eficiencia, riesgo de incendio	Acumulación de hollín, daño estructural	Ninguna	6	7	7	294	Limpieza regular, inspección de integridad estructural	Dpto. Operación y Mantenimiento				

**Tabla 10.** Formato de AMFE para el análisis de operación de caldero Piro tubular de 100 BHP en HAIAM [56], (Continuación).

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)															
AMFE DE PROYECTO					DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE			Hoja: 1			
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:					COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN			FECHA INICIO: 10/12/2023			
Dpto. Operación y Mantenimiento					Ing. Cesar Velastegui				YORK SHIPLEY			FECHA REVISIÓN: 12/12/2023			
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO N.º	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA				
		MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D			IPR	ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D
	1.6	Placas Tubulares	Fugas, pérdida de eficiencia	Corrosión, sellado inadecuado	Ninguna	2	5	3	30	Revisión de sellado, reemplazo en caso de corrosión.	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	1.7	Puertas de Inspección	Fugas de calor, inseguridad en el mantenimiento	Sellado deficiente, daño estructural	Ninguna	3	5	6	90	Revisar y reemplazar juntas, mantener mecanismos de cierre	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	1.8	Chimenea o Conducto de Escape	Emisiones inseguras, pérdida de eficiencia	Obstrucción, corrosión	Ninguna	2	5	8	80	Limpieza regular, inspección de corrosión, asegurar buena ventilación	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	1.10	Refractario	Pérdida de eficiencia, daño a la estructura	Desgaste por calor, choque térmico	Ninguna	5	6	6	180	Inspección regular, reemplazo del material refractario dañado	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	1.11	Manómetros y Sensores	Lecturas inexactas, riesgo de operación insegura	Desajuste, fallo electrónico	Ninguna	2	5	5	50	Calibración regular, reemplazo de componentes defectuosos	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	1.12	Válvulas de Seguridad	Riesgo de sobrepresión y explosión	Fallo en la apertura, desajuste	Ninguna	3	8	6	144	Pruebas de funcionamiento, mantenimiento y calibración regular	Dpto. Operación y Mantenimiento				

**Tabla 10.** Formato de AMFE para el análisis de operación de caldero Pirotubular de 100 BHP en HAIAM [56], (Continuación).

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)															
AMFE DE PROYECTO				DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE				Hoja: 2			
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:				COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN				FECHA INICIO:			
Dpto. Operación y Mantenimiento				Jefe de mantenimiento				Quemador Baggio X				10/12/2023			
				ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTORA		RESPONSABLE / PLAZO		SITUACIÓN DE MEJORA			
OPERA CIÓN O FUNCI ÓN	FALL O N.º	FALLOS POTENCIALES			MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D	IPR			ACCI ONES IMPL ANTA DAS	F	G	D
		MODOS DE FALLO	EFFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO											
Quemador Baggio X	2.1	Ventilador de Aire	Combustión ineficiente, emisiones elevadas	Desgaste del motor, obstrucción en el flujo de aire	Ninguna	2	6	7	84	Mantenimiento regular del motor, limpieza de obstrucciones	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	2.2	Sistema de Control	Operación irregular, fallos en la ignición	Fallo electrónico, configuraciones incorrectas	Ninguna	3	5	5	75	Revisar y calibrar regularmente, reemplazar componentes dañados	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	2.3	Boquillas de Combustible	Obstrucción, patrones de llama inadecuados	Suciedad, desgaste	Ninguna	3	6	7	126	Limpieza regular, reemplazo en caso de desgaste excesivo	Dpto. Operación y Mantenimiento				



**Tabla 10.** Formato de AMFE para el análisis de operación de caldero Pirotubular de 100 BHP en HAIAM [56], (Continuación).

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)															
AMFE DE PROYECTO				DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE				Hoja: 2			
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:				COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN				FECHA INICIO:			
Dpto. Operación y Mantenimiento				Jefe de mantenimiento				Quemador Baggio X				10/12/2023			
				ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTORA		RESPONSABLE / PLAZO		SITUACIÓN DE MEJORA			
OPERACION O FUNCIÓN	FALLO N.º	FALLOS POTENCIALES			MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D	IPR			ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D
		MODOS DE FALLO	EFFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO											
Quemador Baggio X	2.4	Electrodo de Ignición	Fallo en el encendido, arranques retardados	Desgaste, mal posicionamiento	Ninguna	2	4	7	56	Ajustar o reemplazar el electrodo, verificar la brecha de chispa	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	2.5	Válvulas de Combustible	Fallo en la regulación de combustible, riesgo de explosión	Desgaste, fallo mecánico	Ninguna	1	9	10	90	Inspección y prueba regular, reemplazo si es necesario	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	2.6	Sensores de Llama	Apagado inesperado, fallos en la detección de llama	Suciedad en el sensor, fallo electrónico	Ninguna	2	5	5	50	Limpieza y mantenimiento regular, reemplazo en caso de fallo	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	2.7	Reguladores de Presión	Fluctuaciones en la presión del combustible, combustión inestable	Desgaste, ajuste incorrecto	Ninguna	4	5	6	120	Revisar y ajustar la presión regularmente, reemplazar si es necesario	Dpto. Operación y Mantenimiento				

**Tabla 10.** Formato de AMFE para el análisis de operación de caldero Piro tubular de 100 BHP en HAIAM [56], (Continuación).

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)														
AMFE DE PROYECTO				DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE				Hoja: 2		
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:				COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN				FECHA INICIO:		
Dpto. Operación y Mantenimiento				Jefe de mantenimiento				Quemador Baggio X				10/12/2023		
												FECHA REVISIÓN:		
												12/12/2023		
OPERA CIÓN O FUNCI ÓN	FALL O N.º	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSA- BLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA			
		MODOS DE FALLO	EFFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D			IPR	ACCION ES IMPLAN TADAS	F	G
Quemador Baggio X	2.8	Dámpfer de Aire	Ineficiencia en la combustión, emisiones elevadas	Mal funcionamiento, desajuste	Ninguna	2	5	4	40	Ajustar y mantener para asegurar operación correcta	Dpto. Operación y Mantenimiento			
	2.9	Tubos de Inyección	Inyección ineficiente de combustible, combustión irregular	Obstrucción, corrosión	Ninguna	3	6	6	108	Limpieza y revisión periódica, reemplazo cuando sea necesario	Dpto. Operación y Mantenimiento			
	2.10	Cámara de Mezcla	Mala mezcla aire/combustible, ineficiencia	Desgaste, daño estructural	Ninguna	1	5	6	30	Inspección y mantenimiento regulares, reparación o reemplazo si se encuentra daño	Dpto. Operación y Mantenimiento			

**Tabla 10.** Formato de AMFE para el análisis de operación de caldero Piro tubular de 100 BHP en HAIAM [56], (Continuación).

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)															
AMFE DE PROYECTO					DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO			CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE			Hoja: 3				
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:					COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)			MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN			FECHA INICIO: 10/12/2023				
Dpto. Operación y Mantenimiento					Jefe de mantenimiento			Ablandador Culligan HE 1.5"			FECHA REVISIÓN: 12/12/2023				
OPERACIÓN OFUNCIÓN	FALLO N.º	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA				
		MODOS DE FALLO	EFFECTOS	CAUSAS DEL MODODE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D			IPR	ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D
Ablandador Culligan HE 1.5"	3.1	Tanque de Resina	Calidad del agua disminuida, presencia de minerales	Degradación o agotamiento de la resina	Ninguna	4	5	5	100	Reemplazar o regenerar la resina	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	3.2	Válvula de Control	Ciclos de regeneración irregulares, pérdida de eficiencia	Desgaste mecánico, fallos electrónicos	Ninguna	2	4	6	48	Mantenimiento y reparación regulares, reemplazo de componentes dañados	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	3.3	Timer o Reloj de Control	Regeneraciones no programadas, uso excesivo de sal	Desajuste, fallo electrónico	Ninguna	2	4	4	32	Ajustar configuraciones, reemplazar si es necesario	Dpto. Operación y Mantenimiento				

**Tabla 10.** Formato de AMFE para el análisis de operación de caldero Piro tubular de 100 BHP en HAIAM [56], (Continuación).

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)																		
AMFE DE PROYECTO				DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO			CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE			Hoja: 3								
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:				COORDINADOR: (Nombre/ Dpto.)			MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN			FECHA INICIO: 10/12/2023								
Dpto. Operación y Mantenimiento				Jefe de mantenimiento			Ablandador Culligan HE 1.5"			FECHA REVISIÓN: 12/12/2023								
OPERACION O FUNCIÓN	FALLO N.º	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL			ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA								
		MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODODE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G			D	IPR	ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D	IPR		
Ablandador Culligan HE 1.5"	3.4	Sistema de Distribución	Flujo de agua ineficiente, bloqueos	Obstrucciones, desgaste	Ninguna	3	6	5	90	Limpieza y reemplazo de componentes obstruidos o desgastados	Dpto. Operación y Mantenimiento							
	3.5	Tanque de Salmuera	Producción ineficiente de salmuera, problemas de regeneración	Suciedad, acumulación de sedimentos	Ninguna	2	4	7	56	Limpieza regular, asegurarse de que el nivel de sal es adecuado	Dpto. Operación y Mantenimiento							

**Tabla 10.** Formato de AMFE para el análisis de operación de caldero Piro tubular de 100 BHP en HAIAM [56], (Continuación).

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)															
AMFE DE PROYECTO			DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE			Hoja: 3					
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:			COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN			FECHA INICIO: 10/12/2023					
Dpto. Operación y Mantenimiento			Jefe de mantenimiento				Ablandador Culligan HE 1.5"			FECHA REVISIÓN: 12/12/2023					
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO N.º	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA				
		MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D			IPR	ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D
Ablandador Culligan HE 1.5"	3.6	Tubos y Conexiones	Fugas, pérdida de presión	Desgaste, corrosión, daño físico	Ninguna	1	3	4	12	Inspección regular, reemplazo partes dañadas	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	3.7	Manómetro	Lecturas inexactas, diagnóstico incorrecto	Desajuste, fallo del dispositivo	Ninguna	3	4	7	84	Calibrar o reemplazar el manómetro	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	3.8	Válvulas de Bypass	Problemas en el flujo de agua, incapacidad para aislar el sistema	Desgaste, bloqueo	Ninguna	2	3	6	36	Mantenimiento y limpieza regulares, reemplazar si es necesario	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	3.9	Inyectores y Boquillas	Regeneración ineficiente, problemas de flujo	Obstrucción, desgaste	Ninguna	2	3	5	30	Limpieza y reemplazo en caso de obstrucción o desgaste excesivo	Dpto. Operación y Mantenimiento				

**Tabla 10.** Formato de AMFE para el análisis de operación de caldero Pirotubular de 100 BHP en HAIAM [56], (Continuación).

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)															
AMFE DE PROYECTO				DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE			Hoja: 4				
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:				COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN			FECHA INICIO: 10/12/2023				
Dpto. Operación y Mantenimiento				Jefe de mantenimiento				Tanque de Condesado			FECHA REVISIÓN: 12/12/2023				
OPERACIÓN OFUNCIÓN	FALLO N.º	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA				
		MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D			IPR	ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D
Tanque de Condesado	4.1	Cuerpo del Tanque	Fugas, contaminación del condensado	Corrosión, daño estructural	Ninguna	1	1	7	7	Inspección regular, reparación o reemplazo en caso de daño	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	4.2	Válvula de Ingreso	Flujo de condensado ineficiente	Obstrucción, desgaste mecánico	Ninguna	2	3	8	48	Limpieza y mantenimiento regular, reemplazo si es necesario	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	4.3	Válvula de Salida	Pérdida de condensado, presión irregular	Fallo de la válvula, desgaste	Ninguna	2	3	8	48	Inspección y mantenimiento regular, reemplazo en caso de fallo	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	4.4	Indicador de Nivel	Niveles de condensado incorrectos, riesgo de desbordamiento	Fallo del indicador, obstrucción	Ninguna	4	5	6	120	Calibración regular, limpieza y reemplazo si es necesario	Dpto. Operación y Mantenimiento				

**Tabla 10.** Formato de AMFE para el análisis de operación de caldero Piro tubular de 100 BHP en HAIAM [56], (Continuación).

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)																
AMFE DE PROYECTO					DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE			Hoja: 4				
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:					COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN			FECHA INICIO:				
Dpto. Operación y Mantenimiento					Jefe de mantenimiento				Tanque de Condesado			10/12/2023				
												FECHA REVISIÓN:				
												12/12/2023				
OPERA CIÓN O FUNCI ÓN	FALLO N.º	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTOR A	RESPONSA- BLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA					
		MODOS DE FALLO	EFFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D			IPR	ACCION ES IMPLAN TADAS	F	G	D	IPR
Tanque de Condes ado	4.5	Válvulas de Drenaje	de	Acumulación de impurezas, corrosión interna	Obstrucción, fallo en la válvula	Ninguna	3	4	7	84	Limpieza regular, reemplazo en caso de fallo	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	4.6	Válvulas de Seguridad	de	Riesgo de sobre presión	Fallo en la operación, desajuste	Ninguna	4	5	6	120	Pruebas periódicas, mantenimiento y reemplazo si es necesario	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	4.7	Sensores de Temperatura	de	Lecturas inexactas, riesgo de sobrecalentamiento	Fallo del sensor, desajuste	Ninguna	3	7	7	147	Calibración regular, reemplazo de sensores dañados	Dpto. Operación y Mantenimiento				



**Tabla 10.** Formato de AMFE para el análisis de operación de caldero Pirotubular de 100 BHP en HAIAM [56], (Continuación).

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)															
AMFE DE PROYECTO				DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE				Hoja: 5			
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:				COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN				FECHA INICIO: 10/12/2023			
Dpto. Operación y Mantenimiento				Jefe de mantenimiento				Bomba de Agua LYON PUMPS				FECHA REVISIÓN: 12/12/2023			
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO N.º	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA				
		MODOS DE FALLO	EFFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D			IPR	ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D
Bomba de Agua LYON PUMPS	5.1	Motor Eléctrico	Fallo en el arranque, operación ineficiente	Sobrecarga, desgaste de rodamientos	Ninguna	2	7	7	98	Revisión y mantenimiento regular, reemplazo de rodamientos	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	5.2	Impulsor	Caudal reducido, pérdida de presión	Desgaste, obstrucción	Ninguna	4	5	8	160	Limpieza y revisión del impulsor, reemplazo en caso de desgaste	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	5.3	Sello Mecánico	Fugas de agua, contaminación	Desgaste, daño mecánico	Ninguna	1	1	8	8	Revisión regular, reemplazo del sello mecánico	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	5.4	Caja de Conexiones	Conexiones eléctricas defectuosas, cortocircuito	Corrosión, daño a los cables	Ninguna	4	5	6	120	Mantenimiento de conexiones eléctricas, reemplazo de componentes corroídos	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	5.5	Carcasa de la Bomba	Fugas, corrosión	Corrosión, daño físico	Ninguna	3	6	7	126	Inspección y mantenimiento regular, reparación o reemplazo si es necesario	Dpto. Operación y Mantenimiento				
	5.6	Válvula de Alivio	Sobrepresión, daño a la bomba	Mal funcionamiento, ajuste incorrecto	Ninguna	2	5	8	80	Ajuste y mantenimiento regular, reemplazo si es necesario	Dpto. Operación y Mantenimiento				



**Tabla 10.** Formato de AMFE para el análisis de operación de caldero Piro tubular de 100 BHP en HAIAM [56], (Continuación).

