



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

**PLAN DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE  
VAPOR EN EL HOSPITAL DE ACCIDENTES, INSTITUTO GUATEMALTECO DE  
SEGURIDAD SOCIAL CEIBAL**

**Eduardo David Laines López**

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, mayo de 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE  
VAPOR EN EL HOSPITAL DE ACCIDENTES, INSTITUTO GUATEMALTECO DE  
SEGURIDAD SOCIAL CEIBAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDUARDO DAVID LAINES LÓPEZ**

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, MAYO DE 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Julio César Campos Paiz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **PLAN DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR EN EL HOSPITAL DE ACCIDENTES, INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL CEIBAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 26 de octubre de 2017.

**Eduardo David Laines López**







Guatemala, 28 de enero de 2019  
REF.EPS.DOC.48.01.19.

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Eduardo David Laines López** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 201020784, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **PLAN DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR EN EL HOSPITAL DE ACCIDENTES, INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL CEIBAL.**

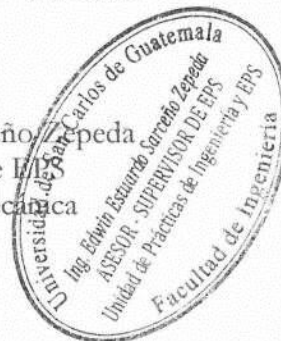
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica



c.c. Archivo  
EDSZ/ra





Guatemala, 28 de enero de 2019  
REF.EPS.D.31.01.19

Ing. Julio César Campos Paiz  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente


Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **PLAN DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR EN EL HOSPITAL DE ACCIDENTES, INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL CEIBAL**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Eduardo David Laines López** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

OAH/ra







**USAC**  
TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.053.2019

El Revisor de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **PLAN DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR EN EL HOSPITAL DE ACCIDENTES, INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL CEIBAL** del estudiante **Eduardo David Laines López, CUI 1941193431401, Reg. Académico No. 201020784** y habiendo realizado la revisión de Escuela, se autoriza para que continúe su trámite en la oficina de Lingüística, Unidad de Planificación.

*"Id y Enseñad a Todos"*

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Revisor  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, febrero de 2019

/aej







**USAC**  
TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.144.2019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **PLAN DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR EN EL HOSPITAL DE ACCIDENTES, INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL CEIBAL** del estudiante **Eduardo David Laines López, CUI 1941193431401, Reg. Académico No. 201020784** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

**"Id y Enseñad a Todos"**

  
Ing. Julio César Campos Paiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, mayo 2019

/aej





Universidad de San Carlos  
de Guatemala

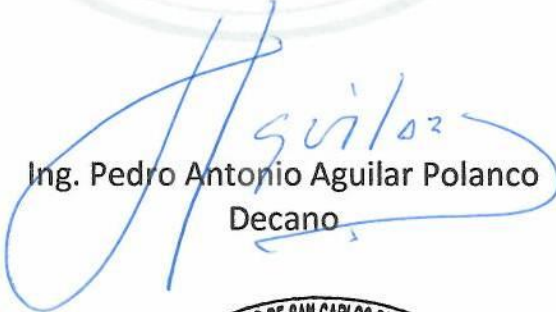


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 235.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **PLAN DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR EN EL HOSPITAL DE ACCIDENTES, INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL CEIBAL**, presentado por el estudiante universitario: **Eduardo David Laines López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, mayo de 2019

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por darme la sabiduría, inteligencia y la capacidad de sobresalir en los momentos más complicados, y permitirme llegar a este punto de mi vida, el cual es el sueño de ser un profesional.

### **Mi madre**

Cecilia López, por el simple hecho de que ella es mi madre, por los sacrificios que ella afrontó de llevarme a donde ahora me encuentro y porque yo siempre estoy en sus oraciones.

### **Mis hermanos**

Ricardo Rolando Laines López, por la ayuda que me brindó en mis estudios y porque fue mi ejemplo a seguir desde pequeño; Yolanda y Elizabeth Laines López, quienes fueron un apoyo incondicional en todo momento. Sin la ayuda de ellos, nada de esto se hubiese cumplido.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por darme la oportunidad de crecer como profesional y el orgullo de ser un sancarlista comprometido con su país.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por dejarme pertenecer a la mejor Facultad de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Por permitirme obtener los conocimientos y desarrollar las prácticas que contribuirán a mi desarrollo como profesional.
<b>Mi asesor</b>	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda, por el apoyo y acompañamiento en la realización de este trabajo.
<b>Hospital de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, Ceibal</b>	Institución que me brindó la oportunidad de realizar este proyecto de graduación, y una mención honorífica al Jefe del Área de Calderas, César Cifuentes, por sus conocimientos y experiencias compartidas.





	1.3.2.2.	Compresor de pistón .....	14
1.3.3.		Equipo de bombeo .....	15
	1.3.3.1.	Bomba para combustible búnker.....	16
		1.3.3.1.1. Bomba de engranajes ...	16
	1.3.3.2.	Bomba para agua.....	17
		1.3.3.2.1. Bomba centrífuga.....	17
		1.3.3.2.2. Bomba tipo turbina .....	18
1.3.4.		Ablandadores de agua .....	19
1.3.5.		Hidroneumáticos .....	19
1.3.6.		Serpentín para caldera.....	19
1.3.7.		Inyector de cloro.....	20
1.3.8.		Motores eléctricos .....	20
1.4.		Mantenimiento.....	20
	1.4.1.	Mantenimiento preventivo .....	20
	1.4.2.	Mantenimiento correctivo .....	21
	1.4.3.	Mantenimiento predictivo.....	21
2.		FASE DE INVESTIGACIÓN.....	23
	2.1.	Ahorro del agua.....	23
	2.2.	Reconocimiento de las áreas de trabajo .....	23
	2.3.	Actividades.....	24
		2.3.1. Supervisión de rutinas de mantenimiento.....	24
		2.3.1.1. Área de inyección de cloro .....	24
		2.3.1.2. Área de cuarto de máquinas .....	25
	2.3.2.	Reconocimiento de los equipos.....	26
	2.3.3.	Inspecciones de posibles fugas.....	26
		2.3.3.1. Válvula de pistón para purga .....	26



3.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	33
3.1.	Reconocimiento del sistema de generación de vapor .....	34
3.1.1.	Datos y especificaciones técnicas. ....	34
3.1.1.1.	Caldera .....	34
3.1.1.2.	Compresor .....	36
3.1.1.2.1.	Compresor de tornillo ...	36
3.1.1.2.2.	Compresor de pistón ....	37
3.1.1.3.	Tanques.....	38
3.1.1.3.1.	Tanque de retorno de condensado .....	38
3.1.1.3.2.	Tanque para agua caliente .....	39
3.1.1.3.3.	Tanque para búnker .....	40
3.1.1.3.4.	Tanque diario para búnker.....	41
3.1.1.3.5.	Tanque diario para agua del tiempo .....	42
3.1.1.4.	Equipo de bombeo.....	43
3.1.1.4.1.	Bomba para combustible búnker .....	43
3.1.1.4.2.	Bombas para agua .....	47
3.1.1.5.	Ablandadores.....	50
3.1.1.6.	Hidroneumáticos.....	50
3.2.	Fallas detectadas en el sistema de generación de vapor .....	51
3.2.1.	Compresor de tornillo .....	52
3.2.2.	Caldera núm. 2 .....	52
3.2.3.	Personal capacitado .....	54
3.2.4.	Red de tuberías .....	55
3.3.	Actividades de mantenimiento.....	55

3.3.1.	Mantenimiento preventivo .....	55
3.3.1.1.	Mantenimiento a la caldera núm. 2.....	55
3.3.2.	Mantenimiento correctivo .....	57
3.3.2.1.	Mantenimiento al compresor de tornillos .....	57
3.3.2.2.	Fajas de transmisión .....	57
3.3.2.3.	Área de inyección de cloro .....	59
3.3.2.4.	Motor eléctrico.....	60
3.4.	Análisis de los mantenimientos realizados .....	60
3.4.1.	Caldera núm. 2.....	61
3.4.2.	Compresor de tornillo .....	62
3.4.3.	Fajas de transmisión .....	63
3.4.4.	Propuesta para mejoras de los mantenimientos .....	63
3.5.	Supervisión del sistema de generación de vapor .....	65
3.6.	Plan de gestión para el mantenimiento del sistema de generación de vapor.....	66
3.6.1.	Rutinas de mantenimiento preventivo para caldera.....	69
3.6.1.1.	Diarios .....	69
3.6.1.2.	Semanal .....	69
3.6.1.3.	Mensual.....	70
3.6.1.4.	Semestral .....	71
3.6.1.5.	Anual .....	71
3.6.2.	Rutinas de mantenimiento preventivo para motor eléctrico.....	72
3.6.2.1.	Semanal .....	72
3.6.2.2.	Trimestral .....	73
3.6.2.3.	Semestral .....	73
3.6.2.4.	Anual .....	73

3.6.2.5.	Recomendaciones para las rutinas de mantenimiento preventivo en los motores eléctricos.....	74
3.6.3.	Rutinas de mantenimiento preventivo para compresor de pistón .....	74
3.6.3.1.	Diaria .....	74
3.6.3.2.	Semanal.....	75
3.6.3.3.	Mensual .....	75
3.6.3.4.	Cuatrimestral o 2 000 horas de uso .....	75
3.6.3.5.	Semestral.....	76
3.6.3.6.	Anualmente.....	76
3.6.3.7.	Recomendación.....	76
3.6.4.	Rutinas de mantenimiento preventivo para compresor de tornillo .....	76
3.6.4.1.	Diaria .....	77
3.6.4.2.	Semanal.....	77
3.6.4.3.	2 000 horas de trabajo .....	77
3.6.4.4.	Recomendación.....	78
3.6.5.	Rutinas de mantenimiento preventivo para bombas centrífugas .....	78
3.6.5.1.	Diaria .....	79
3.6.5.2.	Semanal.....	79
3.6.5.3.	Mensual .....	79
3.6.5.4.	Trimestral.....	80
3.6.5.5.	Anual.....	80
3.6.5.6.	Recomendaciones.....	80
3.6.6.	Rutinas de mantenimiento preventivo para tanque de retorno de condensado .....	81
3.6.6.1.	Diario .....	81

3.6.6.2.	Mensual.....	81
3.6.6.3.	Semestrales .....	81
3.6.7.	Rutinas de mantenimiento preventivo para hidroneumáticos .....	82
3.6.7.1.	Diario.....	82
3.6.7.2.	Trimestral .....	82
3.6.7.3.	Semestral .....	82
3.6.7.4.	Anual .....	83
4.	FASE DE DOCENCIA.....	85
4.1.	Capacitación al personal del área de calderas.....	85
4.1.1.	Importancia de supervisar al sistema de generación de vapor.....	86
4.1.2.	Importancia de tomar los datos reales y no inventados al sistema de generación de vapor .....	86
4.1.3.	Importancia de reportar los mantenimientos .....	87
4.1.4.	Compromiso y responsabilidad de querer mejorar .....	88
	CONCLUSIONES.....	89
	RECOMENDACIONES.....	91
	BIBLIOGRAFÍA.....	93
	ANEXOS.....	95

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación geográfica del hospital de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.....	1
2.	Organigrama del Hospital de Accidentes Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.....	4
3.	Estructura organizacional de la sección de mantenimiento del Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.....	5
4.	Lavadoras del área de lavandería.....	8
5.	Marmitas.....	9
6.	Área de esterilización de central de equipos.....	11
7.	Caldera núm. 2 pirotubular.....	13
8.	Compreso de pistón de 15Hp.....	15
9.	Bomba de engranajes.....	16
10.	Bomba centrífuga.....	18
11.	Fuga en la tubería.....	25
12.	Fuga en la tubería de purga.....	27
13.	Válvula de pistón.....	31
14.	Cuarto de máquinas.....	33
15.	Caldera núm. 2.....	35
16.	Compresor de tornillo.....	36
17.	Compresor de pistón.....	37
18.	Tanque del retorno de condensado.....	38
19.	Tanque para agua caliente.....	39

20.	Tanque para combustible búnker.....	40
21.	Tanque diario para combustible búnker.....	41
22.	Tanque diario para agua.....	42
23.	Sistema de bombeo de combustible búnker del tanque hacia el tanque diario para búnker.....	43
24.	Sistema de bombeo de combustible búnker del tanque diario hacia el precalentador.....	44
25.	Sistema de bombeo de combustible búnker del precalentador a la caldera.....	46
26.	Bomba centrífuga del área de inyección de cloro.....	47
27.	Bomba centrífuga para la distribución de agua a todo el hospital.....	48
28.	Bomba tipo turbina.....	49
29.	Ablandadores.....	50
30.	Hidroneumáticos.....	51
31.	Proceso de mantenimiento preventivo de la caldera núm. 2.....	53
32.	Parte trasera de la caldera en el proceso de mantenimiento preventivo.....	56
33.	Desgaste de las fajas de transmisión en el sistema de bombeo de combustible búnker.....	58
34.	Inyector de cloro.....	59
35.	Esquema del tanque diario para agua.....	95

## **TABLAS**

I.	Rango tarifario en función del consumo mensual.....	29
II.	Especificaciones técnicas de la caldera núm. 2.....	35
III.	Especificaciones técnicas del compresor de tornillo.....	37
IV.	Especificaciones técnicas del compresor de pistón.....	38
V.	Capacidad del tanque para agua caliente.....	39

VI.	Capacidad del tanque para combustible búnker .....	41
VII.	Capacidad del tanque diario para el combustible búnker.....	42
VIII.	Capacidad del tanque diario para agua.....	43
IX.	Motor eléctrico del sistema de bombeo del tanque para bunker al tanque diario para búnker .....	44
X.	Motor eléctrico del sistema de bombeo de combustible búnker del tanque diario al precalentador.....	45
XI.	Motor eléctrico del sistema de bombeo de combustible búnker del precalentador a la caldera.....	46
XII.	Bomba centrífuga del área de inyección de cloro.....	48
XIII.	Bomba centrífuga para la distribución de agua a todo el hospital .....	49
XIV.	Ficha para apunte de mantenimiento .....	67
XV.	Ficha para el chequeo de los equipos.....	68