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)																	
AMFE DE PROYECTO					DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO			CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE			Hoja: 6						
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:					COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)			MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN			FECHA INICIO: 10/12/2023						
Dpto. Operación y Mantenimiento					Ing. Cesar Velastegui			Bomba de Dosificadora de Químicos			FECHA REVISIÓN: 12/12/2023						
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO N.º	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL					ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA					
		MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D	IPR			ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D	IPR	
Bomba de Dosificadora de Químicos	6.1	Sello	Fugas de químicos, contaminación	Desgaste, daño mecánico	Ninguna	5	7	4	140	Revisión regular, reemplazo del sello mecánico	Dpto. Operación y Mantenimiento						
	6.2	Válvula	Sobrepresión, daño a la bomba	Mal funcionamiento, ajuste incorrecto	Ninguna	5	7	4	140	Ajuste y mantenimiento regular, reemplazo si es necesario	Dpto. Operación y Mantenimiento						

**Tabla 10.** Formato de AMFE para el análisis de operación de caldero Piro tubular de 100 BHP en HAIAM [56], (Continuación).

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)																	
AMFE DE PROYECTO					DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO			CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE			Hoja: 7						
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:					COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)			MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN			FECHA INICIO: 10/12/2023						
Dpto. Operación y Mantenimiento					Ing. Cesar Velastegui			Tanque de Diesel			FECHA REVISIÓN: 12/12/2023						
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO N.º	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL					ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA					
		MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D	IPR			ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D	IPR	
Tanque de Diesel	7	Filtro del tanque de Diesel	Embace de filtro de Diesel inexistente.	Micro residuos en el Diesel	Ninguna	6	5	2	60	Adquisición de uno nuevo.	Dpto. Operación y Mantenimiento						

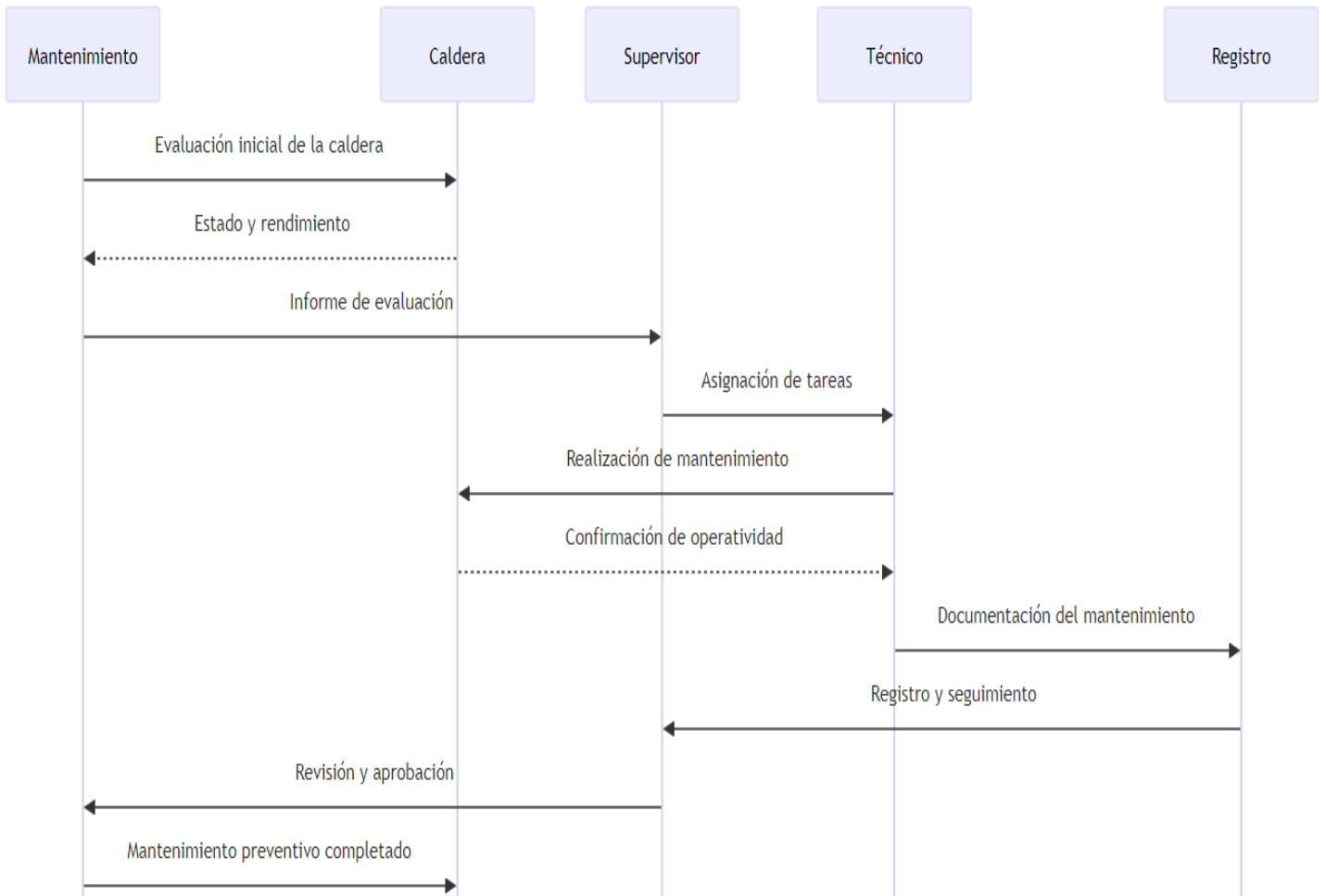
Finalmente, se puede identificar que los valores analizados en las tablas anteriores revelan que existe más falta de mantenimiento a la caldera. Por ello se presenta una visualización de los fallos más comunes; clasificados como desperfectos internos, véase en el Anexo 9 y los desperfectos externos, véase en el Anexo 10; por ello se propone un plan de mantenimiento preventivo a la caldera, ya que en este análisis se demostró las posibles fallas de su operación. Aunque algunas parecen menospreciarlos al medirlas es que seguramente se desenvuelven en un índice significativo.

### **3.7 Propuesta de mantenimiento preventivo de la caldera Pirotubular 100 BHP**

Con base a las posibles fallas que la caldera Pirotubular que pueda presentar ya sea por un mal manejo, desgaste u otros inconvenientes es importante mantener un programa de mantenimiento que ayuden a solventar y solucionar las posibles averías o defectos.

Las labores preventivas que se efectúan en la caldera están a carga de técnicos, mecánicos y supervisados por el jefe de mantenimiento los mismos que por medio de documentos de respaldo o bitácoras registran cada procedimiento correspondiente, estas acciones dan un preámbulo situacional de la caldera con respecto a su operatividad y estado.

Es importante mencionar que dentro de la organización del hospital se manejan niveles jerárquicos donde se autoriza dichas tareas a realizar, debe constar cada procedimiento realizado y ser de conocimiento al jefe del área. Por tal razón la Figura 30, refleja el flujograma de cómo se lleva a cabo el proceso de mantenimiento desde la notificación de fallas o averías hasta el informe final del mismo.



**Figura 30.** Diagrama de procesos del funcionamiento de la gestión de mantenimiento para la caldera de 100 BHP del HAIAM.

Las tareas de mantenimiento preventivo se manejan bajo una frecuencia constante desde diarias hasta un control anual, con el objetivo de mantener al equipo en condiciones óptimas y reducir los niveles de riesgo durante su operatividad.

Para llevar un correcto mantenimiento se propone realizar actividades diarias, semanales, mensuales, semestrales y anuales que colaboren entre sí para que el equipo se mantenga en buenas condiciones, no presente fallas por el mismo uso y reducir los niveles de riesgo durante su operatividad. A continuación, las siguientes tablas detallan actividades y acciones a realizar para que la caldera sea usada correctamente y se realice el mantenimiento adecuado.

### 3.7.1 *Mantenimiento preventivo diario*

Los procedimientos de mantenimiento diarios permiten la detección casi inmediata de anomalías y previenen las interrupciones no planificadas, cada actividad deben ser ejecutadas por el operario encargado. A continuación, se presenta en la siguiente Tabla 11 las rutinas que se deben ser tomadas en cuenta.

**Tabla 11.** Operaciones de mantenimiento diarias.

<b>ÍTEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ACCIÓN A REALIZAR</b>
1	Revisar el funcionamiento del ventilador correspondiente al quemador	Observar los componentes del quemador estén trabajando
2	Verificar la presión de combustible	Constatar que la presión de combustible este en el rango de trabajo correcto
3	Verificar el color de la llama y su forma	Constatar visualmente l forma homogénea de la llama conforme a su combustible
4	Revisar la columna del nivel de agua	Verificar que el tubo de nivel de agua este correcto en el McDonell Miller
5	Verificar la temperatura del agua de condensado	Comprobar que la temperatura del agua. Temperatura de gases en chimenea no oscile mayor a 80 °C a la temperatura del vapor saturado
6	Comprobar correcto funcionamiento del programador	Verificar cumpla con el ciclo del programador (pre-purga, ignición, prueba de llama, post-purga)
7	Verificar la temperatura de la salida de gases al exterior	Temperatura de gases en chimenea no mayor a 80 °C a la temperatura del vapor saturado
8	Medir la dureza y el Ph del agua de alimentación y del agua de la caldera	Tomar una muestra del agua, abriendo la válvula de muestreo y medir Ph y dureza

**Tabla 11.** Operaciones de mantenimiento diarias, (Continuación).

<b>ÍTEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ACCIÓN A REALIZAR</b>
9	Tratamiento del agua de alimentación de la caldera	Ablandar y añadir productos químicos, gestionar pruebas de calidad del agua de alimentación
10	Constar que el suministro de productos químicos esté para el tratamiento de agua de alimentación de la caldera de vapor y redes de vapor	Dosificar los productos químicos antiincrustantes, secuestradores de oxígeno correctamente
11	Verificar retorno de condensado	Constar presencia de óxido o sólidos en suspensión.
12	Efectuar purgas de fondo, superficie, visor de nivel de agua y purga de mantenimiento interno	Realizar purgas dependiendo su área
13	Revisar las válvulas de vapor y agua	Verificar si existen fugas de las válvulas
14	Realizar limpieza del exterior de la caldera	Limpiar superficie de la caldera y el exterior del mismo, equipos auxiliares y ambiente de trabajo
15	Verificar si existen residuos inusuales	Determinar y corregir las causas de los ruidos en la caldera
16	Constar temperatura de presión de instrumentos de medición	Controlar la temperatura en las áreas del tanque de condensado de la chimenea, presión del agua de alimentación y presión del vapor de la caldera de trabajo.

Toda actividad que se realiza debe tener un registro y un documento de respaldo en este caso se gestionó una ficha de mantenimiento preventivo diario, donde consta su frecuencia, responsables y que debe realizarse, Véase en el Anexo 11.

### 3.7.2 *Mantenimiento preventivo semanal*

Los procedimientos de mantenimiento semanales permiten a profundizar en la revisión de componentes específicos, cada actividad debe ser ejecutadas por el operario encargado. A continuación, se presenta en la siguiente Tabla 12 las rutinas que se deben ser tomadas en cuenta.

**Tabla 12.** Operaciones de mantenimiento semanal.

<b>ÍTEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ACCIÓN A REALIZAR</b>
1	Limpiar filtros del combustible y toberas	Desmontar filtros y limpiar residuos
2	Limpiar electrodo de encendido	Sacar carboncillo formado en electrodo y mantener espacio adecuado.
3	Revisar el sistema de detección de llama	Cerrar válvula de combustible para extinguir la llama, el ventilador sigue funcionando, en 30 segundos encender el foco piloto por falta de llama Apagar el quemador y ver que enfríe, restablecer el programador y abrir válvula de combustible
4	Constatar las condiciones de la llama y corregir si es humeante	Regular la presión del combustible y el dámper de suministro de aire
5	Verificar fugas en conexiones y válvulas de gas	Realizar ajustes en uniones roscadas y comprobar su hermeticidad
6	Verificar los controles de nivel y de alarma por debajo del nivel de agua	Colocar el control del quemador en bajo fuego, apagar la bomba de alimentación de agua y controlar el nivel de apague de la caldera, activar alarma de bajo nivel.

**Tabla 12.** Operaciones de mantenimiento semanal, (Continuación).

<b>ÍTEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ACCIÓN A REALIZAR</b>
7	Verificar que no haya fugas de gases ni de aire en juntas de ambas tapas ni en las mirillas	Sellar fugas y reajustar pernos de tapas
8	Supervisar los prensaestopas y sellos mecánicos de las bombas de alimentación de agua	Reajustar pernos de la prensa y estopas
9	Limpiar y verificar el filtro del compresor de aire	Secar y limpiar el filtro de aire u reemplazar si se necesita

Documento de respaldo es la ficha de mantenimiento preventivo semanal, Véase en el Anexo 12.

### **3.7.3 Mantenimiento preventivo mensual**

Los procedimientos de mantenimiento mensuales previenen el desgaste prematuro y mantienen la calibración adecuada como la revisión de conexiones eléctricas, lubricación de partes móviles, calibración de instrumentos de medición. para una operación precisa, por ello se realiza inspecciones y servicios más detallados para asegurar la integridad a largo plazo del equipo; cada actividad debe ser ejecutadas por el operario encargado.

A continuación, se presenta en la siguiente Tabla 13 las rutinas que se deben ser tomadas en cuenta.

**Tabla 13.** Operaciones de mantenimiento mensual.

<b>ÍTEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ACCIÓN A REALIZAR</b>
1	Revisar el funcionamiento del quemador, desarmando y limpiando el sistema de encendido y los electrodos.	Limpiar las toberas Limpiar los electrodos y darle la tolerancia adecuada. Ver el accionar del modutrol. Revisar si las aletas si están deformadas. Revisar las varillas del control modutrol Limpiar los componentes y regleta.

**Tabla 13.** Operaciones de mantenimiento mensual, (Continuación).

<b>ÍTEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ACCIÓN A REALIZAR</b>
2	Limpiar los filtros de combustible.	Destapar, limpiar y retirar la suciedad acumulada.
3	Limpiar las toberas.	Inspeccionar, limpiar y retirar la suciedad acumulada
4	Limpiar las mirillas delantera y posterior.	Esta labor se realiza cuando la caldera se encuentra totalmente apagada o antes de encenderla, limpiar y secar
5	Lubricar los rodamientos y las piezas móviles.	Aceitar los rodajes, ejes y partes metálicas móviles en contacto
6	Limpiar el filtro de agua de alimentación.	Destapar, limpiar y retirar la suciedad acumulada
7	Revisar los prensaestopas o el sello mecánico de la bomba de agua de alimentación.	Reajustar pernos de la prensa y estopas
8	Comprobar el alineamiento de la bomba de agua con el motor eléctrico.	Verificar alineamiento
9	Revisar el sistema eléctrico del motor ventilador.	Ajustar conexiones y medir voltaje de corriente en el arranque
10	Realizar el mantenimiento del motor — ventilador.	Limpiar la malla de entrada de aire del ventilador Limpiar y revisar el motor ventilador Limpiar y revisar el rotor, ver los álabes que estén correcto o cambiarlos Verificar la intensidad de la corriente del motor



**Tabla 13.** Operaciones de mantenimiento mensual, (Continuación).

<b>ÍTEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ACCIÓN A REALIZAR</b>
11	Revisar, limpiar y probar las válvulas solenoide y controles.	Limpiar y comprobar su funcionamiento mediante pruebas eléctricas; si están averiadas, reemplazarlas
12	Revisar, limpiar y probar las válvulas de seguridad.	Ver si existe fuga de vapor en las válvulas de seguridad o niples de conexión Probar la apertura de las válvulas
13	Limpiar el tablero y los controles eléctricos.	Chequeo general de los cables y contactos Si los cables se encuentran recalentados, cambiarlos Chequeo de contactores, relés y verificar su estado
14	Verificar la parte eléctrica del quemador fotocelda, amplificador de llama, controles de nivel, presostatos, transformador de ignición, entre otros.	Probar el funcionamiento de cada componente
15	Verificar las tuberías de gas GLP/GN o biodiésel DB5; si uno percibiera el olor a gas de inmediato proceder a la paralización del sistema hasta repararlo.	Verificar fugas de combustible por las conexiones, reguladores o válvulas
16	Reponer aceite al tanque del compresor (de ser el caso).	Completar nivel de aceite

**Tabla 13.** Operaciones de mantenimiento mensual, (Continuación).

<b>ÍTEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ACCIÓN A REALIZAR</b>
17	Realizar el análisis de los gases de combustión.	Utilizar un analizador de gases de combustión
18	Regular la relación aire-combustible.	Utilizar un analizador de gases de combustión para la regulación
19	Inspeccionar los puntos calientes (fallo del refractario).	Utilizar termómetro infrarrojo lo termómetro de contacto
20	Verificar el estado y funcionamiento de las trampas de vapor y accesorios en el retorno del condensado.	Utilizar una pistola de ultrasonido
21	Limpiar el visor de nivel de agua y su base verificando que no haya sedimentos.	Limpieza de visor y su base (extracción de sedimentos),

El documento de respaldo de esta tabla es la ficha de mantenimiento preventivo semanal, Véase en el Anexo 13.

#### **3.7.4 *Mantenimiento preventivo semestral***

Los procedimientos de mantenimiento semestrales permiten asegura que se realicen reparaciones importantes antes de que afecten la operación general y la seguridad, cada actividad debe ser ejecutadas por el operario encargado.

A continuación, se presenta en la siguiente Tabla 14 las rutinas que se deben ser tomadas en cuenta.

**Tabla 14.** Operaciones de mantenimiento semestral.

<b>ÍTEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ACCIÓN A REALIZAR</b>
1	Limpiar y revisar la columna de agua	Revisar los grifos, válvulas tricox, tubo pirex, empaquetaduras cambiar si requieren Revisar los componentes, eléctricos de los equipos, accesorios de funcionamiento de la caldera
2	Cambiar las empaquetaduras del tubo visor de nivel de agua	Cambiar empaquetaduras
3	Verificar el funcionamiento del compresor (de ser el caso)	Revisar o comprobar su presión de trabajo Verificar la intensidad de corriente del equipo.
4	Verificar el funcionamiento de la bomba de combustible	Verificar la existencia de fugas, corregir y reparar
5	Verificar la presión de operación de gas	Regular y/o reemplazar
6	Verificar los valores del manómetro principal y termómetro de gases	Calibrar y/o reemplazar
7	Realizar el mantenimiento de las válvulas de purgas de fondo rápida y lenta	Verificar el funcionamiento y presencia de fugas. Reparar y/o reemplazar
8	Revisar de la tapa de entrada de hombre y mano de la caldera	Dejar que se enfríe la caldera para ver en qué condiciones se encuentra la superficie de evaporación. Verificar si hay indicio de corrosión, picadura o incrustaciones Cambiar las empaquetaduras de entrada de mano y de hombre de ser necesario

Su correspondiente ficha de mantenimiento, Véase en el Anexo 14.

### 3.7.5 *Mantenimiento preventivo anual*

Los procedimientos de mantenimiento anuales se llevar a cabo una revisión completa y mantenimiento profundo como desgaste acumulativo, actualizar sistemas según sea necesario y cumplir con los requisitos normativos, así de esta manera preparar el equipo para otro año de operación. A continuación, se presenta en la siguiente Tabla 15 las rutinas que se deben ser tomadas en cuenta.

**Tabla 15.** Operaciones de mantenimiento anual.

<b>ÍTEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ACCIÓN A REALIZAR</b>
1	Abrir las tapas posteriores y delanteras para verificar el arco refractario y el cono	Verificar en qué condiciones se encuentra el arco refractario, si la caldera es de espalda seca o de espalda húmeda ver como se encuentran los caños, si están rajados o fisurados reemplazarlos si es necesario
2	Realizar limpieza mecánica de tubos de fuego	Limpiar el hollín con una escobilla de fierro los tubos de fuego.
3	Realizar la limpieza de superficies del lado de agua	Limpieza de la superficie con agua a presión. Observar en qué condiciones se encuentran los tubos si filtra agua por las placas, si es factible cambiados Ver como se encuentran los tubos por fuera (externamente); si se encuentran con incrustaciones, limpiarlos con presión de agua. Si las incrustaciones no se desprenden con la presión del agua, se hará una limpieza química mediante una empresa especializada

4	Cambiar empaquetaduras de puerta, entradas de hombre y de mano	Reemplazar las empaquetaduras de las puertas, entradas de mano y entrada de hombre.
5	Desmontar totalmente el quemador y cambiar los componentes en mal estado.	Revisión y limpieza de la bomba de combustible, el motor, ventilador, deflector, reguladores de aire, petróleo electrodos, conductos de suministro, válvulas solenoides ignitor, sensor de llama. fotocelda, piloto de encendido con gas GLP, etc.  Reemplazar de ser necesario
6	Desmontar el rodete y verificar su balanceo dinámico si hay vibración	Limpieza de rodete. Balanceo Estático y Dinámico. Reparación y/o reemplazo.
7	Inspeccionar las placas de hogar y tubos de caldera	Realizar una medición de espesores de planchas de la caldera mediante equipos de ultrasonidos para calderas con mayor de 10 años de vida útil
8	Cambiar las toberas y electrodos	Toberas desbocadas y no atomiza bien al quemar los combustibles líquidos y gaseosos (reemplazarlos).  Electrodos con desgaste o con presencia de fisuras (reemplazarlos)
9	Verificar el funcionamiento de las válvulas de seguridad	Verificar presencia de fugas y corregirlas  Corregir asentamientos de componentes Regulación y certificación de la presión de descarga
10	Limpiar el tanque de condensado, contenedores válvula flotadora, entre otros	Limpieza interior y exterior del tanque. Regulación y/o cambio de válvula flotadora. Cambio de termómetro y tubo visor (de

		ser necesario).
		Ajuste de conexiones, tuberías, accesorios, válvulas, drenaje, cambio de ser necesario
11	Cambiar el tubo visor de nivel agua y empaquetaduras	El tubo presenta desgaste en los extremos o se encuentra rajado (reemplazarlo) incluye empaquetaduras
12	Revisar del aislamiento térmico del cuerpo y reparar, si requiere	Verificar los puntos calientes de la caldera. Verificar estado del aislamiento térmico Reparación y/o reemplazo de la cubierta metálica de acero inoxidable 304 de 0.5 mm Reemplazar de ser necesario el aislamiento térmico de conductividad:0.24 BTU/hr-pie <sup>3</sup> -°F/pul, Densidad: 8 lb/pie
13	Revisar todo el sistema eléctrico y de control de la caldera	Medición de la resistividad de la puesta a tierra. Revisión y limpieza desde la alimentación eléctrica al caldero. Revisión y limpieza del tablero de control de la caldera, reemplazo de componentes de ser necesario, programador, ignictor, lámparas indicadoras, pulsador de emergencia, alarma, sirena, etc.
14	Revisar el sistema de alimentación de productos químicos	Mantenimiento de bombas dosificadoras, conexiones, mangueras, depósitos. En caso de riesgo por exposición implementar ducha de emergencia lava ojos
15	Revisar y cambiar elementos desgastados de la bomba de alimentación de agua	Verificación la presión de descarga de la electrobomba. Reemplazo de impelente, prensa estopas o sellos mecánicos, rodamientos (de ser el caso).

		<p>Mantenimiento integral del motor eléctrico.</p> <p>Revisión del eje de transmisión, chaveta, acoplamiento (de ser el caso).</p> <p>Pintado anticorrosivo.</p>
16	Realizar una prueba hidrostática a 50% a la presión de trabajo durante una hora, debe ser realizado por personal especializado	Se realizará cada 5 años y por una empresa certificadora
17	Realizar el mantenimiento integral del sistema de ablandamiento de agua suministro de resina revisión de cabeza automático o de válvula multipar	<p>Mantenimiento de válvula multipar o cabeza automática, cambio de componentes internos de ser necesario.</p> <p>Limpieza interior, exterior, pintado.</p> <p>Suministro de grava desgastada, resina.</p> <p>Cambio de toberas y/o árbol de distribución.</p> <p>Limpieza de tanque de salmuera, conexiones válvulas</p>
18	Limpiar el tanque de combustible diario y de almacenamiento de sedimentos contaminantes	<p>Limpieza interior, remoción de sólidos.</p> <p>Mantenimiento y/o reemplazo de conexiones, tuberías, accesorios, válvulas, etc.</p> <p>Mantenimiento de bomba de combustible.</p> <p>Colocación de señalización y advertencia de peligro.</p> <p>Actualizar el ITF-OSINERGMIN</p>
19	Limpiar la chimenea, evaluar y reparar el tanque, si requiere	<p>Limpieza interior (desohillano).</p> <p>Reemplazo de partes dañadas.</p> <p>Mantenimiento y/o reemplazo de dámper de regulación de tiro.</p> <p>Pintado exterior con alta temperatura</p> <p>Cambio de termómetro (de ser el caso).</p>

20	Realizar el mantenimiento de válvula de salida de vapor	<p>Evaluación de fugas.</p> <p>Asentamiento de componentes de la válvula check- globo.</p> <p>Cambio de accesorios inferiores (de ser el caso).</p> <p>Pintado exterior.</p> <p>Mantenimiento de juntas de dilatación.</p>
21	Realizar el mantenimiento de la estructura complementaria del caldero y anclaje del mismo	<p>Verificación del anclaje de la Caldera (de preferencia pernos de expansión con cemento químico).</p> <p>Mantenimiento y pintado de escalera y plataforma de apertura de válvulas (implementar de no contarse con ello).</p>
22	Realizar el mantenimiento de tanque de purga	<p>Revisión y/o fijación con pernos de expansión.</p> <p>Verificación y corrección de fugas.</p> <p>Pintado exterior</p>
23	Realizar el mantenimiento de medidores de flujo	<p>Mantenimiento de Medidor de flujo de vapor</p> <p>Mantenimiento de flujo de combustible DB5.</p> <p>Mantenimiento de flujo de combustible GLP / GN</p> <p>Mantenimiento de flujo de agua de alimentación</p>
24	Realizar el mantenimiento de manifold o cabecero de vapor	<p>Mantenimiento de colgadores, amortiguadores, etc.</p> <p>Verificar o reemplazar el aislamiento con lana miral 2.</p> <p>Reemplazar e implementar el recubrimiento con acero inoxidable 304 de 0.5mm</p>



		Mantenimiento del sistema de trampeo de vapor de la bolsa de condensado
25	Realizar el mantenimiento de la Infraestructura	<p>Las tuberías de fluidos deben estar en las canaletas respectivas (no exterior).</p> <p>Las canaletas deben ser de rejilla metálica debidamente pintada.</p> <p>El piso tendrá un acabado pulido industrial a base de polímero o similar.</p> <p>La iluminación será adecuada evitando la presencia del fenómeno de flicker en el mismo.</p> <p>Retirar cualquier elemento que no corresponda a la sala de caldera.</p> <p>Implementar un ambiente para la Sal Industrial y los productos químicos.</p> <p>Mejorar el sistema de puesta a tierra</p>
26	Verificar la seguridad	<p>Elaborar la matriz de riesgo</p> <p>Instalar extintores de la capacidad y aplicación adecuada dentro y fuera de la sala de calderas.</p> <p>Instalar lámparas de emergencia en la sala.</p> <p>Ventilar adecuadamente el ambiente con inyectores y extractores de aire (de ser necesario).</p> <p>En caso de uso de combustibles gaseosos implementar detectores de combustibles y el enclavamiento al sistema de inyección-extracción de gases, el cual deberá estar debidamente aterrado y contar con motores a prueba de explosión</p>

---

Efectuar los procedimientos de limpieza química en el caso de presentarse incrustaciones

Comprobar que la caldera no tenga presión, ni tensión eléctrica.

Comprobar que el agua de la caldera se encuentra a una temperatura de 30°C, enseguida abrir la tapa de la entrada de hombre.

Una vez retirada la tapa de entrada de hombre, calentar el agua a 60°C, en llama baja.

Agregar 50 kilos del producto desincrustante seleccionado, observando la reacción que produce con el agua.

Si es necesario, seguir agregando desincrustante y elevando la temperatura a 80°C hasta lograr la reacción del producto con el agua apagando la caldera.

Una vez llegado el punto de calentamiento de la reacción, apagar la caldera dejando reposar unas 24 horas.

Abrir todos los registros de mano para evacuar toda el agua que quedó en reposo en la caldera, con una manguera a presión de agua se limpia la parte interna.

Una vez que se ha evacuado todas las incrustaciones, cerrar las entradas de mano, llenando la caldera de agua al nivel requerido, agregando producto

---

---

neutralizante y elevando a una temperatura de 70°C. Este proceso se realiza durante 5 veces al día, por último, dejarlo reposar hasta el día siguiente.

Evacuar el agua de la caldera y realizar nuevamente limpieza con agua a presión internamente con los extremos de manos abiertas, terminando el proceso, cerrar la entrada de mano y la de hombre.

Elevar la presión de la caldera al 80°C de su límite de trabajo, reajustando todos los pernos de las tapas y registros.

Si no existe fuga de agua, elevar al 100% de su límite de trabajo la presión.

---

28	Arranque de Caldera	<p>Encendido de la caldera y comprobar el funcionamiento y el pase de llama baja.</p> <p>Encendido y parada de la caldera por límite de presión establecida.</p> <p>Encendido y parada de la (s) electrobomba (s) por bajo nivel de agua.</p> <p>Verificación de la presión de la (s) electrobombas (s).</p> <p>Comprobación de la desactivación del quemador por carencia de agua.</p> <p>Verificación del funcionamiento de la fotocelda.</p> <p>Verificación del funcionamiento y</p>
----	---------------------	--

---

---

disparo de la válvula de seguridad a las presiones establecidas.

Verificación del funcionamiento de los controles de presión (presostato) en llama baja y alta.

Verificación del funcionamiento de las válvulas de purga de fondo.

Verificación de las fugas de vapor en los registros de entrada de hombre y manos.

Comprobación y verificación del tiro de la chimenea y la temperatura de salida de los gases.

Verificación de la llama mediante los visores posteriores o delantero.

Verificación de la presión de la bomba de petróleo en llama baja y alta.

Comprobación de las pruebas de eficiencia de la caldera en los gases de combustión a la atmósfera y su temperatura.

---

Sus correspondientes fichas de mantenimiento preventivo anual, Véase en el Anexo 15.

La relevancia de detallar cada proceso a realizar en tanto al mantenimiento de la caldera es importante ya que en él se registran observaciones y se evalúa la frecuencia del mantenimiento, esto es de soporte para el departamento de mantenimiento quien realiza los informes finales del estado físico de cada equipo que manejan, esto con el objetivo de previsualizar las necesidades que puedan llegar a presentarse según las averías que vayan a tener.

También se menciona que estas fichas son de respaldo para el departamento conforme a la auditoría que les realizan por parte del MSP, el cual solicita respaldar cada proceso con

documentación esto con la finalidad de comprobar si se realiza mantenimiento. Ahora bien, un punto importante es que cada año se debe realizar un plan de mantenimiento justificando los requerimientos que necesitan para poder resolver las fallas que presenten y eso se logra obteniendo información a través de las fichas de reportes de mantenimiento tanto diarias, mensuales y anuales, como se detalló anteriormente.

### **3.8 Documentación para la creación de un plan de mantenimiento**

Como se mencionó en el punto anterior los documentos de respaldo son registros de las actividades que se realizan a favor del plan de mantenimiento, por lo que para este estudio se analizó los documentos que se necesitan para adjuntar al plan de mantenimiento; estos son:

- Orden de Trabajo / Orden de Servicio
- Hoja de vida y control de fallos
- Ficha de mantenimiento diario, semanal, mensual, semestral, anual.
- Informe Final de Mantenimiento

Estos documentos son necesarios para un adecuado análisis de la caldera y son el sustento para la creación del plan de mantenimiento ya que en base a ellos se evalúan los fallos, los requerimientos de maquinaria, etc. Estos documentos base proporcionan información para los técnicos y jefe de mantenimiento para un mejor control del equipo y descripción de soluciones ya efectuadas, también ayudan a obtener un esquema situacional del equipo que soporta sus posibles fallas en el futuro.