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Agua
<b>h<sub>a</sub></b>	Altura de aforo
<b>h<sub>t</sub></b>	Altura del agua en el tanque diario para agua
<b>w</b>	Ancho en el interior del tanque diario para agua
<b>Hp</b>	Caballo de fuerza
<b>Q<sub>f</sub></b>	Caudal de la fuga
<b>cm</b>	Centímetro
<b>cm<sup>3</sup>/s</b>	Centímetro cúbico por segundo
<b>d</b>	Diámetro
<b>gal/h</b>	Galón por hora
<b>gal/min</b>	Galón por minuto
<b>Hz</b>	Hercio
<b>h</b>	Hora
<b>Amps</b>	Intensidad de corriente eléctrica
<b>L</b>	Largo en el interior del tanque diario para agua
<b>psig</b>	Libra de fuerza por pulgada cuadrada manométrica
<b>psi</b>	Libra por pulgada cuadrada
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>3</sup>/hora</b>	Metro cúbico por hora
<b>CFM</b>	Pie cúbico por minuto
<b>h<sub>aforo</sub></b>	Promedio de altura del agua en el recipiente
<b>Rdi</b>	Recuperación de inversión
<b>rpm</b>	Revolución por minuto

<b>t</b>	Tiempo
<b>BTU</b>	Unidad de medida del calor
<b>v</b>	Volumen
<b>V<sub>diario</sub></b>	Volumen de agua que se desperdicia al día.
<b>V<sub>mensual</sub></b>	Volumen de agua que se desperdicia al mes
<b>v<sub>t</sub></b>	Volumen del tanque diario para agua

## GLOSARIO

<b>Aforo</b>	El aforo ayuda a calcular el caudal de un fluido y existen diversos métodos de aforo.
<b>Atomización</b>	Proceso que consiste en dividir cada $\text{cm}^3$ de combustible líquido en millones de gotas del tamaño mínimo posible.
<b>Avería</b>	Desperfecto o fallo.
<b>Búnker</b>	Combustible que se deriva del petróleo. Es el combustible con más peso y se puede destilar a presión atmosférica.
<b>Calor</b>	Energía térmica producida por el movimiento de moléculas; la energía térmica que gana o pierde un objeto es lo que se llama calor.
<b>Caudal</b>	Cantidad de fluido (volumen) que pasa a través de una sección por una unidad de tiempo.
<b>Combustión</b>	Reacción química que es producida por oxígeno y un material oxidable, manifestándose por incandescencia o llama.

<b>Energía cinética</b>	Es un tipo de energía asociada a cuerpos que están en movimiento, se define como un trabajo realizado sobre un objetivo, dando como resultado un movimiento.
<b>Engranajes</b>	Mecanismo que se utiliza para transmitir una potencia mecánica de un objeto a otro. Dichos engranajes están formados por al menos dos ruedas dentadas acopladas entre sí.
<b>Esterilización</b>	Proceso por el cual se obtiene alguna superficie libre de microorganismos.
<b>Incrustación</b>	Capa de residuos minerales que se forman en alguna superficie a partir de sustancias disueltas en el agua
<b><i>Manifold</i></b>	Sistema de tuberías que se encargan de recibir vapor a través de un recolector y distribuirlo a diferentes lugares por de varios tubos de diferentes diámetros, unidos al recolector.
<b>Manómetro</b>	Instrumento dedicado a medir la presión de fluidos en sistemas cerrados.
<b>Marmita</b>	Es un recipiente de metal con una tapadera que sirve para aprovechar el vapor. Su función principal es la cocción de los alimentos a través del vapor

<b>Presión</b>	Es una magnitud física que mide la fuerza perpendicular a un área por unidad de superficie.
<b>Presurizar</b>	Mantener constantemente la presión en un sistema cerrado.
<b>Transferencia de calor</b>	Es una propagación del calor cuando dos sistemas de diferentes temperaturas se ponen en contacto.
<b>Válvula</b>	Dispositivo que permite cerrar o abrir el paso de un fluido por un conducto por medio de un mecanismo interno.
<b>Vapor saturado</b>	Es el vapor que se desprende del líquido cuando es calentado a la temperatura de ebullición, en otras palabras, es el vapor que se desprende cuando el líquido hierve.
<b>Vibración</b>	Propagación de ondas elásticas (movimientos repetitivos) de un objeto en una posición de equilibrio.



## **RESUMEN**

El presente estudio se realizó en el área de calderas del Hospital General de Accidentes del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal, ubicado en la 13 avenida 1-51 Colonia Monte Real Zona 4 de Mixco, Departamento de Guatemala.

El estudio determinó que durante los últimos años existió un evidente desinterés por realizar mantenimiento preventivo al sistema encargado de generar y distribuir el vapor saturado hacia la red hospitalaria. El mantenimiento preventivo debería ser una prioridad para este tipo de sistemas, no obstante, el personal responsable en la mayoría de los casos optó por un mantenimiento de tipo correctivo, lo cual podría afectar la vida útil y la eficiencia de los equipos.

Por este motivo se estableció como prioridad realizar un análisis sobre los mantenimientos preventivos y correctivos al sistema de generación de vapor, con el objetivo de encontrar las áreas de oportunidad que contribuyeran a crear un plan de gestión de los tiempos de mantenimiento, al conjunto de equipos que ayudan a generar vapor saturado, producto necesario e importante para los pacientes del seguro social.

A raíz de la falta de compromiso y responsabilidad en el mantenimiento de los equipos, se programó la realización de una capacitación al personal de mantenimiento del área de calderas, para concientizar sobre la importancia de programar los mantenimientos preventivos.





## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un plan de gestión de mantenimiento preventivo para la mejora de los tiempos del sistema de generación de vapor, el cual garantice el buen funcionamiento para la producción de vapor saturado.

### **Específicos**

1. Preparar al personal del área de calderas para que tenga el conocimiento y experiencia técnica, para realizar la manipulación y el mantenimiento a los equipos del sistema de generación de vapor.
2. Determinar el problema central del sistema de generación de vapor que pueda afectar a su eficiencia y al paro de producción de vapor.
3. Mediante charlas con el personal responsable, análisis de los mantenimientos preventivos y correctivos del equipo, entre otras actividades, encontrar la solución más viable para las problemáticas de funcionamiento del sistema de generación de vapor.
4. Organizar una capacitación para el personal técnico del área de calderas sobre las situaciones que se necesitarán mejorar, según las áreas de oportunidad a encontrar para las mejoras de mantenimiento del sistema de generación de vapor.



## INTRODUCCIÓN

El Hospital General de Accidentes del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal cuenta con un sistema de generación de vapor, el cual es fundamental para todo el nosocomio. Áreas como la de nutrición y dietética, lavandería y esterilización necesitan este equipo para funcionar, por tal razón fue necesario crear un plan de gestión para el mantenimiento del sistema de generación de vapor, debido a que en la institución no mantiene un orden sobre el desarrollo del mantenimiento preventivo a los equipos.

En este documento se detalla brevemente la historia del hospital, la organización del área de mantenimiento, un marco teórico que nos ayudará a entender el propósito de cada equipo y las necesidades existentes dentro del área de calderas, en este caso, la planificación de los tiempos de mantenimiento preventivo de cada equipo que conforman al sistema de generación de vapor.

Durante los 6 meses de la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado se llevaron a cabo actividades de supervisión y ejecución de prácticas de mantenimientos preventivo y correctivo a los equipos ubicados en el área de calderas, con el propósito de comprender la manera en que el personal específico del área y la experiencia que los empleados poseen ante diversas situaciones.

Por tal razón, era necesario crear una pequeña charla informativa con los técnicos del área de calderas, para hacerles saber la importancia de la supervisión y la planificación de los mantenimientos preventivo.



# 1. GENERALIDADES

## 1.1. Descripción de la empresa

El hospital brinda diversos servicios de atención médica correspondiente al programa de accidentes en general y atención médica especializada en consulta externa a toda la población afiliada.

### 1.1.1. Ubicación

El Hospital General de Accidentes, Instituto de Seguridad Social, Ceibal está ubicado en la 13 avenida 1-51 Colonia Monte Real Zona 4 de Mixco.

Figura 1. **Ubicación geográfica del Hospital de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal**



Fuente: ubicación geográfica Hospital de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad social Ceibal [www.google.com/maps/place/IGSS+%22Ceibal%22/@14.6424309,-90.5691508,17z/data=!4m8!1m2!2m1!1shospital+general+de+accidentes+ceibal!3m4!1s0x8589a031bb4a27ef:0x4c55391d5fa66ef!8m2!3d14.6429466!4d-90.5695128](http://www.google.com/maps/place/IGSS+%22Ceibal%22/@14.6424309,-90.5691508,17z/data=!4m8!1m2!2m1!1shospital+general+de+accidentes+ceibal!3m4!1s0x8589a031bb4a27ef:0x4c55391d5fa66ef!8m2!3d14.6429466!4d-90.5695128). Consulta: 20 de noviembre de 2018.

### **1.1.2. Historia**

El Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal, fue el primer centro hospitalario creado en el seguro social, según instructivo número 21 de gerencia con fecha 15 de Diciembre de 1947, habiéndose contratado servicios médicos privados mediante un convenio suscrito entre el Gerente de la institución, Licenciado Oscar Barahona Streber, y el Doctor Lizardo Estrada. El Doctor Lizardo ofreció sus servicios a los afiliados a partir de julio de 1947 en su casa de la salud, la cual se encontraba ubicada en la 12 calle A entre 3ª Y 4ª avenida zona 1, hasta junio de 1948. Este lugar tenía la capacidad para atender a 10 pacientes con los servicios de hospitalización.

Debido al crecimiento de los pacientes del seguro social, el 18 de julio de 1948 se creó el Centro 1 del IGSS, mediante el Acuerdo de Gerencia núm. 454 del 1 de julio de 1953. Para el funcionamiento de este centro, con capacidad para 20 camas, se arrendó el chalé San-Carlos, ubicado en la Calle Real Pamplona, a un costado del Parque Zoológico la Aurora, en la zona 13 capitalina.

Con base en el Acuerdo de Junta Directiva número 473 del 6 de junio de 1968, se designa su organización como Hospital de Traumatología y Ortopedia.

Finalmente, con base en el Acuerdo de Gerencia número 3606 del 7 de septiembre de 1982, se le nombra Hospital General de Accidentes, trasladando en abril de 1997 sus servicios al nuevo nosocomio ubicado en la 13 avenida 1-51 Zona 4 de Mixco Colonia Monte Real. En sus inicios el hospital contaba con una capacidad de 353 camas y un personal aproximado de 1 500.

### **1.1.3. Misión**

Ser la institución moderna de Seguro Social, caracterizada por su permanente crecimiento y desarrollo, que cubre a la población que por mandato legal le corresponde, así como por su solidez financiera, excelente calidad de sus prestaciones con eficiencia y transparencia de su gestión.

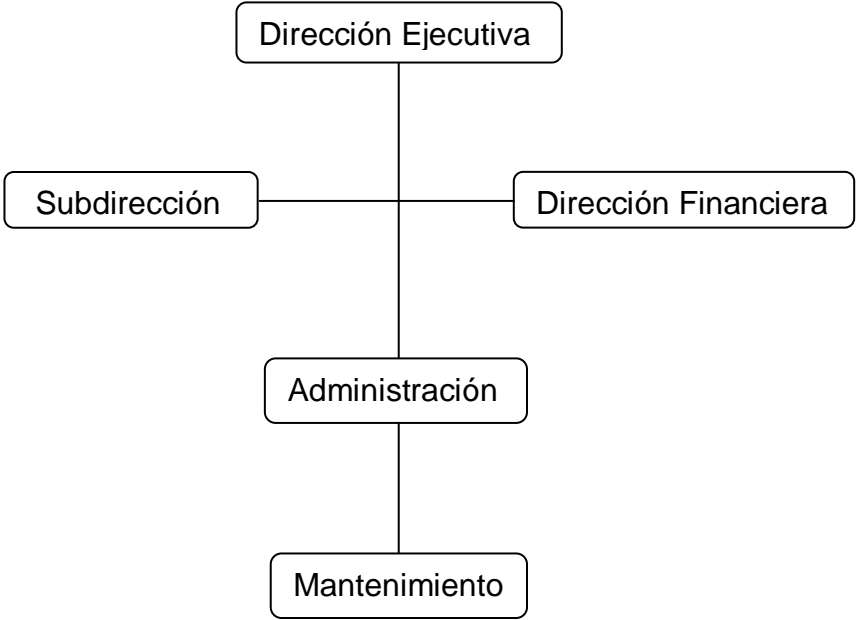
### **1.1.4. Visión**

Proteger a nuestra población asegurada contra la pérdida o deterioro de la salud y del sustento económico, debido a las contingencias establecidas en la ley; administrando los recursos en forma adecuada y transparente.

### **1.1.5. Organigrama**

Organigrama del Hospital de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

Figura 2. **Organigrama del Hospital de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal**

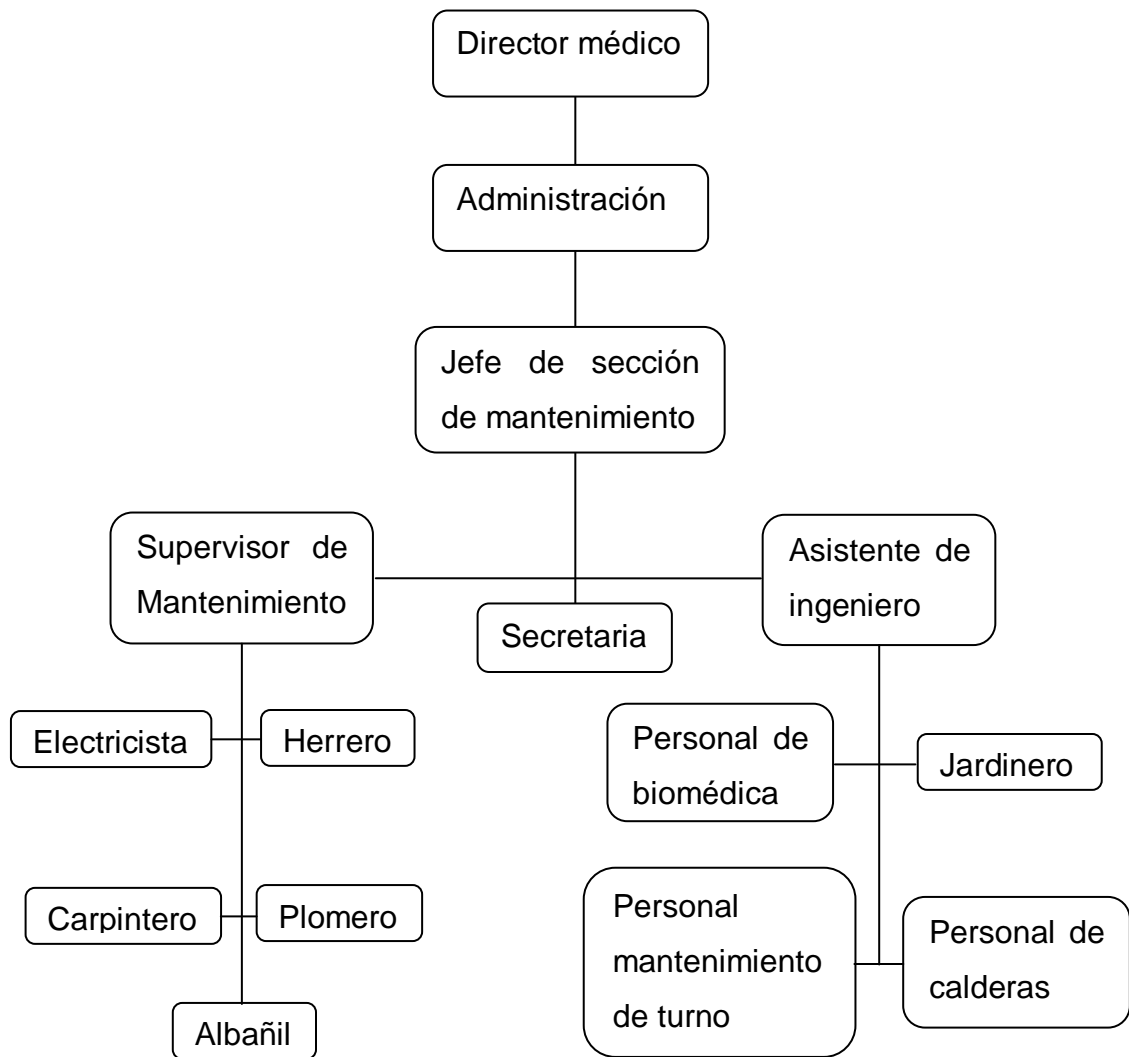


Fuente: elaboración propia.



- Organigrama de la sección de mantenimiento

Figura 3. **Estructura organizacional de la sección de mantenimiento del Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal**



Fuente: elaboración propia.

## **1.2. Descripción del problema**

Durante los 6 meses del Ejercicio Profesional Supervisado en el área de calderas del Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal, se observaron actividades diarias, semanales y mensuales de mantenimiento, específicamente en el sistema de generación de vapor. A través de la observación y análisis se encontraron algunas áreas de oportunidad que ayudarán a tener una mejor planificación en la gestión de mantenimientos del sistema de generación de vapor.

El sistema de generación de vapor ha presentado algunos problemas en sus equipos, no por falta de experiencia técnica del personal de mantenimiento del área de calderas, sino por una mala gestión en los tiempos de mantenimiento preventivo que se han estado desarrollando; el mantenimiento correctivo es lo que más se ha estado realizando últimamente, y no un mantenimiento preventivo que permita reducir la probabilidad de desperfectos a futuro.

El compromiso por parte del personal de mantenimiento del área de calderas es fundamental para el buen funcionamiento de los equipos, ellos poseen conocimiento y la experiencia para cualquier problema tanto eléctrico como mecánico, sea dentro o fuera del sistema de generación de vapor, pero se ve afectado debido a que el interés y el compromiso son casi nulos en cuanto a seguir una rutina diaria, semanal y mensual de revisión de los equipos.

Se necesita tener una mejor gestión en los mantenimientos de la maquinaria y equipo que conforma el sistema de generación de vapor para evitar futuros desperfectos que conlleven a paros innecesarios en la producción de vapor. Una planificación para el desarrollo de los mantenimientos

preventivos al sistema de generación de vapor ayuda a tener un mejor orden en el desarrollo y los entretiempos en cada uno de los mantenimientos preventivos, dando como resultado un buen desempeño de los equipos.

### **1.2.1. Áreas donde se utiliza el vapor saturado**

Para tener una idea del impacto que podría tener al momento de un fallo que conlleve al paro de la producción de vapor saturado, es necesario conocer las áreas que trabajan con dicho producto. Las áreas en que se emplea el vapor saturado son las siguientes:

#### **1.2.1.1. Área de lavandería**

El área de lavandería cuenta con lavadoras, secadoras y planchas industriales que trabajan a base de vapor. Esta sección ayuda a mantener las sabanas y vestimentas limpias, desinfectadas y en buenas condiciones, las cuales son necesarias para los pacientes afiliados a la institución mientras permanezcan hospitalizados.

Figura 4. Lavadoras del área de lavandería



Fuente: Área de lavandería, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

Dentro del área de lavandería se encuentra un *manifold* que recibe el vapor que proviene de la caldera a 110 psi, para luego ser distribuido a los equipos previamente mencionados a una presión de trabajo de 60 psi.

#### 1.2.1.2. Área de nutrición y dietética

El área de nutrición y dietética hace uso del vapor con el propósito de cocinar alimentos de una forma más saludable, debido a que los pacientes deben llevar una dieta conforme a las indicaciones de las nutricionistas, libres de grasa.

El personal del área de nutrición y dietética hace uso de marmitas las cuales trabajan en conjunto con el vapor para la cocción de los alimentos.

Figura 5. **Marmitas**



Fuente: Área nutrición y dietética, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

Se tiene una pequeña sección de lavavajillas que también usa vapor para lavar y desinfectar utensilios de cocina, platos, tenedores, entre otras. Se cuenta con un fregadero con temperatura regulable para diversos propósitos que el personal de cocina necesite

El vapor proviene de la caldera a 110 psi como promedio y llega al *manifold* que se encuentra en una pequeña habitación construida específicamente por estética y para mantener al margen del personal de cocina

de cualquier incidente. Se distribuye el vapor a través del *manifold* hacia los equipos y llegan con presiones de 75 psi, 10 psi y 5 psi.

### **1.2.1.3. Área de esterilización de central de equipos**

Otra de las zonas del hospital donde se utiliza el vapor es en el área de esterilización de central de equipos, donde el vapor juega un papel muy importante, pues con éste se erradica completamente los microorganismos capaces de reproducirse y provocar una infección hacia un cuerpo o lugar, por esta misma razón el hospital utiliza este método para eliminar cualquier microorganismo en la instrumentación quirúrgica. La esterilización de los instrumentos quirúrgicos ayuda de manera significativa a reducir los costos por la reutilización. El término esterilizar ayuda a entender que un cuerpo está libre de microorganismos, la cual que se logra a través del vapor.

Cabe resaltar que en el área de esterilización y central de equipos no se pudo acceder por el área donde se ingresan los instrumentos quirúrgicos, sino por el lado donde se encuentran los equipos (equipo de bombeo, válvulas, tuberías, entre otras), por razones de seguridad y evitar contaminaciones.

Figura 6. **Área de esterilización de central de equipos**



Fuente: Área de esterilización de central de equipos, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

El vapor proviene del cuarto de máquinas a una presión de 110 psi como promedio hacia el *manifold*, el cual es el encargado de distribuir el vapor saturado a los equipos que operan a una presión de 60 psi con base en los manómetros.

### **1.3. Descripción del sistema de generación de vapor**

El sistema de generación de vapor comienza desde los pozos de agua que se encuentran en el área de parqueo y al aire libre. El agua es llevada por medio de bombas sumergibles hacia el tanque de uso diario, ubicado en la

parte trasera del cuarto de máquinas para su almacenamiento, la cual previamente pasa por el área de inyección de cloro que está a un costado del tanque, para luego ser llevada a través de bombas centrifugas a los ablandadores (que se encuentran dentro del cuarto de máquinas). Las bombas centrifugas se encargan de tratar el agua de minerales que produzcan incrustaciones dentro de la caldera, que luego es llevada al tanque de retorno y posteriormente hacia la caldera.

Se cuenta con una cisterna para combustible búnker, que está frente al cuarto de máquinas, el cual es llevado por medio de una bomba de engranajes para combustible búnker hacia un tanque cilíndrico, ubicado dentro del cuarto de máquinas, para después ser llevado hacia la caldera previamente precalentada por un serpentín. El tanque de gas propano se encuentra frente al cuarto de máquinas y es usado como uno de los varios elementos para iniciar la atomización, así como un compresor de tornillo y el compresor auxiliar de pistones encargados de proveer el aire necesario para crear la atomización junto a los demás elementos antes mencionados. El vapor generado por la caldera es enviado al manifold que se encuentra en medio de la caldera 1 y 2, el cual se encarga de distribuir a las áreas de: lavandería, esterilización de central de equipos, nutrición y dietética y los tanques de agua caliente.

### **1.3.1. Caldera**

Una caldera en el área industrial es una máquina diseñada con el propósito de generar vapor. El vapor es generado por medio de la transferencia de calor a una presión constante. Inicialmente el fluido se encuentra en estado líquido luego se calienta y su fase cambia a vapor saturado.



### 1.3.1.1. Caldera pirotubular

La caldera se encuentra ubicada en el cuarto de máquinas y es una de tipo pirotubular de forma cilíndrica, que en el interior de la caldera tiene tubos paralelos a su figura geométrica, en el cual los gases calientes productos de la combustión atraviesan los tubos para la transferencia de calor al fluido que cubre a los tubos horizontales.

Figura 7. Caldera núm. 2 pirotubular



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

### **1.3.2. Compresor**

El compresor es una máquina que aumenta la presión y desplaza fluidos que son compresibles (gases y vapores). El proceso de compresión se realiza a través de un intercambio de energía entre el compresor y el fluido, debido a que el trabajo que realiza el compresor es transferido al elemento que pasa por la misma convirtiéndola en una energía de flujo, por lo que se consigue aumentar la presión y energía cinética que permite impulsar al fluido. El hospital cuenta con dos tipos de compresores en el área de calderas.

#### **1.3.2.1. Compresor de tornillo**

El compresor de tornillo es el compresor por defecto en el sistema de generación de vapor que se utiliza en el hospital. La forma de operar este compresor es mediante el uso de dos tornillos largos que permiten comprimir el fluido dentro de una cámara, para luego ser usado en el área de trabajo.

#### **1.3.2.2. Compresor de pistón**

El hospital cuenta con un compresor secundario para la atomización en caso surgir alguna emergencia o bien cuando se encuentra en mantenimiento el compresor de tornillo. Como su nombre lo indica, el compresor de pistón trabaja en movimientos continuos de uno o más pistones, lo que permite aspirar aire en la primera etapa y luego comprimirlo en una segunda.

Figura 8. **Compreso de pistón de 15 Hp**



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

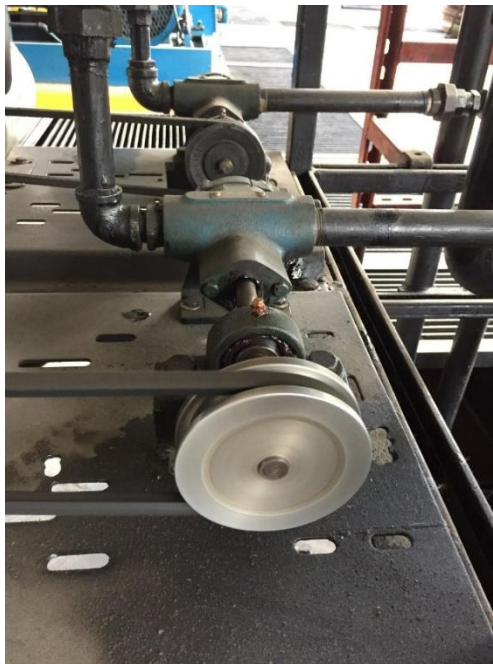
### **1.3.3. Equipo de bombeo**

Dentro del área de calderas se cuenta con equipo de bombeo para agua y combustible búnker, los cuales son de gran importancia para la alimentación de la caldera.

### **1.3.3.1. Bomba para combustible búnker**

Es un equipo mecánico que se utiliza para bombear búnker de un lugar a otro. Se usa específicamente este tipo de bombas debido a que la viscosidad del búnker es alta.

Figura 9. **Bomba de engranajes**



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

#### **1.3.3.1.1. Bomba de engranajes**

La bomba de engranaje consta de 2 engranajes acoplados entre sí y girando opuesto uno del otro en un lugar muy ceñido. Al momento de que los dientes de los engranajes se acoplen entre ellos, el espacio es prácticamente nulo, lo que conlleva a que el fluido atrapado salga disparado de la bomba. Cuando los dientes empiezan a desacoplarse empieza a aparecer un espacio

en el lado donde la bomba aspira, permitiendo el paso al resto del fluido y transportándolo alrededor de la carcasa de la bomba; cada vez que el fluido se aleja de lado donde existe aspiración, se forma una presión más baja, lo que permite aún más líquido de la línea de aspiración.