#### **3.8.1 Orden de trabajo**

Es un documento formal utilizado para realizar autorizaciones y registro de un trabajo a ser ejecutado, es esencial en el área de gestión y mantenimiento ya que proporciona una guía estructurada de tareas, reparaciones, servicios o inspecciones [59]. Véase en el Anexo 16.

### **3.8.2 Hoja de vida y control de fallos**

Es un documento para el registro y gestión de información detallada sobre el rendimiento, historial del equipo a tratarse. Es una herramienta fundamental para la gestión de activos y un mantenimiento preventivo [60]. Véase en el Anexo 17.

### **3.8.3 Ficha de Mantenimiento**

Es un documento utilizado para registrar, planificar y establecer las actividades de mantenimiento de equipos en general, su principal objetivo es asegurar que todos los deberes de mantenimiento sean ejecutados de forma sistemática y eficientemente, siendo un instrumento fundamental para la gestión de mantenimiento preventivo y correctivo en diversos departamentos de la industria [61]. Véase en el Anexo 18.

### **3.8.4 Informe final de mantenimiento**

Se detalla como un documento comprensivo que refleja un resumen de las actividades, hallazgos, acciones, durante un periodo específico en mantenimiento de un proyecto concreto [62]. Véase en el Anexo 19.

## **CAPÍTULO IV**

### **DETERMINACIÓN DEL PRESUPUESTO PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Este capítulo explica que el HAIAM determina que monto requiere para realizar su plan de mantenimiento, para esta tesis solo se considerará el plan de mantenimiento preventivo de la caldera, ya que se realiza para cada máquina que el área de mantenimiento está a cargo.

HAIAM al pertenecer al área de salud pública del país está sujeto a supervisión y contraloría como se cita en sus Art.23/ Art.24 y Art.47 de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública [63] , el cual dentro de sus objetivos esta incrementar el uso eficiente del presupuesto y mejorar la eficiencia y efectividad de las actividades operacionales del Ministerio de Salud Pública y entidades adscritas es decir que todo plan de mantenimiento ya sea correctivo o preventivo debe pasar y ser evaluado por MSP, para su debido análisis y aprobación y bajo esta premisa se define el desembolso del presupuesto que requiere el plan de mantenimiento para ser desarrollado durante el año, el mismo debe ser presentado en diciembre año anterior para su debido análisis los dos primeros meses del año próximo y su aprobación o declinación en marzo del próximo año, esto se realiza con la finalidad de abrir la convocatoria y certificar la disponibilidad presupuestaria y la existencia presente o futura de recursos suficientes para cubrir las obligaciones derivadas de la contratación.

Podemos mencionar que el presupuesto se comprende como la estimación de un gasto que se designa para la realización de algo, en este caso se destina para el plan de mantenimiento preventivo de una caldera Pirotubular.

Para iniciar este proceso se deben seguir algunos pasos los cuales se detallan a continuación:

#### **4.1 Definición del objeto del presupuesto.**

En esta etapa inicial se trata de determinar cada proceso de mantenimiento, que se detallará muy bien y se necesita, para lograrlo el área de mantenimiento se basa en documentos de respaldo detallados en el capítulo anterior que informan de las fallas e ineficiencias en la operatividad de la caldera y se crea un requerimiento.

En este punto se describe y detalla que se necesita realizar, para esta tesis se tomó en cuenta el objetivo como: Estudio de mercado para el análisis del presupuesto referencial para el plan de mantenimiento preventivo de la caldera Piro tubular de 100 BHP del HAIAM.

#### 4.2 Análisis de gastos para el servicio de mantenimiento preventivo

Para esto es fundamental considerar cuantos procesos se realizarán por máquina, para este estudio se analizará el mantenimiento preventivo de la caldera, estos procedimientos deben detallar un ítem de secuencia, un código CPC (Clasificación Central de Productos), detallar la especificación técnica a realizar o requerir la cantidad, unidad a necesitar, detallar si requiere mano de obra y repuestos.

Se detallan todos los materiales o herramientas, repuestos, procedimientos y asistencia profesional que se requieren para llevar a cabo el mantenimiento preventivo.

En este paso, el área de mantenimiento detalla con exactitud que va a requerir para que pueda realizar el mantenimiento, de igual manera describe si requiere equipos complementarios u repuestos de componentes de la caldera, si en caso llegaran a necesitar intervención de empresa privada para temas más complejos como la calibración del equipo, se debe citar eso exactamente y evaluar el costo promedio.

En la siguiente Tabla 16 se detalla los procedimientos generales que se realizara para el mantenimiento preventivo que se ajusta a las revisiones diarias, semanales y anuales.

**Tabla 16.** Costos de los procedimientos a realizarse en la caldera.

<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CANT</b>	<b>COSTO</b>	<b>TOTAL</b>
Mantenimiento bomba de combustible	2	52.96	105.92
Mantenimiento control de nivel	2	120.00	240.00
Mantenimiento tanque de condensado	2	100.00	200.00
Mantenimiento electromecánico	2	100.00	200.00
Mantenimiento y calibración quemador	3	120.00	360.00
Limpieza de chimenea	2	80.00	160.00
Mantenimiento y reparación de línea de conducción químico	2	30.00	30.00
Mantenimiento de bomba dosificadora químicos	2	50.00	100.00



**Tabla 16.** Costos de los procedimientos a realizarse en la caldera, (Continuación).

<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CANT</b>	<b>COSTO</b>	<b>TOTAL</b>
Instalación de trampas de vapor	1	560.00	560.00
Pintado de caldera	1	150.00	150.00
Mantenimiento válvulas de purgas	2	100.00	200.00
Mantenimiento de hogar y tubos de caldera	2	145.00	290.00
Mantenimiento bomba de agua	1	180.00	180.00
Limpieza lado de agua	1	210.00	210.00
Limpieza lado de fuego	1	200.00	200.00
Mantenimiento refractario	1	180.00	180.00
Mantenimiento ablandador	1	120.00	120.00
<b><i>Total, gastos procedimientos</i></b>			<b>3485.92</b>

Finalmente, al pie de la tabla de procedimientos a realizar se describe el costo que se estima utilizar para llevar a cabo el mantenimiento, este informe se debe presentar al jefe de mantenimiento quien analizara si es correcto y se ha incluido todo lo que requieren en tanto a los procedimientos a realizar para ejecutar el mantenimiento preventivo completo que necesita la caldera.

La siguiente Tabla 17, se detallan los materiales, herramientas que ayudan a gestionar el trabajo de mantenimiento, la diferencia con la anterior es que no detalla procedimientos es decir mano de obra.

**Tabla 17.** Costos de herramientas a utilizarse al momento de realizar un mantenimiento a la caldera.

<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>CANT</b>	<b>COSTO</b>	<b>TOTAL</b>
Empaques de compuerta delantera y posterior	1	300.00	300.00
Empaquetadura de entrada de hombre y mano	1	300.00	300.00
Pintura caldera	1	120.00	120.00
Pegamento para empaques	2	5.00	5.00
Teflón de vapor	5	3.75	18.75
Analizador gases de combustión	1	320.00	320.00

**Tabla 17.** Costos de herramientas a utilizarse al momento de realizar un mantenimiento a la caldera, (Continuación).

<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>CANT</b>	<b>COSTO</b>	<b>TOTAL</b>
Extensión eléctrica	1	35.00	35.00
Juego alicates	1	72.50	72.50
Alicates de presión	2	10.00	20.00
Juego de llaves Allen, francesas, stilson	1	60.00	60.00
Juego de llaves 13 pzs	1	35.00	35.00
Trampas de 1/2 de vapor	1	540.00	540.00
Filtro de vapor de 1/2	4	60.00	240.00
Multímetro digital	1	45.50	45.50
Martillo de bola 1 libra	1	15.00	15.00
Papel Ph	1	15.00	15.00
Engrasadora de presión	1	350.00	350.00
Varnier	1	73.00	73.00
<b><i>Total, gastos en herramientas</i></b>			<b><i>2564.75</i></b>

Así mismo al final de la tabla debe constar el valor del gasto que requieren para implementar las herramientas que necesiten y poder ejecutar el mantenimiento.

Este paso para lograr la determinación de presupuesto referencial se debe efectuar una búsqueda en el Sistema de Contratación Pública SOCE del SERCOP [64], en este sistema se debe ingresar palabras clave que hagan referencia del procedimiento a realizar ejemplo caldera, una vez realizada la búsqueda queda analizar los costos referenciales del equipo con mismas similitudes y verificar su variación de valores adjudicables dentro de los últimos 24 meses, aquí se debe considerar también valores referenciales a otras entidades que ya la adquirieron y en caso de tener el hospital evaluar el costo propio también, una vez analizados los procesos existentes de años anteriores y revisado el listado de bienes, mano de obra que se consideran en el objeto de contratación se determina si se ajustan a lo que van a necesitar o no, esto quiere decir si en el sistema no hay existencias anteriores o registros que ayuden a dicha evaluación de valores lo

único que se hace es ingresar como nuevo valor para ser adjudicable, ya que no hay similitud en el proceso de búsqueda.

#### **4.2.1 Determinación del presupuesto referencial para el plan de mantenimiento preventivo**

Para el presente plan de mantenimiento se debe considerar las cotizaciones de mercado halladas y el análisis de precios con años anteriores que se ajusten a procedimientos similares a requerir bajo el objeto de contratación. Luego de determinar el valor más conveniente se debe crear un cuadro de resumen en donde conste cuanto es el valor total por requerir en tanto a maquinaria, asistencia técnica y mano de obra.

Una vez cumplidos estos pasos, se puede concluir el proceso de contratación pública que evaluarán las autoridades pertinentes y se obtendrá un resultado en marzo, como dicta la ley. La información subida al sistema servirá de base para su aprobación considerando los valores más bajos para optimizar recursos por parte del MSP, la responsabilidad de asegurar que los valores seleccionados sean verídicos conforme al análisis realizado en este estudio de mercado recae exclusivamente en el área administrativa del solicitante. Por lo tanto, se recomienda avanzar con los procedimientos legales y administrativos pertinentes según la legislación aplicable para garantizar la adecuada presentación del presupuesto.

Una vez determinado los valores estos se deben detallar en un cuadro final. A continuación, en la siguiente Tabla 18, se adjunta el valor estimativo para este plan de mantenimiento.

**Tabla 18.** Presupuesto referencial de un PMP en la caldera.

<b>DETALLE</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Procedimiento/mano obra	<b>3485.92</b>
Repuestos/ herramientas	<b>2564.75</b>
<b>Total, referencial</b>	<b>6050.67</b>

El valor obtenido como resultado final del estudio de mercado, debe constar en el plan de mantenimiento preventivo final y enviar a ser evaluado por el jefe de área y administrativo correspondientemente.

Como se mencionó al inicio de este capítulo, el plan de mantenimiento debe estar sujeto a un objetivo claro que sustente las necesidades a ser tratadas, con esto se busca detallar cada procedimiento y nuevos equipos que se requieran para ejecutar dicho plan.

Una vez preparado el plan de mantenimiento, sustentado con el presupuesto a requerir este se debe presentar al administrativo de área quien es el responsable de ejecutar todo el procedimiento de contratación pública por medio del sistema SERCOP, portal oficial del ministerio de salud que evalúa, analiza y acepta dicho plan, una vez aceptada este designa y adjudica el presupuesto idóneo que cubra la demanda del plan y así se pueda ejecutar.

## CONCLUSIONES

En este estudio realizado podemos concluir la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de una caldera Pirotubular de 100 BHP para el Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor en la ciudad de Quito-Ecuador, desempeñando un papel importante en el registro y control de todas las actividades de mantenimiento que deben realizarse a la caldera antes, durante y después de su uso, esto conlleva que se efectúen diagnósticos claves para determinar la funcionalidad operativa de la máquina.

En el transcurso del estudio se vio la necesidad de la elaboración de una matriz de diagnóstico de fallos, sistema el cual arroja posibles causas de averías de una caldera y las clasifica según el nivel de prioridad para ser resueltas, con base a esta documentación obtenida se logró proyectar un plan de mantenimiento preventivo diario, semanal, mensual, semestral y anual en donde se detallan las actividades y acciones a realizarse para el correcto funcionamiento de la caldera.

Podemos concluir mencionando que el PMP se lo realizó con el objetivo de prevenir fallas de la caldera cuando esta se encuentra en operación, para esto se elaboraron matrices en donde se registran: las características del equipo, las actividades de mantenimiento básicas, se detalla también los recursos a utilizarse y finalmente cuenta con la firma del responsable y verificación del jefe de área esto con la finalidad de que cada proceso de mantenimiento se cumpla correctamente. Las matrices de mantenimiento están pensadas desde realizar actividades de menor prioridad hasta de mayores prioridades, esto quiere decir que hay acciones de mantenimiento con mayor requerimiento de recursos.

Finalmente se puede concluir que el plan de mantenimiento preventivo debe ser anual pero que contenga matrices de mantenimiento diario, mensual, semestral; esto conlleva a que se ejecuten las actividades de mejor manera obteniendo así un procedimiento idóneo, ordenado y progresivo conforme al árbol de fallas que pueda mantener una caldera de estas características; sin embargo ningún plan de mantenimiento puede estar sin su adjudicación monetaria y para esto es fundamental detallar cada proceso de mantenimiento, herramientas, equipos y mano de obra que se requieren para llevar a cabo dicho plan, una vez obtenido el presupuesto de gastos a necesitar este debe ser evaluado por el MSP para su idónea adjudicación según el PMP presentado por HAIAM.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda que el hospital vea que su plan de mantenimiento anual no es adecuado para su equipo (caldera), porque mantiene fallas frecuentes, al ser un equipo que ya ha cumplido con su ciclo de vida, por lo que los desperfectos son constantes, lo que hace que el área de mantenimiento gaste recursos y tiempos innecesarios en su reparación. Es importante mencionar que su plan de mantenimiento no es válido ya que la máquina se inspecciona, una vez al año, complicando aún más la funcionalidad de la máquina por eso se recomienda implementar el plan de mantenimiento semestral, dos veces al año, en donde los primeros seis meses se corrijan fallas internas y las otras posteriores externas.

Se recomienda que al realizar el documento de requerimiento de maquinaria, servicio y mano de obra que debe ingresar al sistema de contratación, la implementación del equipo de un ablandador moderno ya que él está fuera de operación perjudicando a los elementos internos para el funcionamiento de la caldera.

También se recomienda una selección de mayor atención en tanto a los servicios externos del mantenimiento que oferta el MSP, si bien es cierto son empresas seleccionadas bajo convocatoria pública, sin embargo al tener propuestas más económicas que el mercado regular son aceptadas sin evaluación y criterio, este comentario se lo realiza ya que para este estudio se observó su trabajo dentro del HAIAM y no se obtuvo buenos resultados es decir el técnico que asistió no ejecutó su labor profesionalmente ocasionando una problemática; pese a su mala ejecución los daños causados no son atendidos en un tiempo prudente; para contrarrestar esta problemática se recomienda que el área de mantenimiento del hospital bajo nombramiento sea el responsable de realizar dicho mantenimiento ya que los técnicos del área están plenamente capacitados y saben la necesidad que presenta sus equipos, con esto se logra un ahorro de tiempo y recursos teniendo como resultado la optimización de mano de obra y equipo.

De la misma manera se recomienda que el área donde se encuentra la caldera debe ser de uso exclusivo de la misma y debe poseer la señalética correspondiente para el correcto direccionamiento de la gestión de riesgos que esta puede ocasionar, esto se lo menciona ya que el área actualmente se encuentra ocupada como bodega de múltiples equipos, tampoco existe la señalética obligatoria que exige el reglamento; ya que si se realiza un inspección por parte del cuerpo de bomberos puede generar multas y representar un riesgo para su entorno.

Se recomienda la ejecución de un sistema electrónico para la recaudación de información de los mantenimientos a los equipos que maneja en departamento de mantenimiento.

Y para finalizar a mi criterio se recomienda que debido a que el caldero fue repotenciado y de haber superado el tiempo en el cual debe estar operativo, se sugiere un cambio de caldero actual, ya que los calderos en su mayoría tienen una vida de útil de 20 años aproximadamente y el caldero del HAIAM ya tiene más de 30 años en su operatividad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] T. I. Derry, Thomas Kingston and Williams, “Historia de la tecnología”, en *derry1990historia*, España, 1990, p. 251.
- [2] A. M. Domingo, “Apuntes de los temas de Termodinámica”. [En línea].2015. Disponible en: [https://oa.upm.es/38735/1/amd-apuntes-termodinamica-v3\\_0.pdf](https://oa.upm.es/38735/1/amd-apuntes-termodinamica-v3_0.pdf)
- [3] E. X. S. S.L., “La evolución de los tipos de caldera desde su invención”, ENDESA X SERVICIOS S.L. [En línea]. Disponible en: <https://www.endesax.com/es/es/historias/2021/tipos-calderas#:~:text=del siglo XIX-,La historia de las primeras calderas está ligada a la,el ingeniero escocés%2C James Watt.>
- [4] Inoximexico, “Marmita”, Inoximexico. [En línea].2018. Disponible en: <https://inoximexico.com/blog/19/que-es-una-marmita>
- [5] V. J. M. Moreno, “Desarrollo tecnológico e innovación en marmitas autogeneradoras de vapor como alternativa para promover sistemas de calentamiento descentralizado en aplicaciones de procesamiento de alimentos”, *Met&Flu*, p. 59, 2015, [En línea]. Disponible en: [https://www.cdtdegas.com/images/Descargas/Nuestra\\_revista/MetFlu11/5Marmita.pdf](https://www.cdtdegas.com/images/Descargas/Nuestra_revista/MetFlu11/5Marmita.pdf)
- [6] M. J. S. DÁVILA, “Diseño de caldera domestica para quemar bosta”, pontificia universidad católica del Perú facultad de ciencias e ingeniería, 2014. [En línea]. Disponible en: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/88472256/196532412-libre.pdf?1657575277=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDisen%C3%B3%20de%20caldera%20domestica%20para%20quemar.pdf&Expires=1693959457&Signature=X9uiYLV86mpTELKNPMfydmxlvOYBV7qMc~Rp5lJ3rrxKXIvcyoxJv>
- [7] C. De Gas, “Partes de una Caldera. Componentes y Elementos Principales”, Euro air, climatización. [En línea]. 2021. Disponible en: <https://www.euroair.es/blog/partes-de-una-caldera/>
- [8] R. L. Mott y J. A. Untener, *Mecánica de Fluidos*, Séptima. Dayton: Pearson EDUCACIÓN, 2015. [En línea]. Disponible en: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64052339/Mecanica de Fluidos - 7a ed - Mott.pdf?1596080417=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMecanica\\_de\\_Fluidos\\_7a\\_ed\\_Mott.pdf&Expires=1694143921&Signature=BWWg-ek4mCE65LMz1Jfo~1Wz69faiDVDILeAy76wuEl](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64052339/Mecanica de Fluidos - 7a ed - Mott.pdf?1596080417=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMecanica_de_Fluidos_7a_ed_Mott.pdf&Expires=1694143921&Signature=BWWg-ek4mCE65LMz1Jfo~1Wz69faiDVDILeAy76wuEl)
- [9] C. Alberto y S. Medina, “Sistemas Oleohidráulicos”, *Desarrollo Industrial*, núm. Ciencia UNEMI, p. 68, 2011, [En línea]. Disponible en: [https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/2987/1/SISTEMAS OLEOHIDRÁULICOS.pdf](https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/2987/1/SISTEMAS%20OLEOHIDR%C3%81ULICOS.pdf)



- [10] O. Planas, “Termodinámica, Transformación de la energía”, solar-energia.net. [En línea]. 2016. Disponible en: <https://solar-energia.net/termodinamica/propiedades-termodinamicas/temperatura>
- [11] O. T. I. Planas, “Energía”, Energía nuclear. [En línea].2009. Disponible en: <https://energia-nuclear.net/energia/energia-termica>
- [12] C. MATAIX, “Propiedades de los fluidos”, en *mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*, segunda ed., Madrid: ediciones del castillo, s. a., 1986, p. 639. [En línea]. Disponible en: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56936785/fluidos\\_mataix-libre.pdf?1530830855=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DFluidos\\_mataix.pdf&Expires=1694565750&Signature=HrQsHp2o8YZCHI0O8pJYYJpCe1OV6WXpcJ4p8BMZS0KygiOBdcnq6d8KaTLqxc4PhHxE3T3f](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56936785/fluidos_mataix-libre.pdf?1530830855=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DFluidos_mataix.pdf&Expires=1694565750&Signature=HrQsHp2o8YZCHI0O8pJYYJpCe1OV6WXpcJ4p8BMZS0KygiOBdcnq6d8KaTLqxc4PhHxE3T3f)
- [13] C. a. d. agudelo y j. r. n. vicentes, *introducción a la mecánica de fluidos*. Bogota: universidad nacional de colombia facultad de ingenieria departamento de ingeniería civil e ingenieria agricola, 2004. [En línea]. Disponible en: [https://books.google.es/books?id=ETqRTGieUyYC&lpg=PA5&ots=O67N2wD2Z8&q=definicion de fluido&lr&hl=es&pg=PT7#v=onepage&q=definicion de fluido&f=false](https://books.google.es/books?id=ETqRTGieUyYC&lpg=PA5&ots=O67N2wD2Z8&q=definicion%20de%20fluido&lr&hl=es&pg=PT7#v=onepage&q=definicion%20de%20fluido&f=false)
- [14] A. WebPlus, “Fluido caloportador”, elydan. [En línea].2018. Disponible en: <https://elydan.eu/es/definiciones/fluido-caloportador/>
- [15] J. R. R. Vásquez, “Desarrollo de un Sistema de Control Avanzado de la Presión del Vapor en una Caldera de Tubos de Fuego”, pontificia universidad católica del Perú, 2006.
- [16] J. Rodríguez, “Desarrollo de un Sistema de Control Avanzado de la Presión del Vapor en una Caldera de Tubos de Fuego”, pontificia universidad católica del Perú, 2006. [En línea]. Disponible en: [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/84/RODRIGUEZ\\_JOSE\\_SISTEMA\\_CONTROL\\_VAPOR\\_CALDERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/84/RODRIGUEZ_JOSE_SISTEMA_CONTROL_VAPOR_CALDERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [17] P. haribhakti, P. B. JOSHI, y R. KUMAR, *FAILURE INVESTIGATION OF BOILER TUBES*. United States of America, 2018.
- [18] J. C. Sanchis, “El Hogar en las calderas industriales”, calderas industriales. [En línea]. Disponible en: <https://www.calderasformacion.com/el-hogar-en-las-calderas-industriales/>
- [19] J. D. S. Aguilar, “Determinación de la eficiencia energética del sistema Ambato ( iess ) usando la metodología propuesta por iso 50001”, universidad técnica de Ambato, 2022. [En línea]. Disponible en: [file:///C:/Users/pc/Downloads/Tesis I.M. 693 - Salazar Aguilar Jairo David \(1\).pdf](file:///C:/Users/pc/Downloads/Tesis I.M. 693 - Salazar Aguilar Jairo David (1).pdf)
- [20] C. Sintesa, “Caldera Piro-tubular”. [En línea].2021. Disponible en: <https://calderasintesa.com/producto/calderas-horizontales/>

- [21] S. Doty *et al.*, *Energy Management Handbook*, Ninth. New York: River Publishers, 2020.
- [22] Spirax Sarco, “Principios básicos de la ingeniería del vapor”, en *DISTRIBUCION DEL VAPOR*, 2010.
- [23] E. Tips y S. Steam, “Consider Installing Turbulators on Two-and Three-Pass Firetube Boilers”, *Energy Efficiency & Renewable Energy*, vol. 25, p. 2, 2012, [En línea]. Disponible en: <https://www.campbell-sevey.com/wp-content/uploads/2018/12/Steam-Tip-25-Installing-Turbulators-on-Firetube-Boilers.pdf>
- [24] P. Basu, L. Jestin, y C. Kefa, *Boilers and Burners Design and Theory*. New York: Springer, 1999. [En línea]. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=D\\_j2BwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Basu,+P.+\(1999\).+Boilers+and+Burners:+Design+and+Theory,+Springer-Verlag+Inc.,+New+York.+&ots=ckjqrVHHtn&sig=s\\_aUAMrfJnXcBf4DJZamFJErghQ#v=onepage&q=Basu%2C P. \(1999\). Boilers and Bu](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=D_j2BwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Basu,+P.+(1999).+Boilers+and+Burners:+Design+and+Theory,+Springer-Verlag+Inc.,+New+York.+&ots=ckjqrVHHtn&sig=s_aUAMrfJnXcBf4DJZamFJErghQ#v=onepage&q=Basu%2C P. (1999). Boilers and Bu)
- [25] J. Esquerre, “mejoramiento de una planta térmica mediante la implementación de caldera pirotubular vertical para uso industrial y docente”, Universidad Nacional del Callao, 2016. [En línea]. Disponible en: [file:///C:/Users/pc/Downloads/Jorge\\_Tesis\\_doctorado\\_2016.pdf](file:///C:/Users/pc/Downloads/Jorge_Tesis_doctorado_2016.pdf)
- [26] R. E. Paredes Terán, “ingeniería básica y de detalle de una caldera pirotubular para calentamiento de 5 galones de agua por minuto con quemador para combustible a Diesel, para la empresa: servicios industriales integrales”, 2012. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/5659/T-ESPE-033685.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [27] J. Cahuasqui y J. Monta, “evaluación de la influencia del uso de turbuladores en la eficiencia térmica de la caldera pirotubular abco de 350bhp en la empresa reylacteos c.l.”, escuela politécnica nacional, 2021.
- [28] Permanent Steel Manufacturing Co. Ltd, “ASTM A192”, Permanent Steel Manufacturing Co. Ltd. [En línea]. 2018. Disponible en: <https://www.permanentsteel.com/es/m/newsshow/astm-a192.html>
- [29] D. Astm, “198, 2003: Standard Test Methods of Static Tests of Lumber in Structural Sizes”, *ASTM International. West Conshohocken, PA*.
- [30] Y. S.A., “Cómo instalar Tubos de Fuego en Calderas Pirotubulares?” [En línea], 2010. Disponible en: <https://es.linkedin.com/pulse/cómo-instalar-tubos-de-fuego-en-calderas-yerscommerce-s-a->
- [31] A. Pérez Sánchez, N. Acosta Pérez, G. I. Valero Almanza, E. Ranero González, y E. J. Pérez Sánchez, “Diseño térmico de un economizador de tubos aleteados”, *Nexo Revista Científica*, vol. 34, núm. 06, pp. 1521–1549, 2021, doi: 10.5377/nexo.v34i06.13115.

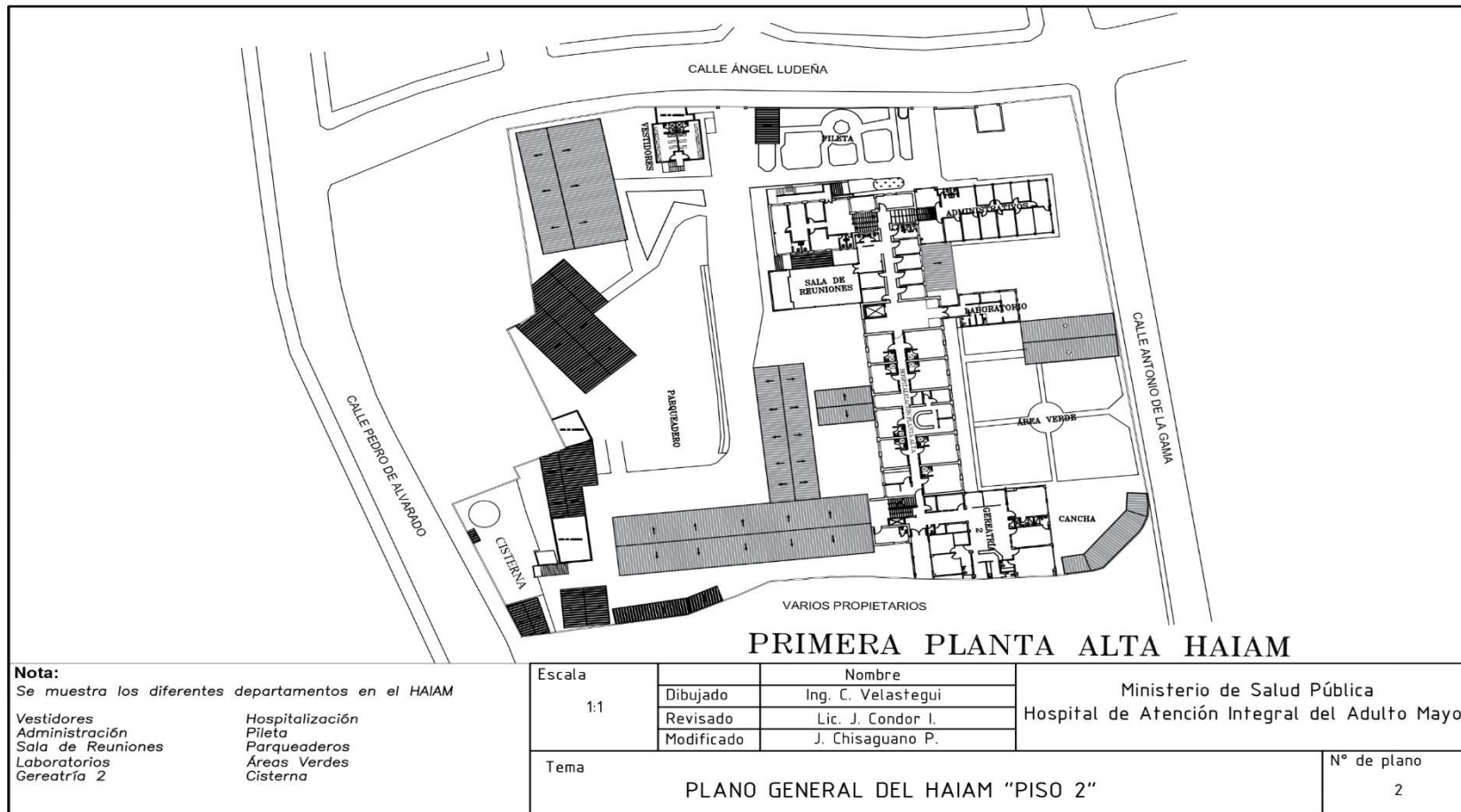
- [32] J. M. Lizana Fernández y E. O. Velasco Rivera, “Diseño de un quemador de combustibles sólidos para estudios físicos y térmicos en la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica”, 2020.
- [33] ATTSU, “¿Qué tipos de control hay de quemadores para calderas industriales?”, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.attsu.com/es/faqs/que-tipos-de-control-hay-de-quemadores-para-calderas-industriales.html>
- [34] L. Deivin, “tanque de condensado”, Scribd. [En línea], 2017. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/352306409/Tanque-de-Condensado>
- [35] Z. Boiler, “¿Cómo trabajan los ablandadores de agua en las calderas de vapor?”, ZOZEN Boiler. [En línea], 2019. Disponible en: [https://es.zozen.com/faq/d\\_5d687eb74db67f16b63bc8de.html](https://es.zozen.com/faq/d_5d687eb74db67f16b63bc8de.html)
- [36] R. H. Camargo, “Diseño de un sistema de control para el monitoreo de la temperatura de un motor de bomba de agua de 0.75 kW”, Universidad Continental, 2020. [En línea]. Disponible en: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7328/3/IV\\_FIN\\_109\\_TE\\_Huaranga\\_Camargo\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7328/3/IV_FIN_109_TE_Huaranga_Camargo_2020.pdf)
- [37] Fluid engineering company, “¿Qué es una bomba dosificadora?”, fluideco. [En línea], 2018. Disponible en: <https://fluideco.com/que-es-una-bomba-dosificadora/#:~:text=Una bomba dosificadora es un,la hora de la inyección.>
- [38] Wpadmusr23, “curso operador de calderas nivel 2”, curso de calderas. [En línea]. 2018. Disponible en: <http://cursodecalderas.com/curso-de-operador-de-calderas-nivel-2/>
- [39] E. (2014). Dounce Villanueva, *La productividad en el mantenimiento industrial (3a. ed.)*. 2014. [En línea]. Disponible en: [www.editorialpatria.com.mx](http://www.editorialpatria.com.mx)
- [40] P. Media, “ISO 9001”, *LL-C (Certification)*. p. 1, 2020. Consultado: el 22 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://ll-c.com.ec/certificacion/iso-9001/>
- [41] T. Edison y E. Morales, “Universidad central del ecuador facultad de filosofía , letras y ciencias carrera de tecnología electromecánica Mantenimiento preventivo de ascensores nacionales Trabajo que se presenta como requisito previo a la obtención del título : Tecnóloga en Electr”, 2019.
- [42] C. Bambar y S. Alatrística, *Mantenimiento de los establecimientos de salud*. Lima, 2011.
- [43] C. de formación técnica para la Industria, “¿Cuáles son los diferentes tipos de mantenimiento industrial?”, *aula 21*, [En línea], 2014. Disponible en: <https://www.cursosaula21.com/tipos-de-mantenimiento-industrial/>
- [44] R. C. Rivera, “Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica Mantenimiento preventivo de la caldera pirotubular Intesa de 100 BHP M-PT-100-3-WBD2 del Hospital III Yanahuara EsSalud”, 2022.
- [45] A. Eduardo *et al.*, “Propuesta de un plan de mantenimiento para una caldera pirotubular de la empresa Frigorífico Valle de Tenza S.A”, ECCI, 2022.