Mientras más sea la cantidad de dientes que poseen los engranajes, esto garantiza que el caudal de la bomba sea homogéneo, es decir, que no existan picos de presión. En el caso de que sea una menor cantidad de dientes ocurre lo contrario, que se eleven la cantidad de picos de presión.

### **1.3.3.2. Bomba para agua**

Es un dispositivo que se utiliza para bombear agua de un lugar a otro. Se usa específicamente este tipo de bombas debido a que la viscosidad del agua es baja.

#### **1.3.3.2.1. Bomba centrífuga**

La bomba centrífuga es una máquina que tiene la capacidad de transformar la energía mecánica en energía hidráulica, a través de un elemento llamado impulsor giratorio, para mover el fluido y presurizar el flujo de descarga. Este tipo de bomba es el más utilizado dentro de las instalaciones.

Figura 10. **Bomba centrífuga**



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

#### **1.3.3.2.2. Bomba tipo turbina**

Las bombas turbina fueron diseñados para sistemas que necesitan condiciones de cargas altas y flujos bajos, tales como en las calderas, porque requieren presiones altas que permitan obtener flujos menores, para alimentar calderas presurizadas.

La bomba turbina deriva su nombre de los espacios huecos en la periferia del impulsor; el líquido que se bombea es dirigido por un canal de presión negativa (succión) hacia las cavidades del impulsor de tal forma que es transportado e impulsado hacia la zona de descarga.

#### **1.3.4. Ablandadores de agua**

El sistema de generación de vapor cuenta con ablandadores de agua, debido a que el líquido puede tener una cantidad significativa de calcio o magnesio (agua dura), debido a ello existen problemas de incrustación y taponamiento en las tuberías. Los ablandadores o suavizadores de agua se encargan de eliminar dicha dureza, por medio de un intercambio iónico. Los ablandadores que se tienen en el hospital por la empresa Alkemy.

#### **1.3.5. Hidroneumáticos**

Los hidroneumáticos ayudan a proporcionar y mantener una presión constante del líquido. Se le llama hidroneumático porque utiliza la combinación del agua y el aire para someterlos a presión; el aire es el único que sufre compresiones, el agua no posee esta propiedad.

#### **1.3.6. Serpentín para caldera**

También llamado precalentador, como su nombre lo indica, sirve para precalentar el búnker antes de llegar a ser atomizado. La principal razón por la que debe ser precalentado es porque es demasiado viscoso a la temperatura ambiente, siendo un aproximado de 25 °C. Al momento de ser precalentado por el serpentín disminuye su viscosidad y hace más fácil combinarlo con los demás elementos que ayudan a la atomización.

### **1.3.7. Inyector de cloro**

Este equipo es utilizado para inyectar cloro al líquido que viene del pozo y que luego es llevado hacia el tanque diario para agua. Se utiliza cloro para su desinfección por su gran efectividad, bajo costo y fácil uso.

### **1.3.8. Motores eléctricos**

Un motor eléctrico se define como un equipo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la inducción magnética, generada por las bobinas que ellos poseen.

Este equipo es imprescindible en la industria, por la razón de que a través de la electricidad se puede obtener movimiento rotatorio, el cual puede utilizarse en infinidad de situaciones, como en el caso del hospital que es usado en el equipo de bombeo para trasladar el agua o combustible búnker.

## **1.4. Mantenimiento**

Mantenimiento es toda aquella acción que permite mantener maquinaria o equipos en las mejores condiciones para su desempeño; dichas acciones pueden ser inspección, reparación, entre otras.

### **1.4.1. Mantenimiento preventivo**

Este mantenimiento garantiza la fiabilidad de la maquinaria y equipo en su buen funcionamiento, antes de que pueda llegar a afectar a su desempeño por alguna avería. Este mantenimiento es usado en algunos equipos del hospital y



donde más se realiza es en el mantenimiento de la caldera, compresor de tornillo y compresor de pistón.

#### **1.4.2. Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo es el que se realiza de forma inmediata (depende del impacto de la falla) al presentarse la avería. Este mantenimiento es el más utilizado en el sistema de generación de vapor.

#### **1.4.3. Mantenimiento predictivo**

Este tipo de mantenimiento se basa en predecir el momento en que la maquinaria o equipo quedará fuera de servicio, a través de su historial de mantenimiento realizado, de esta forma se tendrá una noción del tiempo necesario para el siguiente manteniendo. No se tiene evidencia de este mantenimiento en el sistema de generación de vapor.



## **2. FASE DE INVESTIGACIÓN**

La fase de investigación se desarrolló durante el primer mes en el área de calderas, con el objetivo de conocer la forma en que se llevaba cabo las actividades de mantenimiento, recursos que se utilizan, charlas con personal encargado de operar y supervisión de los equipos. Con la información que se obtuvo se procedió a buscar áreas de oportunidad sobre el ahorro del agua dentro de la institución y no necesariamente solo enfocado al sistema de generación de vapor.

### **2.1. Ahorro del agua**

En la fase de investigación se decidió optar por el ahorro de agua, por razones de que no existe un control de posibles fugas en equipos, red de tubería que transporta el agua y ni el mínimo interés sobre el tema.

### **2.2. Reconocimiento de las áreas de trabajo**

Las áreas de trabajo comienzan donde se encuentran los dos pozos, los cuales están ubicados en el área de parqueo, la parte superficial que protegen dichos pozos de polvo y basura no se encuentran en óptimas condiciones, además, no está identificada el área de los pozos. Quizás no se trate de algún tipo de fuga, pero es necesario hacer referencia sobre el cuidado que se debe tener con ello, para evitar alguna clase de contaminación.

Se realizó un recorrido por todas las líneas visibles donde se transporta el agua, para determinar áreas de oportunidad que ayuden mejorar la forma en

que se trabaja, lo cual implicó no solo el cuarto de máquinas, sino también los demás edificios que hacen uso del agua. Se descartó el edificio donde se encuentran los pacientes, área de talleres y lugares sumamente transitados por el personal de la institución, por la razón de que en el momento de que se presenta una fuga (la probabilidad es muy baja) rápidamente es reportado al personal de turno, pero sucede lo contrario con lugares poco transitado como lo es el área de inyección de cloro y la más importante se encuentra a un costado del tanque diario para agua, específicamente donde se encuentra la válvula de pistón que sirve para purgar el tanque.

### **2.3. Actividades**

Se estarán detallando las actividades que permitieron encontrar las fugas, dejando de forma clara lo visto y la solución que ayudará a prevenir nuevamente la fuga.

#### **2.3.1. Supervisión de rutinas de mantenimiento**

Las actividades de mantenimiento que se supervisaron y realizaron, específicamente relacionado con fugas de agua, ayudaron a tener ideas que ayuden a mejorar las necesidades que el hospital afronta, cabe mencionar que el tema sobre el agua esta descuidada por la razón de que el mismo hospital se abastece por sus pozos, sin la necesidad de servicios de empresas terceros.

##### **2.3.1.1. Área de inyección de cloro**

Comúnmente conocido como el área de clorinación. Hubo un desperfecto con el inyector de cloro, el cual era necesario su remplazo por uno completamente nuevo, debido a la descompostura estuvo inactivo la inyección

de cloro al agua y además de ello se produjo una fuga significativa durante dos días. Los técnicos con su experiencia en el área lo solucionaron de buena forma, aunque no en el tiempo requerido.

### **2.3.1.2. Área de cuarto de máquinas**

En el cuarto de máquinas se dio el caso de una fuga de agua de forma inesperada en la tubería, que lleva agua fría hacia todo el hospital; el caudal era mínimo y difícil de distinguirlo a simple vista, y la fuga ocurrió en una de las conexiones de las tuberías. La solución fue implementada una semana después de la aparición de la fuga. Cabe resaltar que el hospital no puede quedar sin los servicios de agua, así que para el mantenimiento de la misma fue realizada por la noche, aunque esto no justifica el tiempo que se tomó para llegar a su solución.

**Figura 11. Fuga en la tubería**



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

### **2.3.2. Reconocimiento de los equipos**

Los equipos e instrumentos que se vieron afectados por fugas de agua durante la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado fueron únicamente dos: el inyector de cloro ubicado en el área de inyección de cloro y la válvula de pistón a un costado del tanque diario para agua. No hubo evidencia de otro acontecimiento a gran escala como los últimos dos, aunque sí en escala menor (se menciona escala menor o mayor según el caudal del fluido y el tiempo que estuvo presente la fuga), como el caso de la tubería que lleva agua fría a todo el hospital, que se detectó casi de forma inmediatamente, pero su reparación no fue hasta 5 días después de su aparición por lo insignificante que era su caudal.

### **2.3.3. Inspecciones de posibles fugas**

No se puede evitar la aparición de alguna clase fuga dentro de las instalaciones del hospital, pero sí minimizar el riesgo de ello a través de revisiones de los equipos y las tuberías. Un mes después de haber comenzado el Ejercicio Profesional Supervisado se realizaron recorridos en busca de fugas en las redes de tubería y equipos que podían ser accedidos de forma sencilla y sin destrucción del inmueble, de tal forma que se procedió a generar propuestas para su solución. A continuación, se detallan las fugas encontradas:

#### **2.3.3.1. Válvula de pistón para purga**

Se realizó un recorrido por de todas las conexiones de tuberías y válvulas hasta encontrar una fuga significativa. Esta fuga fue localizada a un costado del tanque diario para agua, donde se encuentra la válvula de pistón que sirve para purgar el tanque cuando se necesita limpiarlo. Según la información obtenida por parte del jefe del área calderas, la fuga tiene más de dos años sin ser

reparada por la simple razón de que no se le da importancia y no se ha reportado como falta grave.

Figura 12. Fuga en la tubería de purga



Fuente: Área de drenaje, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

Se realizó un aforo por el método volumétrico a la fuga para calcular el caudal, con el propósito de obtener una idea del impacto que ocasiona. Se utilizó un recipiente de forma cilíndrica con diámetro de 29 cm y se realizó de la siguiente manera: se usó un cronometro para medir un tiempo de 60 s y encontrar una altura  $h_{\text{aforo}}$  que permitiera calcular su volumen para luego obtener el caudal, se realizó 3 veces este proceso por cuestiones de errores de toma de datos.

- Repeticiones

- Diámetro del recipiente cilíndrico  $D = 29 \text{ cm}$
- Primera altura a los 60 s:  $h_{1a} = 15,50 \text{ cm}$
- Segunda altura a los 60 s:  $h_{2a} = 14 \text{ cm}$
- Tercera altura a los 60 s:  $h_{3a} = 15 \text{ cm}$
- Altura promedio a los 60 s

$$h_{\text{aforo}} = \frac{h_{1a} + h_{2a} + h_{3a}}{\text{repeticiones}}$$

$$h_{\text{aforo}} = \frac{15,5 \text{ cm} + 14 \text{ cm} + 15 \text{ cm}}{3}$$

$$h_{\text{aforo}} = 14,84 \text{ cm}$$

- Caudal de la fuga

$$Q_f = \frac{V}{t} = \frac{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 h_{\text{aforo}}}{t}$$

$$Q_f = \frac{V}{t} = \frac{\pi \left(\frac{29 \text{ cm}}{2}\right)^2 * 14,84 \text{ cm}}{60}$$



$$Q_f = 163,37 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$Q_f = 2,58 \text{ Gal}/\text{min} = 154,8 \text{ Gal}/\text{h}$$

El caudal obtenido es una cifra significativa que debe de preocupar, eso sin mencionar que la fuga está presente las 24 horas, el único día donde la fuga es nula es cuando se da limpieza al tanque.

$$V_{\text{diario}} = Q_f * t$$

$$V_{\text{diario}} = 154,8 \text{ Gal}/\text{h} * 24 \text{ h}$$

$$V_{\text{diario}} = 3\,715,20 \text{ Gal}$$

Según la operación mostrada indica que por cada día que pasa se desperdicia una cantidad de 3 715,20 galones.

El siguiente cálculo dará en quetzales (Q) el desperdicio de agua a través de la fuga, teniendo como referencia los precios de la Empresa Municipal de Agua, siendo los siguientes:

Tabla I. **Rango tarifario en función del consumo mensual**

Rango de Consumo en Mt.3	Costo m 3
1 a 20	Q. 1.12 (Más IVA)
21 a 40	Q. 1.76 (Más IVA)
41 a 60	Q. 2.24 (Más IVA)
61 a 120	Q. 4.48 (Más IVA)
120 a más	Q. 5.60 (Más IVA)

Fuente: Rango tarifario en función del consumo mensual.

<http://mu.muniguate.com/index.php/component/content/article/40-empagua/53-tarifaagua>.

Consulta: octubre de 2018.

- El gasto mensual es:

$$V_{\text{mensual}} = V_{\text{diario}} \times 30$$

$$V_{\text{mensual}} = 3\,715,5 \text{ gal} \times 30$$

$$V_{\text{mensual}} = 111\,546 \text{ gal}$$

$$V_{\text{mensual}} = 421,90 \text{ m}^3$$

Con base en la tabla I y la cantidad en  $\text{m}^3$  que se desperdicia de agua, obtenemos un consumo mayor de  $120 \text{ m}^3$  lo que indica que se deberá de pagar Q 5,60 (más IVA) o bien

$$\text{Gasto de agua} = V_{\text{mensual}} \times \text{Q } 5,60 \times 1,12$$

Donde 1,12 es el 12 % del impuesto al valor agregado

$$\text{Gasto de agua} = 421,9 \text{ m}^3 \times \frac{\text{Q}}{\text{m}^3} 5,60 \times 1,12$$

$$\text{Gasto de agua} = \text{Q } 2\,646,15$$

La compra de una nueva válvula e instalarla en tubería de 6" tiene un costo estimado de Q 7 000 teniendo como referencia los precios de la empresa the valve shop.

$$R_{di} = \frac{\text{Costo de la válvula}}{\text{Gasto de agua}}$$

$$Rdi = \frac{Q \ 7 \ 000}{Q/\text{meses} \ 2 \ 646,15}$$

$$Rdi \cong 3 \text{ meses}$$

Tal y como se muestra en fórmula recuperación de inversión *Rdi* que el gasto que se realizaría en la compra e instalación se recuperará en aproximadamente de 3 meses.

El problema principal es que la válvula no cierra completamente, lo que ocasiona un caudal (descrito anteriormente) y esto se debe al tiempo de uso que se le ha dado, la solución más viable para esta situación es el cambio de dicha válvula por una completamente nueva.

Figura 13. **Válvula de pistón**



Fuente: Área de drenaje, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

Se recomienda estar revisando si existe o no la posibilidad de registrarse fugas todos los días, particularmente en lugares no transitados frecuentemente, para tomar medidas necesarias.

### 3. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

En la fase técnico profesional se desarrollaron diversas actividades de supervisión, mantenimiento a los equipos del sistema de generación de vapor y charlas con el personal de mantenimiento, específicamente del área de calderas, con el propósito de obtener áreas de oportunidad que ayudarán a mejorar los tiempos de mantenimiento.

Figura 14. **Cuarto de máquinas**



Fuente: Cuarto de máquinas, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

### **3.1. Reconocimiento del sistema de generación de vapor**

El sistema de generación de vapor cuenta con diversos equipos que en su mayoría están localizados dentro del cuarto de máquinas. Se realizó una inspección de los equipos para obtener datos técnicos y saber las condiciones en que se encontraban, de esta manera se obtuvo una idea más exacta del desempeño de cada uno de los equipos y el cuidado que tienen por parte del personal de mantenimiento. A continuación, se detallan datos importantes e ilustraciones de los equipos del sistema de generación de vapor.

#### **3.1.1. Datos y especificaciones técnicas.**

Es un documento que contiene la información esencial de un equipo, también llamada ficha técnica, generalmente se encuentra ubicado en la parte exterior de los equipos.

##### **3.1.1.1. Caldera**

La caldera es tipo pirotubular de 3 pasos. La caldera se encuentra en un lugar ventilado y con suficiente espacio para el desarrollo de los mantenimientos.

Figura 15. **Caldera núm. 2**



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

Tabla II. **Especificaciones técnicas de la caldera núm. 2**

<b>Caldera</b>	
Marca	Kewanne
Modelo	H35 350 06
Serial	R 4594
Poder de voltaje	480
Control de voltaje	120
MBh	11716
Amperio mínimo	41,9
Tamaño máximo de fusil	90 Amps
Hp	350
Hz	60
Fase	3
Máxima presión de trabajo	150 Lb
Capacidad de válvula	14 000 Lb/h

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1.2. Compresor

Es una máquina fabricada para aumentar la presión y desplazar fluidos compresibles, tales como gases y vapores.

#### 3.1.1.2.1. Compresor de tornillo

El compresor se encuentra en un lugar estrecho y en buenas condiciones, a un lado se encuentra el drenaje para la facilidad de purga.

Figura 16. Compresor de tornillo



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.



Tabla III. **Especificaciones técnicas del compresor de tornillo**

<b>Compresor de tornillo</b>	
Hp	15
Psig	125
CFM	54,9
Gal	120

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1.2.2. **Compresor de pistón**

El compresor de pistón se encuentra en un lugar libre para su operación y desarrollo de los mantenimientos, cabe resaltar que en la superficie está sucia por falta de limpieza. Este es el compresor secundario, en caso de que el compresor de tornillo (primario) llegue a presentar un desperfecto.

Figura 17. **Compresor de pistón**



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

Tabla IV. **Especificaciones técnicas del compresor de pistón**

<b>Compresor de pistón</b>	
Hp	15
Psig	175
CFM	50
Gal	120

Fuente: elaboración propia.

### **3.1.1.3. Tanques**

Dentro del hospital los tanques tienen la utilidad de guardad fluidos.

#### **3.1.1.3.1. Tanque de retorno de condensado**

El tanque de retorno de condensado se encuentra en un lugar con suficiente espacio para su operación y el desarrollo de los mantenimientos. Se encuentra un poco descuidado y no ha tenido una limpieza interna y externa desde hace 18 meses.

Figura 18. **Tanque del retorno de condensado**



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

### 3.1.1.3.2. Tanque para agua caliente

Este tanque se encuentra en un lugar limpio y con espacio suficiente para su operación. La limpieza de su superficie no se realiza con frecuencia, tiene más de un año sin realizar una limpieza interna.

Figura 19. Tanque para agua caliente



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

Tabla V. Capacidad del tanque para agua caliente

Tanque para agua caliente	
Gal	1 500

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1.3.3. Tanque para búnker

El tanque para el combustible búnker se encuentra frente al cuarto de máquinas, se puede diferenciar por la cubierta de color negro que sobresale del suelo como se muestra en la imagen. Se encuentra en un lugar limpio y al aire libre.

Figura 20. Tanque para combustible búnker



Fuente: Área de combustibles, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

Tabla VI. **Capacidad del tanque para combustible búnker**

<b>Tanque para búnker</b>	
Gal	7 500

Fuente: elaboración propia.

#### **3.1.1.3.4. Tanque diario para búnker**

El tanque diario que almacena el combustible búnker se encuentra en un lugar ventilado y con suficiente espacio para su operación. El tanque muestra una señal de advertencia para evitar incidentes. No existen fugas del combustible y el área siempre se encuentra limpia.

Figura 21. **Tanque diario para combustible búnker**



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.



Tabla VII. **Capacidad del tanque diario para el combustible búnker**

<b>Tanque diario para búnker</b>	
Gal	220

Fuente: elaboración propia.

### **3.1.1.3.5. Tanque diario para agua del tiempo**

Este tanque se encuentra en la parte de atrás del cuarto de máquinas, está al aire libre y es fácil distinguirlo porque sobresale significativamente del suelo. En la parte de arriba del tanque tiene cubiertas para la supervisión del nivel del agua y para fácil acceso a su mantenimiento.

Figura 22. **Tanque diario para agua**



Fuente: Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

Tabla VIII. **Capacidad del tanque diario para agua**

<b>Tanque diario para agua</b>	
Gal	276 758

Fuente: elaboración propia.

### **3.1.1.4. Equipo de bombeo**

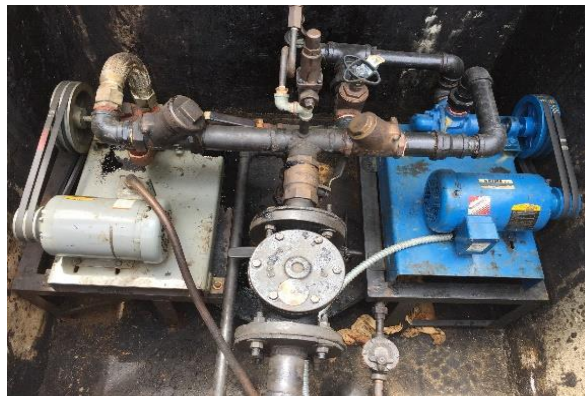
Está conformado por un motor eléctrico y una bomba para propulsión.

#### **3.1.1.4.1. Bomba para combustible búnker**

- Bomba de engranajes, de cisterna a tanque diario

La bomba de engranajes se encuentra a un costado del tanque para búnker. Tiene alrededor de 2 años sin tener un mantenimiento preventivo.

Figura 23. **Sistema de bombeo de combustible búnker del tanque hacía el tanque diario para búnker**



Fuente: Área de combustibles, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

Tabla IX. **Motor eléctrico del sistema de bombeo del tanque para búnker al tanque diario para búnker**

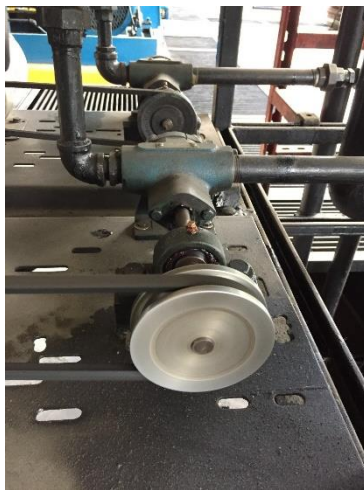
<b>Motor eléctrico</b>	
Rpm	1 755
Hp	1,5
Hz	60
Ph	3

Fuente: elaboración propia.

- Bomba de engranajes, del tanque diario a precalentador

Se encuentra en un área ventilada y fácil acceso para los su mantenimiento. Su limpieza en su superficie es casi nula, no afecta en su rendimiento pero si en el aspecto estético.

Figura 24. **Sistema de bombeo de combustible búnker del tanque diario hacia el precalentador**



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.



Tabla X. **Motor eléctrico del sistema de bombeo de combustible búnker del tanque diario al precalentador**

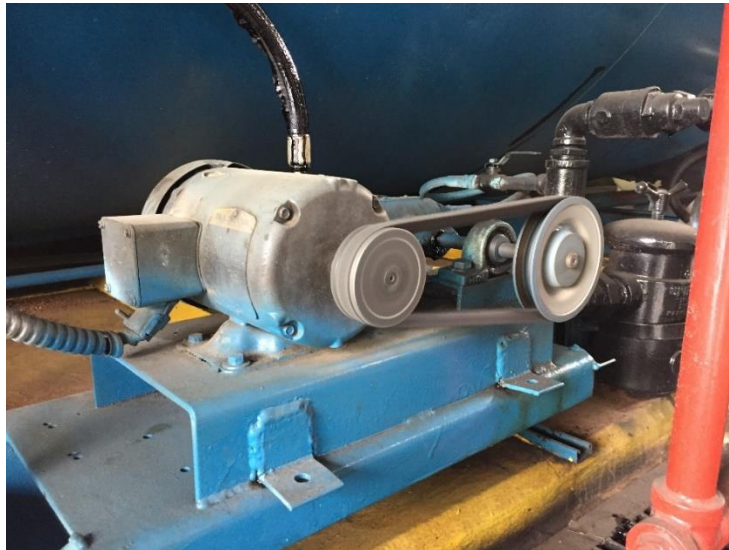
<b>Motor para bomba búnker de tanque a precalentador</b>	
Hp	1/4
Rpm	1 725
Fase	3
Hz	60

Fuente: elaboración propia.

- Bomba de engranajes, del serpentín hacia la caldera

Este sistema de bombeo transporta el búnker del precalentador (serpentín) hacia la caldera para el inicio de la atomización. La bomba de engranajes se encuentra cerca de la caldera, en una ubicación de fácil acceso para su manipulación, a pesar de ello no ha recibido mantenimiento desde hace un poco más de 2 años, y como se aprecia en la imagen, tampoco ha tenido limpieza en la parte superficial.

Figura 25. **Sistema de bombeo de combustible búnker del precalentador a la caldera**



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

Tabla XI. **Motor eléctrico del sistema de bombeo de combustible búnker del precalentador a la caldera.**

<b>Motor para bomba búnker de precalentador a la caldera</b>	
Hp	1/4
Rpm	1 725
Fase	3
Hz	60

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1.4.2. Bombas para agua

- Centrífuga del área de inyección de cloro

Se encuentra en el área de inyección de cloro y su superficie no está cuidada en el aspecto estético.

Figura 26. **Bomba centrífuga del área de inyección de cloro**



Fuente: Área de inyección de cloro, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

Tabla XII. **Bomba centrífuga del área de inyección de cloro**

<b>Bomba centrífuga</b>	
Hp	1
Rpm	3 450
Ph	1

Fuente: elaboración propia.

- Centrífugas principales para la distribución de agua a todo el hospital

Durante el 2018 se adquirieron nuevas bombas para distribuir agua a todo el hospital, debido a que las anteriores sufrieron una falla permanente a consecuencia de la falta mantenimiento preventivo.

Figura 27. **Bomba centrífuga para la distribución de agua a todo el hospital**



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

Tabla XIII. **Bomba centrífuga para la distribución de agua a todo el hospital**

<b>Motor para bombas principales nuevas</b>	
Hp	10
Voltaje	230/460
Amps	24/12
Rpm	3 475
Hz	60
Ph	3

Fuente: elaboración propia.

- Bomba tipo turbina del tanque de retorno a caldera

La bomba tipo turbina se encuentra ubicada en la parte de abajo del tanque de retorno de condensado; este sistema de bombeo tiene igual que las demás una falta de desarrollo de mantenimiento preventivo para su desempeño. La superficie se encuentra sucia por falta de limpieza.

Figura 28. **Bomba tipo turbina**



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

### **3.1.1.5. Ablandadores**

Los ablandadores se encuentran en perfectas condiciones, tanto en su aspecto externo como interno, por la razón de que la empresa Alkemy es el encargado de realizar el mantenimiento a sus propios equipos.

Figura 29. **Ablandadores**



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

### **3.1.1.6. Hidroneumáticos**

No se tiene un registro de cuándo fue la última vez que tuvieron alguna revisión, incluso el mismo personal de mantenimiento desconoce de ello.



Figura 30. **Hidroneumáticos**



Fuente: Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

### **3.2. Fallas detectadas en el sistema de generación de vapor**

Las fallas o averías en la maquinaria industrial son situaciones que siempre estarán presentes aun teniendo las mejores prácticas de mantenimiento preventivo, proactivo, indicadores, entre otras. Los mantenimientos (como por ejemplo los descritos previamente) no las hacen desaparecer completamente, pero sí reducir en gran manera, además, de que los mantenimientos ayudan a mejorar la eficiencia de trabajo de los equipos.

Cuando se quiere mejorar algo es importante encontrar problemas para encontrar áreas de oportunidad que nos brinden las mejores soluciones.