- [46] S. G. Garrido, “Mantenimiento predictivo”, vol. 1, p. 1, 2013, [En línea]. Disponible en: <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/secciones-ing-mto/mantenimiento/mantenimiento-predictivo>
- [47] O. G. Palencia, “el mantenimiento productivo total y su aplicabilidad industrial”, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2004. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/1294/RED-67.pdf?sequence=1>
- [48] J. ARIAS, I. CORVACHO, G. GONZALEZ, W. GORNALL, y J. LIMA, “Mantenimiento Productivo Total”, centro de formación técnica santo Tomás sede Antofagasta, 2016. [En línea]. Disponible en: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46919473/InformeGerardo-libre.pdf?1467304571=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCENTRO\\_DE\\_FORMACION\\_TECNICA\\_SAN\\_TO\\_TOMAS.pdf&Expires=1698839160&Signature=VSudZ5pu2028E2ExFd24h~M4ZkyOQ4ki2cTSdeuRcqryx8~D](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46919473/InformeGerardo-libre.pdf?1467304571=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCENTRO_DE_FORMACION_TECNICA_SAN_TO_TOMAS.pdf&Expires=1698839160&Signature=VSudZ5pu2028E2ExFd24h~M4ZkyOQ4ki2cTSdeuRcqryx8~D)
- [49] Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor, “Misión y Visión”, Ministerio de Salud Pública. [En línea], 2023. Disponible en: <https://haiam.gob.ec/index.php/hospital/mision-y-vision>
- [50] Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor, “Historia del Hospital”, Ministerio de Salud Pública. [En línea], 2023. Disponible en: <https://haiam.gob.ec/index.php/hospital/historia>
- [51] Ministerio de Salud Pública, “Ecuador Se Vacuna”, 2021. [En línea]. Disponible en: [https://twitter.com/Salud\\_Ec/status/1381694104430649344](https://twitter.com/Salud_Ec/status/1381694104430649344)
- [52] Super Usuario, “Organigrama Institucional”, Ministerio de Salud Pública. [En línea]. Disponible en: <https://haiam.gob.ec/index.php/hospital/organigrama-institucional>
- [53] Steam Logic, “Cómo se pone en marcha un quemador en calderas de vapor”, Steam Logic. [En línea], 2017. Disponible en: <https://steam-logic.com/como-se-pone-en-marcha-un-quemador-en-calderas-de-vapor/>
- [54] J. M. P. Vílchez, ““diseño de caldero de 200 bhp para mejorar la producción de conservas en la empresa grupo gambrinus s.a.c””, 2022.
- [55] J. C. Sanchis, “sistema de encendido en las calderas industriales”. [En línea], 2017. Disponible en: <https://www.calderasformacion.com/sistema-de-encendido-en-las-calderas-industriales/>
- [56] M. B. Belloví, R. M<sup>a</sup>, O. Ramos, y C. M. París, “NTP 679 : Análisis modal de fallos y efectos. AMFE”, 2004.
- [57] S. Rojas Lema, “Failure Mode and Effects Analysis (Fmea) Implementation”, *Ingeniera Química.*, vol. 8, pp. 64–75, 2019, [En línea]. Disponible en: <https://ojs.3ciencias.com/index.php/3c-tecnologia/article/view/767>

- [58] E. U. C. V. Andersson Eduardo Casas Velandia, Miguel Arturo Roa Martin, “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la caldera pirotubular de la empresa FRIGORÍFICO VALLE DE TENZA S.A”, Universidad ECCI, 2022.
- [59] A. Albornoz, “Digitaliza y automatiza tus órdenes de trabajo”, appvizer logo. [En línea], 2020. Disponible en: <https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/field-service-software/orden-de-trabajo>
- [60] V. Garcia, “Cómo se hace la hoja de verificación de calidad digital”, Kizeoforms. [En línea], 2022. Disponible en: <https://www.kizeo-forms.com/es-lat/hoja-de-verificacion-de-calidad-digital/>
- [61] R. O. Masip, “programas o fichas de mantenimiento”, en *mantenimiento preventivo*, Departamen. [En línea], 2020. Disponible en: [https://treball.gencat.cat/web/.content/09\\_-\\_seguretat\\_i\\_salut\\_laboral/publicacions/imatges/qp\\_manteniment\\_preventiu\\_cast.pdf](https://treball.gencat.cat/web/.content/09_-_seguretat_i_salut_laboral/publicacions/imatges/qp_manteniment_preventiu_cast.pdf)
- [62] ENGEMAN, “¿Cómo preparar un buen informe de previsión de mantenimiento?”, ENGEMAN. [En línea], 2021. Disponible en: <https://blog.engeman.com/es/como-preparar-un-buen-informe-de-prevision-de-mantenimiento/>
- [63] Registro Oficial Suplemento, “ley orgánica del sistema nacional de contratación pública”, *Panorama de las Administraciones Públicas América Latina y el Caribe 2020*, pp. 1–58, 2020, doi: 10.1787/05c42120-es.
- [64] Plataforma Gubernamental Financiera, “El Servicio Nacional de Contratación Pública”. [En línea], 2023. Disponible en: <https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/>

# ANEXOS

## Anexo 1. Plano General del HAIAM

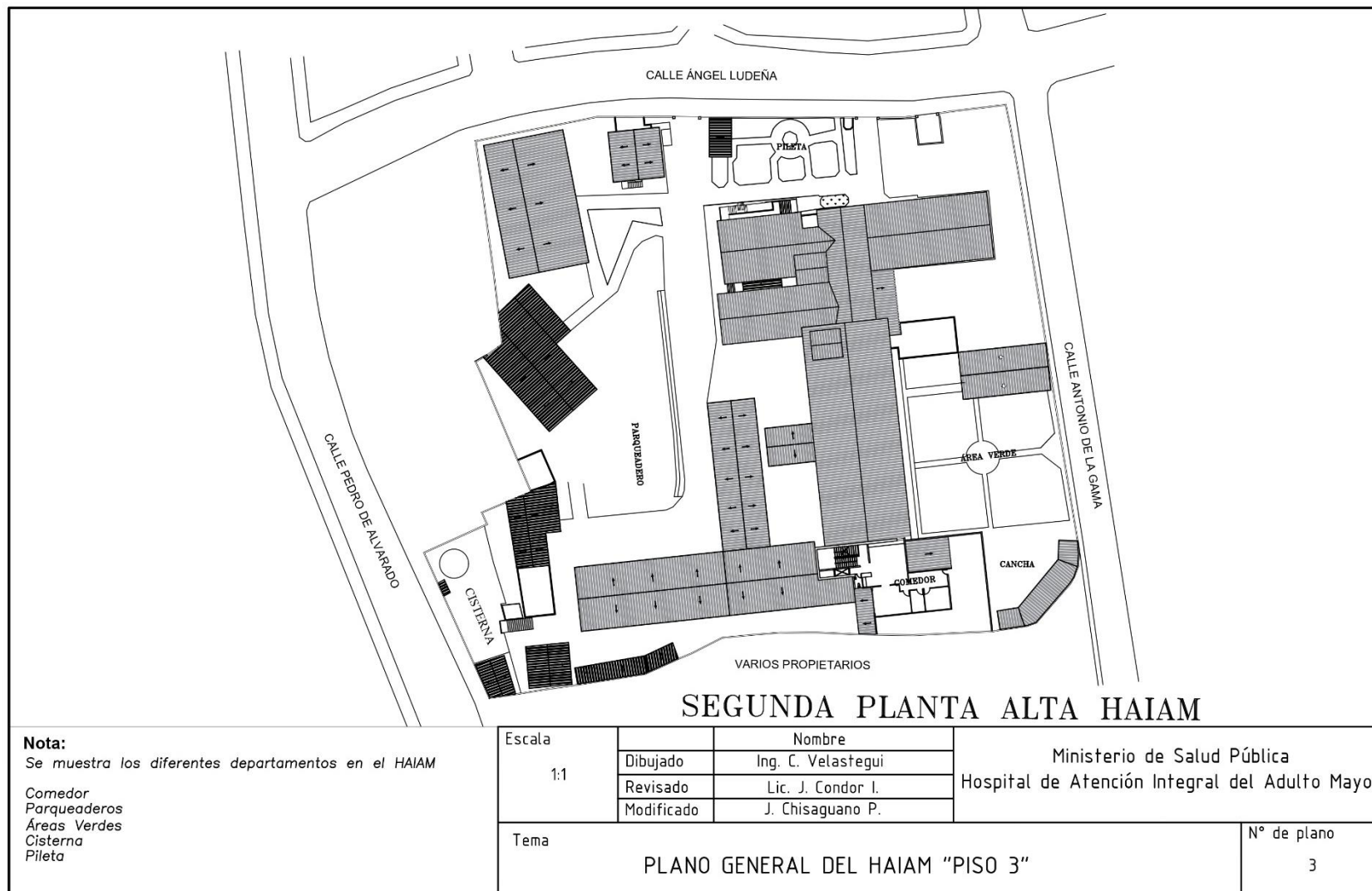


**Nota:**  
Se muestra los diferentes departamentos en el HAIAM

Vestidores	Hospitalización
Administración	Pileta
Sala de Reuniones	Parqueaderos
Laboratorios	Áreas Verdes
Gereatría 2	Cisterna

Escala	1:1	Nombre		Ministerio de Salud Pública Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor
		Dibujado	Ing. C. Velastegui	
		Revisado	Lic. J. Condor I.	
		Modificado	J. Chisaguano P.	
Tema	PLANO GENERAL DEL HAIAM "PISO 2"			N° de plano 2

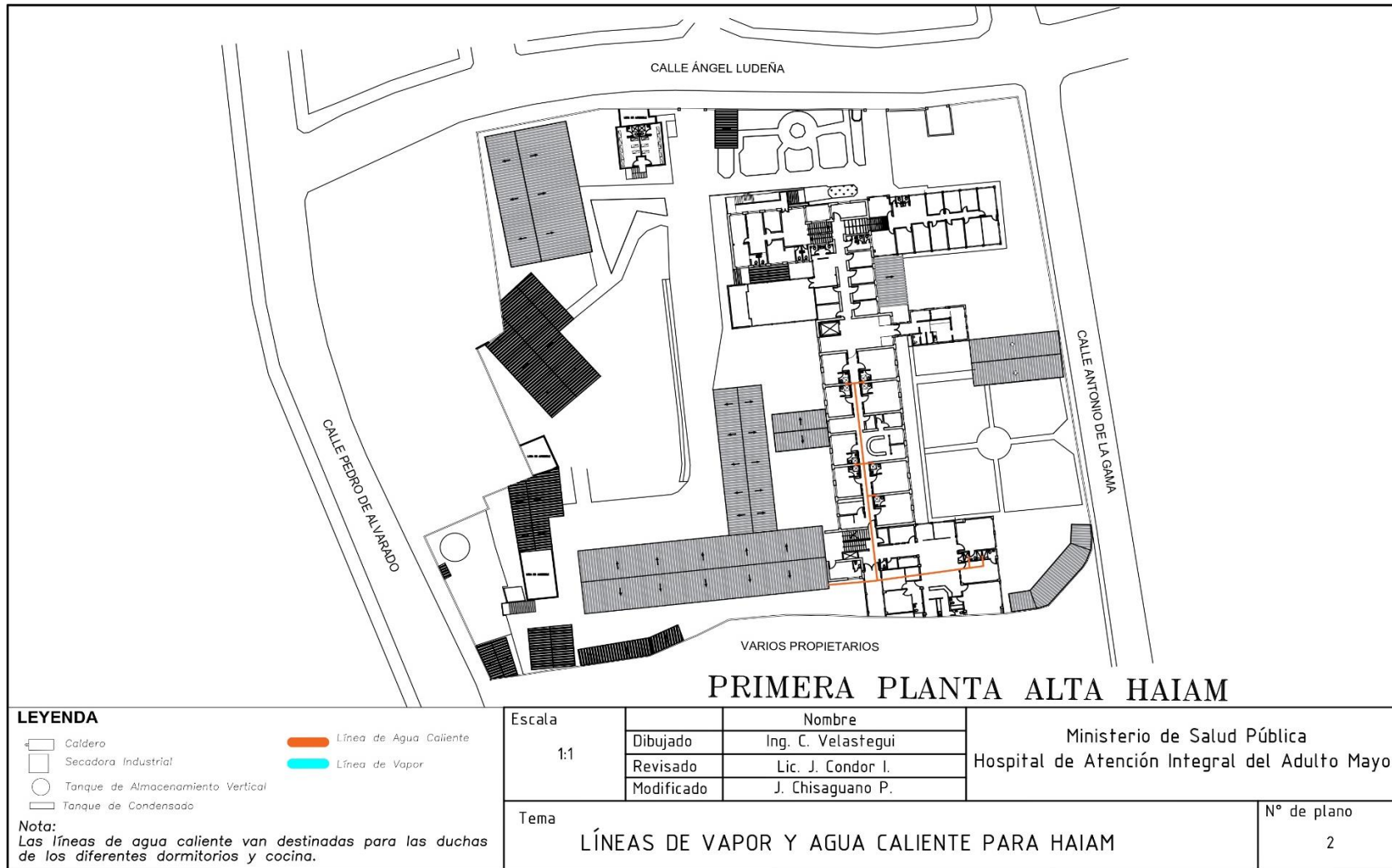
**Anexo 2.** Plano General segunda planta del HAIAM.



**Nota:**  
 Se muestra los diferentes departamentos en el HAIAM  
 Comedor  
 Parquederos  
 Áreas Verdes  
 Cisterna  
 Pileta

Escala 1:1	Nombre		Ministerio de Salud Pública Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor
	Dibujado	Ing. C. Velastegui	
	Revisado	Lic. J. Condor I.	
	Modificado	J. Chisaguano P.	
Tema	PLANO GENERAL DEL HAIAM "PISO 3"		N° de plano 3

Anexo 3. Plano general de líneas de vapor y agua caliente en el HAIAM.