El sistema de generación de vapor del Hospital de Accidentes del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, Ceibal, específicamente en el área de calderas o cuarto de máquinas, como se conoce comúnmente, no es una excepción a lo mencionado, ha presentado algunos problemas y a través de ellos se generaron soluciones; cabe mencionar que solo se tomaron en cuenta todos los problemas vistos durante los 6 meses del ejercicio profesional supervisado en los equipos que presentaron averías.

### **3.2.1. Compresor de tornillo**

Una de las primeras fallas que se presentó fue que el compresor de tornillo ya no trabajó, debido a que el sistema automáticamente deja de funcionar luego de las 2 000 horas de trabajo. Afortunadamente se tenía el compresor de pistón, el cual se puso en funcionamiento al notar la falta de producción de aire comprimido del compresor de tornillo. Aunque no es una falla grave dentro del sistema de generación, debido a que se tiene un respaldo (compresor de pistones), queda en evidencia la falta de planificación de mantenimiento a este equipo sumamente necesario, y aún más cuando el mismo equipo indica que debe de tener su mantenimiento preventivo antes de las 2 000 horas de trabajo. Cabe mencionar que no se tenía listo el kit de mantenimiento que usualmente utilizan para su respectivo mantenimiento preventivo, cuando el compresor detuvo su funcionamiento.

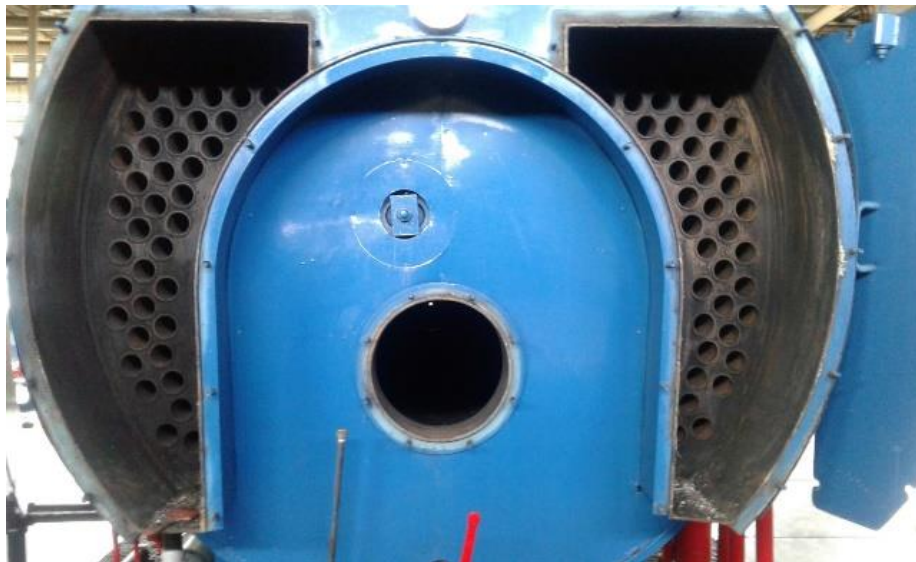
### **3.2.2. Caldera núm. 2**

En el área de calderas se tienen dos calderas tipo pirotubular llamadas caldera número 1 y caldera número 2. Antes de que se iniciara la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, a la caldera número dos se le comenzó a dar su proceso de mantenimiento preventivo, durante el cual se estuvo presente en todo momento, realizando y observando los diferentes procesos de



mantenimiento a cada sección de la caldera. El mantenimiento preventivo tuvo una duración aproximado de 4 meses, lo cual deja en evidencia que no se tiene una gestión de las actividades de mantenimiento que la caldera debería de recibir, y sin tener el menor cuidado si la caldera número uno dejara de funcionar en cualquier momento por alguna razón no prevista, lo cual llevaría a suspender la producción de vapor y por lo tanto, perjudicaría al personal que lo utiliza así como a los afiliados de la institución. Por último, se menciona que la caldera tenía más de un año sin realizarle mantenimiento, por la simple razón de que no se tiene planificado, a pesar de que ellos saben perfectamente que se debería realizar el mantenimiento preventivo a la caldera de forma semestral.

Figura 31. **Proceso de mantenimiento preventivo de la caldera núm. 2**



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

### **3.2.3. Personal capacitado**

Otra de las situaciones que perjudica el funcionamiento del sistema de generación de vapor es la mala manipulación de los equipos dentro del área de calderas. Toda persona necesita la oportunidad de crecer en conocimiento, pero todo esto tiene un proceso o fase de aprendizaje y manipulación de los equipos, bajo la supervisión de algún personal de mantenimiento con la capacidad y conocimiento para solventar fallas, como el jefe de mantenimiento del área de calderas.

Se tuvo el caso de que el jefe de mantenimiento dejó como encargado a un técnico del personal de mantenimiento de turno para cubrir la jornada nocturna y vespertina, sin embargo, esta persona no tenía la experiencia necesaria para manipular los equipos del sistema de generación de vapor ni mucho menos encenderla por la madrugada, simplemente recibió instrucciones de lo que debería de hacer por la madrugada. A consecuencia de esto, la caldera no fue encendida como es habitual entre las 4:00 am y 4:30 am, sino alrededor de las 6:00am, dando como resultado el atraso en las actividades de quienes que hacen uso del vapor. Además, hubo un paro en la producción de vapor al medio día debido a una mala manipulación por parte del mismo técnico, la cual fue solucionada por el personal de mantenimiento de la jornada vespertina.

Posteriormente, se dieron a conocer los problemas encontrados, los cuales fueron: la mala manera de encender la caldera, olvidar la puesta en marcha de la bomba que llena el tanque para bunker de uso diario, siendo esta la principal razón del porqué la caldera dejó de funcionar en ese momento, y dejar a una persona sin la experiencia necesaria para la operación de los equipos.

#### **3.2.4. Red de tuberías**

Se localizó una pequeña fuga en la tubería que lleva agua hacia el hospital, localizada en el techo e internamente en el área calderas. Al momento de haber detectado esta pequeña fuga de agua, el personal de mantenimiento optó por colocar un recipiente para recibir el agua que desprendía de la tubería. Debido a que su caudal era despreciable, su reparación no llegó hasta los 7 días, por el simple de hecho de que nadie quería realizarlo, a pesar de que se cuenta con las herramientas y los materiales necesario, además, de que si una persona de mantenimiento se ve en la necesidad de trabajar en el horario nocturno por cualquier circunstancia, esta persona no trabaja al día siguiente. Esta clase de reparaciones son necesarias realizarlas por la noche para no interrumpir el servicio de agua al edificio donde se encuentran los pacientes.

### **3.3. Actividades de mantenimiento**

En esta sección se estarán detallando las diferentes actividades de mantenimiento correctivo y preventivo, las cuales fueron realizadas en conjunto con el personal del área de calderas. Solamente se mencionarán las actividades más relevantes y vistas, que fueron durante el periodo de la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado.

#### **3.3.1. Mantenimiento preventivo**

A continuación, se listan los mantenimientos que fueron programados.

##### **3.3.1.1. Mantenimiento a la caldera núm. 2**

Unas de las primeras actividades de mantenimiento que se realizó al sistema de generación de vapor fue el mantenimiento preventivo a la caldera

tipo pirotubular, el cual comenzó a inicios de septiembre del 2017. Entre los problemas que se encontraron durante el mantenimiento a la caldera no fue la práctica de mantenimiento preventivo, sino el tiempo en que se realiza y el momento en que termina. La caldera tenía un poco más de 12 meses sin una práctica de mantenimiento preventivo, además, la decisión de realizar esta actividad es del jefe del área de calderas y no el jefe de la sección de mantenimiento. Como se mencionaba previamente, el problema del mantenimiento preventivo realizado en la caldera número 2 radica en la cantidad de tiempo que se tomó para culminarlo, debido a que no se tiene una gestión de tiempo que fomente la responsabilidad y preocupación para terminar la actividad que tomó un poco más de 4 meses en terminar, tiempo en que la caldera número 1 pudo presentar fallos o averías.

Figura 32. **Parte trasera de la caldera en el proceso de mantenimiento preventivo**



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

### **3.3.2. Mantenimiento correctivo**

A continuación, se mencionan los mantenimientos que no fueron programados.

#### **3.3.2.1. Mantenimiento al compresor de tornillos**

Las actividades de mantenimiento a destacar en esta área fue la realizada al compresor de tornillo; nuevamente se recalca que la práctica de mantenimiento preventivo dada se realizó de manera óptima, conforme a las instrucciones del proveedor, salvo en el tiempo en que fue dada. El personal tiene la experiencia y el conocimiento en la práctica de mantenimiento al compresor de tornillo, pero no se tiene una gestión de tiempo entre mantenimientos. La ventaja de este tipo de compresor es que presenta un sistema de apagado automático al momento de llegar a las 2 000 horas de trabajo y vuelve a iniciar hasta que su mantenimiento sea realizado. A pesar de que el equipo posee un lapso entre mantenimientos establecido, no es realizada hasta que el equipo detenga su producción de aire comprimido, lo cual deja evidencia la irresponsabilidad que se tiene en cuanto a los mantenimientos preventivos.

#### **3.3.2.2. Fajas de transmisión**

El sistema de bombeo motor-bomba, que se utiliza para transportar el combustible búnker dentro del cuarto de máquinas, emplea una faja para transmitir la energía mecánica desde el motor eléctrico hacia bomba.

Figura 33. **Desgaste de las fajas de transmisión en el sistema de bombeo de combustible búnker**



Fuente: Área de calderas, Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

Se ve lo importante que puede ser este elemento, por el simple hecho de que su principal función es transmitir la energía mecánica; sin la faja de transmisión de la energía mecánica a la bomba no hay posibilidad de transportar el combustible búnker hasta la caldera para su atomización.

Unas de las actividades de mantenimiento correctivos que se realizó para el sistema de bombeo para combustible búnker fue el cambio de la faja de transmisión, debido a que se había aflojado y presentaba vibraciones en el sistema.

Según el personal de mantenimiento del área de calderas, las fajas se cambian cuando el sistema motor-bomba presenta vibración o cuando ellos creen que ya es necesario por lo desgastado que se encuentra.

### **3.3.2.3. Área de inyección de cloro**

Una de las actividades de mantenimiento correctivo ocurre en el área de clorinador. La bomba junto con el motor estaban presentando una vibración en el área donde estaba ubicada (el motor está montado en una base de hierro de 20 cm de altura); el problema consistía en que debido a las leves vibraciones que el mismo equipo emitía, se aflojaron los tornillos que mantenían firme la base al suelo, el personal de mantenimiento se percató de la situación y lo que hizo fue golpear la base del motor con un martillo para que se arreglara de alguna forma. Más adelante se sugirió apretar las tuercas para que no hubiera una vibración extra, el problema fue solucionado apretando muy bien las tuercas.

Figura 34. **Inyector de cloro**



Fuente: Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.

Semanas después se prosigue con el cambio del inyector de cloro, el cual era necesario reemplazarlo por uno nuevo debido a que imposible arreglar su fallo. Nuevamente se puede decir que no se tiene un registro del tiempo que trabajo, siendo únicamente la fecha de compra e instalación para propósitos administrativos y no para propósitos de mantenimiento. Se hace una referencia en el registro del tiempo porque cuando el inyector presentó la avería, no se tenía listo su repuesto, claramente no se puede evitar la descompostura del inyector, pero sí estar listo con el repuesto al estimar un momento prudente para su cambio.

#### **3.3.2.4. Motor eléctrico**

El motor eléctrico que trabaja en conjunto con la bomba centrífuga y que se encargada de suplir agua a todo el hospital, presentó graves problema que el personal notó por los sonidos extraños que empezaban a emitirse. Este problema era el motor eléctrico se quemó y el cambio llegó alrededor de 21 días después de haberse encontrado la avería. Debido a esto, se procedió a realizar charlas con el personal de mantenimiento para conocer por qué se averió el motor eléctrico, aunque una de las razones son los más de 20 años de su funcionamiento y la falta de mantenimiento preventivo, no solo al motor que ayuda a transportar agua a todo el hospital, sino también al el resto de motores eléctricos dentro del sistema de generación de vapor. Estos motores eléctricos no han recibido mantenimiento por más de dos años, lo que causa que su rendimiento no sea la mejor.

#### **3.4. Análisis de los mantenimientos realizados**

El análisis es una parte fundamental en cualquier compañía si se desea mejorar alguna situación que sea importante, como en el hospital, por tal motivo



se analizó cada práctica y la manera en que fueron desarrollados los mantenimientos preventivos y correctivos. El objetivo de este análisis fue encontrar una tendencia de los problemas que ayudará encontrar una solución global, que permitiera menguar las actividades de mantenimiento correctivo.

### **3.4.1. Caldera núm. 2**

El mantenimiento preventivo de la caldera se ha estado realizando por el actual jefe del área por más de 20 años, utilizando el mismo procedimiento de mantenimiento preventivo hacia la caldera y se ha estado capacitando constantemente gracias a las becas que la misma institución le otorga. El jefe del área de calderas es quien dirige, supervisa y realiza el mantenimiento preventivo junto a miembros del personal de mantenimiento del área de calderas y con los del área de talleres cuando hace falta más ayuda. Durante todo el tiempo que él ha estado como encargado, no se tiene una evidencia de haber realizado una mala práctica de mantenimiento preventivo a la caldera, además, los pasos que se han seguido y que se visualizaron han sido con base en fundamentos teóricos.

El único inconveniente que se tiene hasta el momento es una mala planificación en realizar la actividad de mantenimiento preventivo a la caldera. No es posible terminar el mantenimiento preventivo en un día por la gran cantidad de áreas que se deben de tratar, pero sí se puede reducir los 4 meses que se vio a 2 semanas si se planifica de buena forma, y no solo centrado a la caldera, sino también realizar otras actividades si alguna situación de emergencia lo amerita.

La situación del por qué tardó mucho tiempo el mantenimiento preventivo fue que había días en que surgía alguna prioridad por solucionar en el horario

matutino, luego de terminarlo no se seguía con el mantenimiento preventivo de la caldera (el horario matutino es el único momento en que el jefe de mantenimiento está, aunque hay excepciones). Hubo días en que no había ni una actividad por hacer, pero no se reanudaba el mantenimiento preventivo por el simple hecho de que no existía el compromiso de realizarlo.

### **3.4.2. Compresor de tornillo**

Para este tipo de compresor se tiene un kit el cual es recomendado por el proveedor del equipo para su mantenimiento preventivo, este kit contiene los elementos necesarios (aceite, filtro de aire, entre otras) e instrucciones para realizar su mantenimiento preventivo, solo se requiere conocimiento acerca del tema para realizar dicha práctica. No existe ninguna objeción acerca de la práctica del mantenimiento preventivo al compresor de tornillo, pues se siguen las instrucciones del fabricante y además porque se tiene el conocimiento y la experiencia para poder realizarla.

El problema no es en la forma en que se da la práctica del mantenimiento preventivo, sino más bien radica en el momento en que es desarrollado. Anteriormente se mencionó que luego de las 2 000 horas trabajo el compresor se apagaba automáticamente por la falta de mantenimiento preventivo, este equipo no reanuda la producción de aire comprimido hasta que dicho mantenimiento es realizado.

Otra de las razones que se observó fue que luego de cumplir las 2 000 horas de trabajo no se tenía listo el kit para su mantenimiento, hubo que esperar una semana para tenerlo listo, aunque según la información que se obtuvo fue la primera vez que sucede un incidente como este.

### **3.4.3. Fajas de transmisión**

Para el cambio de fajas de transmisión de los sistemas de bombeo para el combustible búnker no se necesita demasiado conocimiento, simplemente basta tener la faja, las herramientas necesarias y que el sistema este fuera de operación. Lo mencionado previamente es la forma en que el personal de mantenimiento lo ha realizado y asegurándose de que no exista oscilaciones al momento de ponerla en marcha.

Es necesario tener en cuenta la importancia que puede tener la faja por el simple hecho de que transmite la energía mecánica del motor hacia la bomba, para que esta pueda mandar el combustible búnker al lugar de destino, en este caso, la caldera pirotubular.

Uno de los inconvenientes que se presenta en el mantenimiento es que no se tiene un control de las horas trabajadas de la faja y no se tiene un registro propio dentro del cuarto de máquinas para propósitos de mantenimiento, que indique cuándo fue la última vez en que se realizaron los cambios. Es necesario saber la cantidad horas de vida de trabajo que tiene una faja para asegurar que la mayor parte de energía mecánica del motor eléctrico, sea transmitida a la bomba.

### **3.4.4. Propuesta para mejoras de los mantenimientos**

A través de las prácticas de mantenimiento preventivo y correctivo al sistema de generación de vapor, se tiene una clara tendencia en cada una de ellas y no es más que una mala planificación de los tiempos entre mantenimientos de los equipos pertenecientes y no pertenecientes al

sistema de generación de vapor. Se llegó a esta conclusión por las siguientes razones:

- El mantenimiento preventivo de la caldera requirió un tiempo desmesurado, por no tener una planificación que inste a tener metas diarias o semanales que ayuden a terminar lo antes posible los mantenimientos.
- No se tiene un registro exclusivo ni compromiso del personal del área de calderas para llevar un control de los mantenimientos realizados ni los que se llevarán a cabo más adelante.
- La mayoría de los mantenimientos realizados son correctivos, por la simple idea de que si el equipo está trabajando es porque está bien, no se tiene un plan de supervisión diaria, semanal, mensual, semestral o anual que indique el estado de los equipos, de esta forma se podría reducir la probabilidad de desperfectos.

Anteriormente se mencionó que el personal de mantenimiento del área calderas tiene el conocimiento y la experiencia para realizar las prácticas de mantenimiento preventivo y correctivo a los diferentes equipos que componen el sistema de generación de vapor, lo cual es una gran ventaja, porque permite obviar capacitaciones técnicas por el amplio conocimiento que ellos poseen, además, de que la institución provee becas al jefe del área de calderas para aumentar su conocimiento, para luego compartir lo aprendido dentro de la institución.

Fue necesario, con base en el problema encontrado, plantear una solución viable que este dentro del presupuesto del hospital, con el conocimiento que el personal del área de calderas tiene y con las herramientas que se tienen. Es

necesario crear un plan de gestión de los tiempos de cada mantenimiento para cada uno de los equipos del sistema de generación de vapor, además de contar con un medio para crear un registro de los mantenimientos. Todo esto se estará desglosando con más detalles posteriormente.

### **3.5. Supervisión del sistema de generación de vapor**

Otros de los problemas que afecta al sistema de generación de vapor es la falta de supervisión de las condiciones en que opera cada uno de los. No se tiene el buen hábito de realizar revisiones diarias o semanales en busca de posibles anomalías que ayuden a prevenir futuros desperfectos que puedan perjudicar a la producción de vapor, lo cual afectaría a los pacientes, quienes son los más beneficiados por los diferentes usos que se le da al vapor.

No se tiene un interés en querer encontrar áreas de oportunidad por el mismo personal de mantenimiento para la mejora de los equipos, el cual se ve aún más afectado en la jornada vespertina. El compromiso por querer mejorar debe comenzar con el jefe de la sección de mantenimiento, para que después inste al resto del equipo con el que trabaja a seguir mejorando.

La supervisión para que los equipos estén funcionando correctamente, la revisión de que no existan ningún tipo de fugas en los equipos y red de tuberías que alimentan a las calderas número 1 y 2, no hacen que las fallas dejen de existir, pero sí hacen que se reduzca en gran manera las probabilidades de futuras averías que conlleven a una situación aún más grave.

### **3.6. Plan de gestión para el mantenimiento del sistema de generación de vapor**

A través del análisis realizado en la sección anterior de las prácticas de mantenimientos correctivos y preventivos, se encontraron problemas de una mala gestión en la duración y poca evidencia de las planificaciones de los mantenimientos que deben ser realizados a cada uno de los equipos del sistema de generación de vapor.

Para tener un mejor control en los entretiempos de los mantenimientos preventivos, fue necesario proponer un registro o historial que nos proporcione información relevante.

La siguiente ficha ayudará a tener un control de los mantenimientos preventivos y correctivos; esta ficha tendrá información relevante como el nombre de la persona que realizó el mantenimiento, código de empleado, fecha en que se inicia y finaliza el mantenimiento, duración del desarrollo del mantenimiento (minutos, horas, días), nombre del equipo y modelo del equipo, así una descripción de la avería encontrada y los pasos que se tomaron para solucionarlo.

Tabla XIV. **Ficha para apunte de mantenimiento**

<b>Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal</b>			
<b>Mantenimiento</b>			
<b>Realizado por</b>	Nombre y apellido	<b>Fecha Inicio</b>	Día-mes-año
<b>Código de empleado</b>	XXXX	<b>Fecha Fin</b>	Día-mes-año
<b>Duración de manteniendo</b>	X días	<b>Turno</b>	Mañana/Tarde/Nocturno
<b>Equipo</b>	Compresor de tornillo	<b>Modelo</b>	XXXXX
<b>Descripción de avería y solución</b>			
<p>En esta parte colocar la avería que fue encontrada y los pasos que se siguieron para la solución del inconveniente.</p>			

Fuente: elaboración propia.

La siguiente ficha ayudará a tener un control de los equipos que se estarán revisando de forma diaria o semanal. Se obtendrá a través de esta ficha información de la persona que realizará el chequeo, fecha del chequeo, el turno en que fue desarrollado, información relevante de los equipos donde se

especifique qué fue lo que se realizó y notas que pueden ser importantes para el siguiente chequeo.

Tabla XV. **Ficha para el chequeo de los equipos**

<b>Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal</b>			
<b>Chequeo de equipos</b>			
<b>Realizado por</b>	Nombre apellido	<b>Código de empleado</b>	XXXX
<b>Fecha</b>	Día-mes-año	<b>Hora Inicio</b>	Hora:minutos am/pm
<b>Duración</b>	Horas:minutos	<b>Turno</b>	Mañana/Tarde
<b>Equipos supervisados</b>			
<b>Modelo</b>	<b>Equipo</b>	<b>Descripción del chequeo realizado</b>	
785-3DS	Motor eléctrico	Revisión del estado de los cojinetes	
xxxxx	xxxxxx	xxxxxxxxx	
xxxxx	xxxxxx	xxxxxxxxx	
xxxxx	xxxxxx	xxxxxxxxx	
<b>Observaciones de las condiciones del desempeño del equipo</b>			
En esta parte colocar si existió alguna anomalía en la inspección de algún equipo o notas para el siguiente chequeo			

Fuente: elaboración propia.

Estas fichas de mantenimiento se estarán realizando al comenzar y al finalizar algún chequeo o práctica de mantenimiento preventivo o correctivo



hacia los equipos. Se estará documentando en una carpeta separada por el tipo de equipo (caldera, compresor, motor eléctrico) y ordenado por fechas para una buena organización y será para uso exclusivo del personal de mantenimiento del área de calderas.

Se estará detallando las rutinas de chequeo y mantenimiento preventivo que se deberá realizar a cada cierto tiempo; las mismas deben ser especificadas en las fichas de mantenimiento y chequeo según sea el caso. Las rutinas que se deberán de realizar son las siguientes.

### **3.6.1. Rutinas de mantenimiento preventivo para caldera**

A continuación, se detallan actividades de mantenimiento preventivo para las dos calderas que están en el cuarto de máquinas.

#### **3.6.1.1. Diarios**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizarse de forma diaria a la caldera.

- Revisión de posibles fugas
- Chequeo de fugas de agua
- Chequeo de fugas de vapor
- Chequeo de fugas de gases de combustión

#### **3.6.1.2. Semanal**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma semanal.

- Revisión de válvulas en general
- Control del nivel de agua
- Líneas de alimentación de combustible
- Filtros de la línea de alimentación de combustible
- Mangueras flexibles de proveen combustible
- Equipo de bombeo de exclusivo de la caldera

### **3.6.1.3. Mensual**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma mensual.

- Revisión de conexiones eléctricas
- Limpieza del control de la llama, cerebro de la caldera
- Revisión de boquilla del quemador
- Revisión y limpieza del quemador
- Revisión del piloto de gas
- Electrodo que producen la chispa
- Revisión de electrodos
- Revisión de la fotocelda
- Limpieza del ventilador
- Revisión del mcdonnell
- Revisión de todas las válvulas de la caldera
- Revisión de la tubería
- Revisión de aisladores de electrodos de ignición
- Alineaciones en el los sistemas de bombeo

#### **3.6.1.4. Semestral**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma semestral a la caldera.

- Lubricación de cojinetes de bombas de agua
- Limpieza interior, exterior de la caldera, incrustación y hollín
- Limpieza en los pirotubos de la caldera
- Chequeo del material refractario
- Cambio de empaques de la caldera
- Revisiones en todas las conexiones que alimentan a la caldera
- Chequeo de vibración del ventilador
- Chequeo de válvula solenoide
- Revisión de válvulas de alivio y de paso

#### **3.6.1.5. Anual**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma anual a la caldera.

- Chequeo del estado de la pintura de la caldera
- Condiciones del estado de la pintura, en las señales de seguridad por color.
- Chequeo de aisladores en la tubería
- Chequeo del diafragma del flotador
- Revisión del impulsor
- Revisión termómetros
- Revisión manómetros
- Limpieza de chimenea

Queda a criterio del jefe de calderas tomar la planificación realizada, o bien, proponer el día y la hora en que se comienzan las rutinas semanales, mensuales, semestrales y anuales. A consecuencia de los programas de mantenimiento que fueron descritos, es necesario tener con anticipación las herramientas y materiales que se usarán. Esto con el propósito de hacer las actividades de mantenimiento de forma rápida, con orden y bien realizada.

### **3.6.2. Rutinas de mantenimiento preventivo para motor eléctrico**

Una planificación de mantenimiento preventivo ayuda reducir el número de paros en los servicios y aún más en momentos cuando la demanda de producción aumenta. Con base en las observaciones y los análisis realizados, se crearon rutinas de chequeo y mantenimiento preventivo para los motores eléctricos usados para el sistema de generación de vapor.

#### **3.6.2.1. Semanal**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma semanal a los motores eléctricos.

- Encender el motor con el propósito de determinar si alcanza a su velocidad nominal dentro del tiempo establecido según su placa
- Chequear que el voltaje esté dentro del rango
- Medir la corriente y crear un historial para comparar en futuras mediciones, teniendo como referencia los datos de placa
- Verificar si el motor produce ruidos anormales

### **3.6.2.2. Trimestral**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma trimestral a los motores eléctricos.

- Chequeo de algún problema de montaje (tornillos)
- Limpieza para remover suciedad en los ductos de ventilación

### **3.6.2.3. Semestral**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma semestral a los motores eléctricos.

Desamoblado del motor para lo siguiente:

- Lavado del devanado y secado
- Sustitución de rodamientos
- Prueba de resistencia de aislante
- Barnizar el devanado
- Ensamble

### **3.6.2.4. Anual**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma anual a los motores eléctricos.

- Verificar problemas de corrosión
- Verificar el estado de la pintura
- Verificar que todas las conexiones eléctricas este en buen estado

### **3.6.2.5. Recomendaciones para las rutinas de mantenimiento preventivo en los motores eléctricos**

- No usar martillos metálicos sobre cualquier área del motor debido a que los impactos pueden dañar su cobertura
- No usar destornilladores para forzar las tapas al desear separarlas, puede dañar la cobertura
- Usar un cuaderno donde anotar algún esquema u orden de conexiones al momento del desamable del motor

### **3.6.3. Rutinas de mantenimiento preventivo para compresor de pistón**

Los compresores por pistón presentan desgastes debido a la fricción, como por ejemplo en la cabeza de pistón, pernos del pistón, cigüeñal, filtros, por tal razón se crearon las siguientes rutinas de chequeo y mantenimiento para mantener el compresor de aire en óptimas condiciones.