**Anexo 4.** Fichas Técnicas del Ablandador.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA				<b>Ministerio de Salud Pública</b> Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor	
N° 2					
<b>REALIZADO:</b>		Javier A. Chisaguano P.			
<b>REVISADO:</b>		Lic. Juan C. Condor I.			
<b>APROBADO:</b>		Lic. Juan C. Condor I.			
<b>MÁQUINA-EQUIPO</b>	Ablandador de agua		<b>UBICACIÓN</b>	Área de Máquinas	
<b>FABRICANTE</b>	Culligan		<b>SECCIÓN</b>	Caldera	
<b>MODELO</b>	HE 1.5"				
<b>MARCA</b>	Culligan				
CARACTERISTICAS GENERALES					
<b>PESO</b>	S.E	<b>ALTURA</b>	1.51 m aprox.	<b>DIÁMETRO</b>	0.52 m aprox.
<b>CARACTERISTICAS TÉCNICAS</b>			<b>FOTO DE LA MÁQUINA-EQUIPO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión de entrada: 25 – 125 psi</li> <li>• Temperatura: 0 – 48°C</li> <li>• Calidad de agua de ingreso: máximos valores de turbidez – 5 NTU, Cloro – 1 mg/l, Hierro – 5 mg/l</li> <li>• Diámetro de tubería: 1.5 pulgadas</li> <li>• Caudal de agua: 25.1 a 37.4 gpm</li> </ul>					
<b>FUNCIÓN</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran capacidad de tratamiento y flexibilidad de configuración.</li> <li>• Trata hasta 235000 granos de dureza por tanque.</li> <li>• Elimina los minerales duros, se previene la formación de incrustaciones minerales en las superficies internas de la caldera, lo que podría afectar la transferencia de calor y la eficiencia.</li> </ul>					


Anexo 5. Fichas Técnicas de la bomba de agua.

<b>FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA</b>  <b>N° 3</b>		<b>Ministerio de Salud Pública</b> Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor	
<b>REALIZADO:</b> Javier A. Chisaguano P.			
<b>REVISADO:</b> Lic. Juan C. Condor I.			
<b>APROBADO:</b> Lic. Juan C. Condor I.			
<b>MÁQUINA-EQUIPO</b>	Bomba de Agua	<b>UBICACIÓN</b>	Área de Máquinas
<b>FABRICANTE</b>	LYON PUMPS	<b>SECCIÓN</b>	Caldera
<b>MODELO</b>	MP2-130		
<b>MARCA</b>	LYON PUMPS		
<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>			
<b>PESO</b>	S.E	<b>ALTURA</b>	1.2 m aprox.
		<b>DIÁMETRO</b>	0.195 m aprox.
<b>CARACTERISTICAS TÉCNICAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión: 186 psi</li> <li>• Temperatura: 0 – 120°C</li> <li>• Multietapas</li> <li>• Potencia: 4 HP, 3500 Rpm</li> <li>• Caudal de agua: 2 m3/h</li> <li>• 220 v Trifásico</li> </ul>		<b>FOTO DE LA MÁQUINA-EQUIPO</b>	
<b>FUNCIÓN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impulsa el agua a través del sistema, asegurando su circulación continua.</li> <li>• Facilita el flujo del agua a través del intercambiador de calor, donde se produce la transferencia de calor desde los gases calientes de la combustión al agua.</li> </ul>			


**Anexo 6. Fichas Técnicas del Quemador.**

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA No 4				Ministerio de Salud Pública Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor			
<b>REALIZADO:</b> Javier A. Chisaguano P.							
<b>REVISADO:</b> Lic. Juan C. Condor I.							
<b>APROBADO:</b> Lic. Juan C. Condor I.							
<b>MÁQUINA-EQUIPO</b>		Quemador		<b>UBICACIÓN</b>		Área de Máquinas	
<b>FABRICANTE</b>		Baggio x serie		<b>SECCIÓN</b>		Caldera	
<b>MODELO</b>		Bx 100 Modulated					
<b>MARCA</b>		Baggio					
CARACTERISTICAS GENERALES							
<b>PESO</b>	S.E	<b>ALTURA</b>	0.52 m aprox.	<b>ANCHO</b>	0.48 m aprox.	<b>LARGO</b>	0.68 m aprox.
CARACTERISTICAS TÉCNICAS				FOTO DE LA MÁQUINA-EQUIPO			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prepurga: 45 seg</li> <li>• Motor 5 HP</li> <li>• Modulado</li> <li>• 220 V 60 Hz Trifásico</li> </ul>							
<p><b>FUNCIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona una cantidad precisa de combustible y aire al sistema para garantizar una combustión eficiente y completa.</li> <li>• Proporciona un sistema controlado de encendido para iniciar la combustión en el hogar de la caldera.</li> <li>• Garantiza una llama estable y continua, evitando oscilaciones o apagones que podrían afectar el rendimiento de la caldera.</li> </ul>							

**Anexo 7. Fichas Técnicas del tanque de condensado.**

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA No 5				<b>Ministerio de Salud Pública</b> Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor	
<b>REALIZADO:</b> Javier A. Chisaguano P.					
<b>REVISADO:</b> Lic. Juan C. Condor I.					
<b>APROBADO:</b> Lic. Juan C. Condor I.					
<b>MÁQUINA-EQUIPO</b>		Tanque de Condensado	<b>UBICACIÓN</b>		Área de Máquinas
<b>FABRICANTE</b>		Ing. Carlos Abad	<b>SECCIÓN</b>		Caldera
<b>MODELO</b>		S.E			
<b>MARCA</b>		S.E			
CARACTERISTICAS GENERALES					
<b>VOLUMEN</b>	0.65 m3 aprox	<b>DIÁMETRO</b>	0.52 m aprox.	<b>LARGO</b>	1.6 m aprox.
CARACTERISTICAS TÉCNICAS			FOTO DE LA MÁQUINA-EQUIPO		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión de entrada máxima: 150 psi</li> <li>• McDnnell No 221</li> <li>• Temperatura: 0 – 48°C</li> <li>• Diámetro de tubería: 1.5 pulgadas</li> <li>• Material: Acero al carbono " K=7.35"</li> </ul>					
<b>FUNCIÓN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El tanque recoge el agua condensada que se forma cuando el vapor se enfría, ya sea en el propio intercambiador de calor o en el sistema de distribución de vapor.</li> <li>• Se recoge para su reutilización, puede ser devuelta al sistema dealimentación de la caldera para ahorrar energía.</li> </ul>					

**Anexo 8.** Ficha técnica de la bomba dosificadora de químicos.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA No 6				<b>Ministerio de Salud Pública</b> <small>Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor</small>	
<b>REALIZADO:</b>		Javier A. Chisaguano P.			
<b>REVISADO:</b>		Lic. Juan C. Condor I.			
<b>APROBADO:</b>		Lic. Juan C. Condor I.			
<b>MÁQUINA-EQUIPO</b>		Dosificadora de químicos	<b>UBICACIÓN</b>	Área de Máquinas	
<b>FABRICANTE</b>		Pro Minent	<b>SECCIÓN</b>	Caldera	
<b>MODELO</b>		Beta/4			
<b>MARCA</b>		S.E			
CARACTERÍSTICAS GENERALES					
<b>ANCHO</b>	0.17 m aprox.	<b>ALTO</b>	0.14 m aprox.	<b>LARGO</b>	0.09 m aprox.
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			FOTO DE LA MÁQUINA-EQUIPO		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ajuste de la frecuencia de carrera a intervalos del 10 %, del 10 al 100 % (corresponde a 18 - 180 carreras/min.)</li> <li>Conexión para interruptor de nivel de 2 posiciones.</li> <li>Tensión de alimentación multirango de 100 - 230 V, 50/60 Hz</li> <li>Versión de muy baja tensión de 12 a 24 V DC</li> <li>Rango de capacidad de 0,74 - 32 l/h, 25 - 2 bar</li> </ul>					
<p><b>FUNCIÓN</b> Control externo opcional mediante 0/4 – 20 mA y contactos sin potencial con multiplicación y desmultiplicación de impulsos de 64:1 a 1:64.</p> <p>Se puede utilizar con prácticamente cualquier sustancia química líquida gracias a las combinaciones de materiales disponibles: PP, PVDF, vidrio acrílico, PTFE y acero inoxidable.</p>					



Anexo 9. Desperfectos internos de la caldera York Shirpley en el HAIAM.



Anexo 10. Desperfectos externos de la caldera York Shipley en el HAIAM.



Anexo 11. Ficha de mantenimiento preventivo diario.

FICHA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO										Ministerio de Salud Pública Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor	
CARACTERISTICAS GENERALES DEL EQUIPO											
MAQUINA-EQUIPO		UBICACIÓN				PESO					
FABRICACIÓN		BHP				ALTURA					
MODELO		N° SERIE				ANCHO					
MARCA		COD MAQUINARIA				LARGO					
DETALLE			FRECUENCIA							RECURSOS	
ÍTEM	ACTIVIDAD	ACCIÓN A REALIZAR	L	M	M	J	V	S	D	MANO OBRA	EQUIPOS
1	Revisar el funcionamiento del ventilador correspondiente al quemador	Observar los componentes del quemador estén trabajando									
2	Verificar la presión de combustible	Constatar que la presión de combustible este en el rango de trabajo correcto									
3	Verificar el color de la llama y su forma	Constatar visualmente 1 forma homogénea de la llama conforme a su combustible									
4	Revisar la columna del nivel de agua	Verificar que el tubo de nivel de agua este correcto en el McDonell Miller									
5	Verificar la temperatura del agua de condensado	Comprobar que la temperatura del agua. Temperatura de gases en chimenea no oscile mayor a 80 °C a la temperatura del vapor saturado									
6	Comprobar correcto funcionamiento del programador	Verificar cumpla con el ciclo del programador (pre-purga, ignición, prueba de llama, post-purga)									
7	Verificar la temperatura de la salida de gases al exterior	Temperatura de gases en chimenea no mayor a 80 °C a la temperatura del vapor saturado									
8	Medir la dureza y el Ph del agua de alimentación y del agua de la caldera	Tomar una muestra del agua, abriendo la válvula de muestreo y medir Ph y dureza									
9	Tratamiento del agua de alimentación de la caldera	Ablandar y añadir productos químicos, gestionar pruebas de calidad del agua de alimentación									
10	Constatar que el suministro de productos químicos esté para el tratamiento de agua de alimentación de la caldera de vapor y redes de vapor	Dosificar los productos químicos anti incrustantes, secuestradores de oxígeno correctamente									
11	Verificar retorno de condensado	Constatar presencia de óxido o sólidos en suspensión.									
12	Efectuar purgas de fondo, superficie, visor de nivel de agua y purga de mantenimiento interno	Realizar purgas dependiendo su área									
13	Revisar las válvulas de vapor y agua	Verificar si existen fugas de las válvulas									
14	Realizar limpieza del exterior de la caldera	Limpiar superficie de la caldera y el exterior del mismo, equipos auxiliares y ambiente de trabajo									
15	Verificar si existen residuos inusuales	Determinar y corregir las causas de los ruidos en la caldera									
16	Constatar temperatura de presión de instrumentos de medición	Controlar la temperatura en las áreas del tanque de condensado de la chimenea, presión del agua de alimentación y presión del vapor de la caldera de trabajo.									
REALIZADO POR TÉCNICO/ MECÁNICO			APROBADO POR JEFE DE MANTENIMIENTO								



Anexo 12. Ficha de mantenimiento preventivo semanal.

FICHA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SEMANAL						Ministerio de Salud Pública Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor		
CARACTERISTICAS GENERALES DEL EQUIPO								
MAQUINA-EQUIPO		UBICACIÓN		PESO				
FABRICACIÓN		BHP		ALTURA				
MODELO		Nº SERIE		ANCHO				
MARCA		COD MAQUINARIA		LARGO				
DETALLE				FRECUENCIA		RECURSOS		
ÍTEM	ACTIVIDAD	ACCION A REALIZAR	1	2	3	4	MANO DE OBRA	EQUIPOS
1	Limpia filtros del combustible y toberas	Desmontar filtros y limpiar residuos						
2	Limpia electrodo de encendido	Sacar carboncillo formado en electrodo y mantener espacio adecuado.						
3	Revisar el sistema de detección de llama	Cerrar válvula de combustible para extinguir la llama, el ventilador sigue funcionando, en 30 segundos encender el foco piloto por falta de llama						
		Apagar el quemador y ver que enfríe, restablecer el programador y abrir válvula de combustible						
4	Constatar las condiciones de la llama y corregir si es humeante	Regular la presión del combustible y el dámper de suministro de aire						
5	Verificar fugas en conexiones y válvulas de gas	Realizar ajustes en uniones roscadas y comprobar su hermeticidad						
6	Verificar los controles de nivel y de alarma por debajo del nivel de agua	Colocar el control del quemador en bajo fuego, apagar la bomba de alimentación de agua y controlar el nivel de apague de la caldera, activar alarma de bajo nivel.						
7	Verificar que no haya fugas de gases ni de aire en juntas de ambas tapas ni en las mirillas	Sellar fugas y reajustar pernos de tapas						
8	Supervisar los prensaestopas y sellos mecánicos de las bombas de alimentación de agua	Reajustar pernos de la prensa y estopas						
9	Limpia y verifica el filtro del compresor de aire	Secar y limpiar el filtro de aire u reemplazar si se necesita						
REALIZADO POR EL TECNICO/MECANICO:								
APROBADO POR JEFE DE MANTENIMIENTO:								

Anexo 13. Ficha de mantenimiento preventivo mensual.

FICHA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL				Ministerio de Salud Pública Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor													
CARACTERISTICAS GENERALES DEL EQUIPO																	
MAQUINA-EQUIPO	UBICACIÓN			PESO													
FABRICACIÓN	BHP			ALTURA													
MODELO	N° SERIE			ANCHO													
MARCA	COD MAQUINARIA			LARGO													
DETALLE			FRECUENCIA						RECURSOS								
ÍTEM	ACTIVIDAD	ACCION A REALIZAR	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MANO OBRA	EQUIPO	
1	Revisar el funcionamiento del quemador, desarmando y limpiando el sistema de encendido y los electrodos.	Limpiar las toberas															
		Limpiar los electrodos y darle la tolerancia adecuada.															
		Ver el accionar del modutrol.															
		Revisar si las aletas si están deformadas.															
		Revisar las varillas del control modutrol															
		Limpiar los componentes y regleta, revisar los cables eléctricos.															
2	Limpiar los filtros de combustible.	Destapar, limpiar y retirar la suciedad acumulada.															
3	Limpiar las toberas.	Inspeccionar, limpiar y retirar la suciedad acumulada															
4	Limpiar las mirillas delantera y posterior.	Esta labor se realiza cuando la caldera se encuentra totalmente apagada o antes de encenderla, limpiar y secar															
5	Lubricar los rodamientos y las piezas móviles.	Aceitar los rodajes, ejes y partes metálicas móviles en contacto															
6	Limpiar el filtro de agua de alimentación.	Destapar, limpiar y retirar la suciedad acumulada															
7	Revisar los prensaestopos o el sello mecánico de la bomba de agua de alimentación.	Reajustar pernos de la prensa y estopas															
8	Comprobar el alineamiento de la bomba de agua con el motor eléctrico.	Verificar alineamiento															
9	Revisar el sistema eléctrico del motor ventilador.	Ajustar conexiones y medir voltaje de corriente en el arranque															
REALIZADO TECNICO/MECANICO:																	
APROVADO JEFE DE MANTENIMIENTO:																	

Anexo 13. Ficha de mantenimiento preventivo mensual, (Continuación).

FICHA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL				Ministerio de Salud Pública Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor													
CARACTERISTICAS GENERALES DEL EQUIPO																	
MAQUINA-EQUIPO		UBICACIÓN		PESO													
FABRICACIÓN		BHP		ALTURA													
MODELO		Nº SERIE		ANCHO													
MARCA		COD MAQUINARIA		LARGO													
DETALLE				FRECUENCIA				RECURSOS									
ÍTEM	ACTIVIDAD	ACCION A REALIZAR	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MANO OBRA	EQUIPO	
10	Realizar el mantenimiento del motor — ventilador.	Limpia la malla de entrada de aire del ventilador															
		Limpia y revisa el motor ventilador															
		Limpia y revisa el rotor, ver los álabes que estén correcto o cambiarlos															
		Verifica la intensidad de la corriente del motor															
11	Revisa, limpia y prueba las válvulas solenoide y controles.	Limpia y comprueba su funcionamiento mediante pruebas eléctricas; si están averiadas, reemplazarlas															
12	Revisa, limpia y prueba las válvulas de seguridad.	Ver si existe fuga de vapor en las válvulas de seguridad o niples de conexión															
		Probar la apertura de las válvulas															
13	Limpia el tablero eléctrico y los controles eléctricos.	Chequeo general de los cables y contactos															
		Si los cables se encuentran recalentados, cambiarlos															
		Chequeo de contactores, relés y verificar su estado															
14	Verifica la parte eléctrica del quemador fotocelda, amplificador de llama, controles de nivel, presostatos, transformador de ignición, entre otros.	Chequeo de contactores, relés y verificar su estado															
15	Verifica las tuberías de gas GLP/GN o biodiésel DB5; si uno percibiera el olor a gas de inmediato proceder a la paralización del sistema hasta repararlo.	Verifica fugas de combustible por las conexiones, reguladores o válvulas															
16	Reponer aceite al tanque del compresor (de ser el caso).	Completar nivel de aceite															
17	Realizar el análisis de los gases de combustión.	Utilizar un analizador de gases de combustión															
18	Regular la relación aire-combustible.	Utilizar un analizador de gases de combustión para la regulación															
19	Inspeccionar los puntos calientes (fallo del refractario).	Utilizar termómetro infrarrojo lo termómetro de contacto															
20	Verifica el estado y funcionamiento de las trampas de vapor y accesorios en el retorno del condensado.	Utilizar una pistola de ultrasonido															
21	Limpia el visor de nivel de agua y su base verificando que no haya sedimentos.	Limpieza de visor y su base (extracción de sedimentos).															
REALIZADO TECNICO/MECANICO:																	
APROVADO JEFE DE MANTENIMIENTO:																	

Anexo 14. Ficha de mantenimiento preventivo semestral.

FICHA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SEMESTRAL				Ministerio de Salud Pública Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor		
CARACTERISTICAS GENERALES DEL EQUIPO						
MAQUINA-EQUIPO		UBICACIÓN		PESO		
FABRICACIÓN		BHP		ALTURA		
MODELO		N° SERIE		ANCHO		
MARCA		COD MAQUINARIA		LARGO		
DETALLE			FRECUENCIA		RECURSOS	
ÍTEM	ACTIVIDAD	ACCION A EJECUTAR	I SEMESTRE	II SEMESTRE	MANO OBRA	EQUIPO
1	Limpiar y revisar la columna de agua	Revisar los grifos, válvulas tricox, tubo pirex, empaquetaduras cambiar si requieren				
		Revisar los componentes, eléctricos de los equipos, accesorios de funcionamiento de la caldera				
2	Cambiar las empaquetaduras del tubo visor de nivel de agua	Cambiar empaquetaduras				
3	Verificar el funcionamiento del compresor (de ser el caso)	Revisar o comprobar su presión de trabajo				
		Verificar la intensidad de corriente del equipo.				
4	Verificar el funcionamiento de la bomba de combustible	Verificar la existencia de fugas, corregir y reparar				
5	Verificar la presión de	Regular y/o reemplazar				
6	Verificar los valores del	Calibrar y/o reemplazar				
7	Realizar el mantenimiento de las válvulas de purgas de fondo rápida y lenta	Verificar el funcionamiento y presencia de fugas.				
		Reparar y/o reemplazar				
8	Revisar de la tapa de entrada de hombre y mano de la caldera	Dejar que se enfríe la caldera para ver en qué condiciones se encuentra la superficie de evaporación.				
		Verificar si hay indicio de corrosión, picadura o incrustaciones				
		Cambiar las empaquetaduras de entrada de mano y de hombre de ser necesario				
REALIZADO TECNICO/MECANICO:						
APROVADO JEFE DE MANTENIMIENTO:						

Anexo 15. Ficha de mantenimiento preventivo anual.

FICHA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL				Ministerio de Salud Pública Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor	
CARACTERISTICAS GENERALES DEL EQUIPO					
MAQUINA-EQUIPO		UBICACIÓN		PESO	
FABRICACIÓN		BHP		ALTURA	
MODELO		Nº SERIE		ANCHO	
MARCA		COD MAQUINARIA		LARGO	
DETALLE					
ÍTEM	ACTIVIDAD	ACCION A REALIZAR	FRECUENCIA AL AÑO	RECURSOS MANO OBRA EQUIPO	
1	Abrir las tapas posteriores y delanteras para verificar el arco refractario y el cono	Verificar en qué condiciones se encuentra el arco refractario, si la caldera es de espalda seca o de espalda húmeda ver como se encuentran los caños, si están rajados o fisurados reemplazarlos si es necesario			
2	Realizar limpieza mecánica de tubos de fuego	Limpiar el hollín con una escobilla de fierro los tubos de fuego.			
3	Realizar la limpieza de superficies del lado de agua	Limpieza de la superficie con agua a presión.			
		Observar en qué condiciones se encuentran los tubos si filtra agua por las placas, si es factible cambiados			
		Ver como se encuentran los tubos por fuera (externamente); si se encuentran con incrustaciones, limpiarlos con presión de agua.			
		Si las incrustaciones no se desprenden con la presión del agua, se hará una limpieza química mediante una empresa especializada			
4	Cambiar empaquetaduras de puerta, entradas de hombre y de mano	Reemplazar las empaquetaras de las puertas, entradas de mano y entrada de hombre.			
5	Desmontar totalmente el quemador y cambiar los componentes en mal estado.	Revisión y limpieza de; la bomba de combustible, el motor, ventilador, deflector, reguladores de aire, petróleo electrodos, conductos de suministro, válvulas solenoides ignictor, sensor de llama, fotocelda, piloto de encendido con gas GLP, etc.			
		Reemplazar de ser necesario			
6	Desmontar el rodete y verificar su balanceo dinámico si hay vibración	Limpieza de rodete.			
		Balanceo Estático y Dinámico.			
		Reparación y/o reemplazo.			
7	Inspeccionar las placas de hogar y tubos de caldera	Realizar una medición de espesores de planchas de la caldera mediante equipos de ultrasonidos para calderas con mayor de 10 años de vida útil			
REALIZADO TECNICO/MECANICO:					
APROVADO JEFE DE MANTENIMIENTO:					



Anexo 15. Ficha de mantenimiento preventivo anual, (Continuación).

FICHA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL				Ministerio de Salud Pública Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor	
CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EQUIPO					
MAQUINA-EQUIPO		UBICACIÓN		PESO	
FABRICACIÓN		BHP		ALTURA	
MODELO		Nº SERIE		ANCHO	
MARCA		COD MAQUINARIA		LARGO	
DETALLE			FRECUENCIA	RECURSOS	
ÍTEM	ACTIVIDAD	ACCIÓN A REALIZAR	AL AÑO	MANO OBRA	EQUIPO
8	Cambiar las toberas y electrodos	Toberas desbocadas y no atomiza bien al quemar los combustibles líquidos y gaseosos (reemplazarlos).			
		Electrodos con desgaste o con presencia de fisuras (reemplazarlos)			
9	Verificar el funcionamiento de las válvulas de seguridad	Verificar presencia de fugas y corregirlas			
		Corregir asentamientos de componentes			
		Regulación y certificación de la presión de descarga			
10	Limpiar el tanque de condensado, contenedores válvula flotadora, entre otros	Limpieza interior y exterior del tanque.			
		Regulación y/o cambio de válvula flotadora.			
		Cambio de termómetro y tubo visor (de ser necesario).			
		Ajuste de conexiones, tuberías, accesorios, válvulas, drenaje, cambio de ser necesario			
11	Cambiar el tubo visor de nivel de agua y empaquetaduras	El tubo presenta desgaste en los extremos o se encuentra rajado (reemplazarlo) incluye empaquetaduras			
12	Revisar del aislamiento térmico del cuerpo y reparar, si requiere	Verificar puntos calientes de la caldera.			
		Verificar estado del aislamiento térmico			
		Reparación y/o reemplazo de la cubierta metálica de acero inoxidable 304 de 0.5 mm			
13	Revisar todo el sistema eléctrico y de control de la caldera	Reemplazar de ser necesario el aislamiento térmico de conductividad: 0.24 BTU/hr-pie <sup>3</sup> -°F/pul, Densidad: 8 lb/pie			
		Medición de la resistividad de la puesta a tierra.			
		Revisión y limpieza desde la alimentación eléctrica al caldero.			
14	Revisar el sistema de alimentación de productos químicos	Revisión y limpieza del tablero de control de la caldera, reemplazo de componentes de ser necesario, programador, ignitor, lamparas indicadoras, emisor de emergencia, alarma			
		Mantenimiento de bombas dosificadoras, conexiones, mangueras, depósitos.			
15	Revisar y cambiar elementos desgastados de la bomba de alimentación de agua	En caso de riesgo por exposición implementar ducha de emergencia lava ojos			
		Verificación la presión de descarga de la electrobomba.			
		Reemplazo de impelente, prensa estopos o sellos mecánicos, rodamientos (de ser el caso).			
		Mantenimiento integral del motor eléctrico.			
16	Realizar una prueba hidrostática al-50% a la presión	Revisión del eje de transmisión, chaveta, acoplamiento (de ser el caso).			
		Pintado anticorrosivo.			
		Se realizará cada 5 años y por una empresa certificadora			
REALIZADO TÉCNICO/MECÁNICO:					
APROBADO JEFE DE MANTENIMIENTO:					

Anexo 15. Ficha de mantenimiento preventivo anual, (Continuación).

FICHA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL				Ministerio de Salud Pública Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor	
CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EQUIPO					
MAQUINA-EQUIPO		UBICACION		PESO	
FABRICACION		BHP		ALTURA	
MODELO		N° SERIE		ANCHO	
MARCA		COD MAQUINARIA		LARGO	
DETALLE			FRECUENCIA	RECURSOS	
ÍTEM	ACTIVIDAD	ACCION A REALIZAR	AL AÑO	MANO OBRA	EQUIPO
17	Realizar el mantenimiento integral del sistema de ablandamiento de agua suministro de resina revisión de cabeza automático o de válvula multiport	Mantenimiento de válvula multiport o cabeza automático, cambio de componentes internos de ser necesario. Limpieza interior, exterior, pintado. Suministro de grava desgastada, resina. Cambio de toberas y/o árbol de distribución. Limpieza de tanque de salmuera, conexiones válvulas			
18	Limpieza del tanque de combustible diario y de almacenamiento de sedimentos contaminantes	Limpieza interior, remoción de sólidos. Mantenimiento y/o reemplazo de conexiones, tuberías, accesorios, válvulas, etc. Mantenimiento de bomba de combustible. Colocación de señalización y advertencia de peligro. Actualizar el ITF-OSINERGMIN			
19	Limpieza de chimenea, evaluar y reparar el tanque, si requiere	Limpieza interior (desollano). Reemplazo de partes dañadas. Mantenimiento y/o reemplazo de dímper de regulación de tiro. Pintado exterior con alta temperatura Cambio de termómetro (de ser el caso).			
20	Realizar el mantenimiento de válvula de salida de vapor	Evaluación de fugas. Asestamiento de componentes de la válvula check-globo. Cambio de accesorios infernos (de ser el caso). Pintado exterior. Mantenimiento de juntas de dilatación.			
21	Realizar el mantenimiento de la estructura complementaria del caldero y anclaje del mismo	Verificación del Anclaje de la Caldera (de preferencia pernos de expansión con cemento químico). Mantenimiento y pintado de escalera y plataforma de apertura de válvulas (implementar de no contarse con ello).			
22	Realizar el mantenimiento de tanque de purga	Revisión y/o fijación con pernos de expansión. Verificación y corrección de fugas. Pintado exterior			
23	Realizar el mantenimiento de medidores de flujo	Mantenimiento de Medidor de flujo de vapor Mantenimiento de flujo de combustible DB 5. Mantenimiento de flujo de combustible GLP / GN			
24	Realizar el mantenimiento de manifold o cabezera de vapor	Mantenimiento de flujo de agua de alimentación Mantenimiento de colgadores, amortiguadores, etc. Verificar o reemplazar el aislamiento con lana miral 2. Reemplazar e implementar el recubrimiento con acero inoxidable 304 de 0.5mm Mantenimiento del sistema de trapeo de vapor de la bolsa de condensado			
25	Realizar el mantenimiento de la Infraestructura	Las tuberías de fluidos deben estar en las canaletas respectivas (no exterior). Las canaletas deben ser de rejilla metálica debidamente pintada. El piso tendrá un acabado pulido industrial a base de polímero o similar. La iluminación será adecuada evitando la presencia del fenómeno de flicker en el mismo. Retirar cualquier elemento que no corresponda a la sala de caldera. Implementar un ambiente para la Sal Industrial y los productos químicos. Mejorar el sistema de puesta a tierra			
26	Verificar la seguridad	Elaborar la matriz de riesgo Instalar extintores de la capacidad y aplicación adecuada dentro y fuera de la sala de calderas. Instalar lámparas de emergencia en la sala. Ventilar adecuadamente el ambiente con inyectores y extractores de aire (de ser necesario). En caso de uso de combustibles gaseosos implementar detectores de combustibles y el enclavamiento al sistema de inyección-extracción de gases, el cual deberá estar debidamente aterrado y contar con motores a prueba de explosión			
27	Procesamiento de químicos de caldera	Ejecutar pasos manual			
28	Arranque de caldera	Ejecutar pasos manual			
REALIZADO TECNICO/MECANICO:					
APROVADO JEFE DE MANTENIMIENTO:					

Anexo 16. Tabla de la Ficha de orden de trabajo.

ORDEN DE TRABAJO/SERVICIO				Ministerio de Salud Pública Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor	
FECHA:				N de Orden	
SOLICITANTE:					
TRABAJO SOLICITADO:					
HORA INICIO:		TIEMPO ASIGNADO:		TIEMPO UTILIZADO:	
Sr. (a) Administrador (a): Solicito a usted se sirva disponer al Sr. Responsable de la sección de mantenimiento realice el o los siguientes trabajos, en el área/sección de:					
1.-					
2.-					
3.-					
4.-					
5.-					
REPUESTOS UTILIZADOS				CANTIDAD	
OBSERVACIONES:					
SOLICITANTE:		REVISADO POR:		FIRMA Y SELLO DEL ADMINISTRADOR	





Anexo 18. Tabla de la ficha técnica de mantenimiento.

<b>FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO</b>				<b>Ministerio de Salud Pública</b> <small>Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor</small>			
MÁQUINA-EQUIPO	Caldera Pirotabular		UBICACIÓN		Área de Máquinas		
FABRICACIÓN	1980		BHP		100		
MODELO	SPHV-100-2		NO. SERIE		80-13197 H-77505		
MARCA	YORK SHIPLEY						
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>							
PESO	10 T	ALTURA	2.16 m	ANCHO	1.66 m	LARGO	2.75 m
FECHA DE MANT/REVISIÓN:		/ /		HORA INICIO:		HORA FINALIZACIÓN:	
DETALLE DEL ÁREA Y PROCESO:							
CODIGO DE PROCESO:							
EDICIÓN DOC.		PRIMERA EDICIÓN					
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ÁREA</b>				<b>FOTO DE LA MÁQUINA-EQUIPO</b> ANTES/ DESPUES			
DETALLE DEL DESPERFECTO ENCONTRADO							
SOLUCIONES EJECUTADAS							
OBSERVACIONES							
FECHA PRÓXIMA MANT/ REVISIÓN:							
REALIZADO:							
REVISADO:							
APROBADO:							

Anexo 19. Tabla de informe final de mantenimiento.

INFORME FINAL DE MANTENIMIENTO				Ministerio de Salud Pública Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor	
MÁQUINA-EQUIPO	Caldera	UBICACIÓN	Área de Máquinas		
FABRICACIÓN	1980	BHP	100		
MODELO	SPH	NO. SERIE	80-13197 H-77505		
MARCA	YORK SHIPLEY				
DIARIO		MENSUAL		SEMESTRAL	ANUAL
REVISADO POR:			APROVADO POR:		