#### **3.6.3.1. Diaria**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma diaria al compresor de pistón.

- Chequear siempre el nivel de aceite
- Drenado del condensado H<sub>2</sub>O del interior

### **3.6.3.2. Semanal**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma semanal al compresor de pistón.

- Limpieza externa (cobertura) del compresor con un trapo humedecido con H<sub>2</sub>O
- Revisión de válvula de seguridad
- Limpieza del filtro de aire, no lavar el elemento con agua

### **3.6.3.3. Mensual**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma mensual al compresor de pistón

- Revisión de presostato
- Verificar la tensión de las correas, se recomienda tener una flexión de 0,60-0,80 cm apretando con un dedo la zona intermedia

### **3.6.3.4. Cuatrimestral o 2 000 horas de uso**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma cuatrimestral o bien al alcanzar las 2 000 horas de trabajo el compresor de pistón.

- Cambio de filtro de aire
- Revisión de tornillos
- Revisión de conexiones eléctricas
- Inspección y limpieza de válvulas

### **3.6.3.5. Semestral**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma semestral al compresor de pistón.

- Cambio de aceite
- Cambio de correas

### **3.6.3.6. Anualmente**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma anual al compresor de pistón.

- Realizar las calibraciones respectivas del presostato, manómetro y válvulas

### **3.6.3.7. Recomendación**

Observar que el nivel de aceite se encuentre siempre dentro del estándar requerido, según el manual del fabricante.

## **3.6.4. Rutinas de mantenimiento preventivo para compresor de tornillo**

El compresor de tornillo actual posee un sistema de aviso para el mantenimiento preventivo de forma automático, que es cada 2 000 de trabajo; al momento de alcanzar ese periodo de funcionamiento, el equipo detiene automáticamente la producción de aire comprimido, hasta que reciba el



reemplazo de aceite, cambio de filtro de aire entre, otros elementos, que vienen en el kit recomendado por el fabricante.

#### **3.6.4.1. Diaria**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma diaria al compresor de tornillo.

- Revisar el nivel de aceite
- Drenado del condensado H<sub>2</sub>O del interior

#### **3.6.4.2. Semanal**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma semanal al compresor de tornillo.

- Limpieza externa (cobertura) del compresor con un trapo humedecido con H<sub>2</sub>O
- Limpieza del filtro de aire (no lavar el elemento)

#### **3.6.4.3. 2 000 horas de trabajo**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán realizar cuando el compresor de tornillo llegue a sus 2 000 horas de trabajo.

- Cambio de filtro de aire

#### **3.6.4.4. Recomendación**

Observar siempre que el nivel de aceite se encuentre dentro del estándar requerido y tener preparado el kit de mantenimiento antes de llegar a las 2 000 horas de trabajo, que es el tiempo que el equipo tiene por defecto.

#### **3.6.5. Rutinas de mantenimiento preventivo para bombas centrífugas**

En muchas ocasiones las averías prematuras de una bomba son causadas por la una incorrecta lubricación, contaminación o algún problema de alineación.

- Contaminación

Las bombas están propensas a contaminarse con basura del fluido que bombea.

- Lubricación

Como gran parte de maquinarias, las bombas centrífugas también necesitan que se lubriquen sus cojinetes por medio de aceite o grasa, no descartando otro tipo de lubricaciones requerido. Generalmente, los empaques y sellos son lubricados por el fluido. Si se desea alcanzar una vida útil máxima se debe de satisfacer estas necesidades estrictamente.

- Desalineación

Una desalineación de la bomba y el motor eléctrico causa vibración, lo que provoca un desgaste anormal de los cojinetes. Es necesario que las bombas sean alineadas de acuerdo a las indicaciones del fabricante

#### **3.6.5.1. Diaria**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma diaria a las bombas centrífugas.

- Limpieza exterior del equipo
- Verificar que el filtro de succión esté limpio
- Revisión de presión
- Revisión de posibles fugas
- Revisión de la temperatura de cojinetes, que debe estar entre los 60° C y 66° C

#### **3.6.5.2. Semanal**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma semanal a las bombas centrífugas.

- Rotación del eje en caso de un periodo de inactividad larga
- Verificación de posibles fugas en el sistema de tuberías

#### **3.6.5.3. Mensual**

- El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma mensual a las bombas centrífugas

- Revisión de vibraciones presentes en el eje y cojinetes, la vibración no deber de superar las 0,002 pulgadas

#### **3.6.5.4. Trimestral**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma trimestral a las bombas centrífugas.

- Chequeo de lubricación de cojinetes
- Revisión de consumo de energía (basarse en placa de equipo)
- Revisión de los pernos de sujeción para prevención de posibles vibraciones

#### **3.6.5.5. Anual**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma anual a las bombas centrífugas.

- Chequeo de pintura

#### **3.6.5.6. Recomendaciones**

Estar alertas ante cualquier ruido ajeno a la operación normal de la bomba, debido a que puede indicar vibración, cavitación, falla de los cojinetes u otras averías que no deben de ignorarse.

### **3.6.6. Rutinas de mantenimiento preventivo para tanque de retorno de condensado**

El tanque de retorno de condensado tiene más de un año sin tener mantenimiento y no se tiene una evidencia de realizar inspecciones a sus componentes. A continuación, se detalla lo que se deberá realizar para que siempre trabaje de manera óptima.

#### **3.6.6.1. Diario**

El siguiente listado indica la rutina que se deberá de realizar de forma diaria al tanque de retorno de condensado.

- Revisión de posibles fugas

#### **3.6.6.2. Mensual**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma mensual al tanque de retorno de condensado.

- Chequeo de empaques y sellado hermético en el tanque
- Revisión de bridas, uniones de la tubería y accesorio que funcionan en conjunto con el tanque de condensado

#### **3.6.6.3. Semestrales**

El siguiente listado indica las rutinas que se deberán de realizar de forma semestral al tanque de retorno de condensado.

- Limpieza general

### **3.6.7. Rutinas de mantenimiento preventivo para hidroneumáticos**

Los hidroneumáticos tienen más de un año sin tener mantenimiento y no se tienen una evidencia de realizar inspecciones programadas. A continuación, se detalla lo que se deberá realizar para que siempre trabajen de forma óptima.

#### **3.6.7.1. Diario**

El siguiente listado indica la rutina que se deberá de realizar de forma diaria a los hidroneumáticos.

- Revisión de fugas

#### **3.6.7.2. Trimestral**

El siguiente listado indica la rutina que se deberá de realizar de forma trimestral a los hidroneumáticos.

- Revisión de la presión de aire

#### **3.6.7.3. Semestral**

El siguiente listado indica la rutina que se deberá de realizar de forma semestral a los hidroneumáticos.

- Limpieza exterior e interior a presión

#### **3.6.7.4. Anual**

El siguiente listado indica la rutina que se deberá de realizar de forma anual a los hidroneumáticos.

- Revisión de pintura
- Revisión de tuercas
- Revisión de bulones





## **4. FASE DE DOCENCIA**

En esta sección se estarán detallando las áreas de oportunidad que se dieron a conocer a lo largo de los 5 meses en el sistema de generación de vapor, a todo el personal de mantenimiento del área de calderas. Esta actividad se realizó con el personal de mantenimiento del área de calderas en las últimas semanas del proyecto dentro de la oficina del jefe de dicha área. Se realizaron charlas informativas, dando el mismo tema en varios días hasta cubrir a todo el personal del área, debido a la gestión de turnos del personal por parte del jefe del área de mantenimiento. Los temas desarrollados fueron la importancia de tener una buena gestión en los tiempos de mantenimientos, la supervisión de los equipos y toma de datos reales para el control de la calera.

### **4.1. Capacitación al personal del área de calderas**

Los análisis realizados anteriormente indican que el personal de mantenimiento, quienes operan y realizan prácticas de mantenimiento a los equipos, tiene la experiencia y el conocimiento para afrontar los diversos problemas que puedan surgir durante el día. La responsabilidad es una de las cualidades que se ven afectadas dentro del personal de mantenimiento, por lo cual fue necesario hacerles saber el impacto sobre el buen desempeño que tiene la supervisión del sistema de generación de vapor.

#### **4.1.1. Importancia de supervisar al sistema de generación de vapor**

Cada uno de los equipos que componen el sistema de generación de vapor realiza diferentes operaciones y que al unificar el trabajo de cada uno generan el producto buscado. El vapor es de gran importancia para el personal del hospital por las diferentes áreas en el que es usado, como por ejemplo, el área de nutrición y dietética, esterilización y lavandería quienes hacen el uso del vapor para el beneficio de los pacientes afiliados a la institución.

Por esto es necesario supervisar periódicamente cada uno de los equipos para verificar que estén funcionando correctamente, además de detectar fallas tempranas que puedan perjudicar la generación de vapor.

¿Por qué es importante supervisar?, la supervisión es una actividad primordial porque ayuda a alcanzar metas, cualquier institución o empresa que no posee actividades de supervisión difícilmente alcanzará sus objetivos.

Supervisar significa realizar acciones que den como resultado análisis y evaluación al desempeño de alguna tarea, como es el caso de cada uno de los equipos que componen al sistema de generación de vapor.

#### **4.1.2. Importancia de tomar los datos reales y no inventados al sistema de generación de vapor**

La maquinaria y equipo cuentan con instrumentos de medición como, por ejemplo, el manómetro y termómetro, para medir y controlar el desempeño de los equipos.

El desempeño de la caldera se puede ver a través de los datos que el personal de mantenimiento recopila, por lo que es importante que los datos tomados sean exactamente como aparecen en los instrumentos de medición, teniendo el compromiso y la responsabilidad de respetar los horarios de toma de datos, que se realiza cada hora, todos los días, de 6:00 A.M hasta finalizar la producción del vapor.

Los datos nunca deben ser estimados al azar, debido que al realizar las operaciones que muestran el resultado del desempeño de la caldera, dará una información errónea, pese a que la información ingresada para la operación matemática tenga una variación mínima de la real.

#### **4.1.3. Importancia de reportar los mantenimientos**

Los análisis realizados por grandes compañías se realizan a través de reportes que indican cómo se ha estado trabajando y cómo ha sido el desempeño de lo que se ha estado analizando. Para mejorar o bien seguir con la misma tendencia, el punto clave de todo esto es tener una referencia de los registros, historiales o reportes en los cuales podemos basar para determinar si lo que se ha realizado está bien.

Dentro de las instalaciones del hospital y específicamente del área de calderas, es de gran importancia tener registros de todas las actividades de mantenimiento, para que en futuras oportunidades se tenga datos para analizar y tomar acciones que permitan la mejora, no solo del sistema de generación de vapor, sino también para otros equipos necesarios dentro del hospital.

#### **4.1.4. Compromiso y responsabilidad de querer mejorar**

Una compañía puede tener la mejor estrategia o la planificación para alcanzar las metas de ventas y ser el líder dentro del mercado, pero si no se tiene la responsabilidad y compromiso de ejecutar las estrategias, tal como se indica, es imposible llegar a la meta, otro ejemplo es que atleta que desea ganar una medalla olímpica, necesita tener el compromiso consigo mismo de entrenar siempre para llegar al éxito. El hospital no es una excepción, se pueden tener las mejores marcas de equipos, herramientas, la mejor planificación de mantenimiento, pero si no se tiene la responsabilidad y el compromiso de seguir la planificación tal como está descrita, es imposible ver una mejora dentro del sistema de generación de vapor, aun cuando se tiene la mejor experiencia y conocimiento para operar y realizar prácticas de mantenimientos a los equipos. Estas mejoras pueden ser alcanzadas si el equipo de trabajo tiene la visión de siempre mejorar cada día.

## CONCLUSIONES

1. Se determinó y quedó comprobado que el personal de mantenimiento del área de calderas tiene el conocimiento y experiencia para afrontar y culminar el mantenimiento adecuado para las averías que se pueden presentar dentro del sistema de generación de vapor. Además, el jefe del área de calderas constantemente recibe becas de estudio, proporcionadas por la institución, para aumentar su conocimiento y capacidad, los cuales comparte con su equipo de trabajo.
2. El área de oportunidad principal que se determinó para los equipos que conforman al sistema de generación de vapor es la incorrecta gestión del tiempo para realizar las prácticas de mantenimiento, los entretiempos en cada mantenimiento y la falta de realizar rutinas de chequeo del desempeño de los equipos, dando como resultado prácticas frecuentes de mantenimientos correctivos, poniendo en peligro el paro de producción de vapor.
3. La solución más viable que se encontró para afrontar los problemas que ocurren dentro de la institución y específicamente en el área de calderas, por la generación de vapor, fue la creación de un plan de gestión de tiempos para las prácticas de los mantenimientos preventivos de cada equipo, siendo la principal razón el desarrollo de estas actividades de forma ordenada, en el tiempo necesario y con registros (historiales de mantenimiento) que ayuden a tener un mejor control, además de que ayuden a poder realizar mejoras más adelante.

4. Una de las áreas de oportunidad encontradas, según los resultados de los mantenimientos realizados, es la responsabilidad y compromiso que se tiene por parte del personal de mantenimiento. Fue necesario realizar una charla informativa que fomente la responsabilidad y el compromiso de supervisar y seguir lineamientos propuestos para la mejora del sistema de generación de vapor.

## RECOMENDACIONES

1. Al jefe de la sección de mantenimiento: que al momento que un técnico de turno tenga que cubrir a algún técnico del área de calderas, esta persona debe tener el conocimiento necesario para manipular el sistema de generación de vapor, para que no ocasione alguna avería o detenga innecesariamente la producción de vapor, por el escaso conocimiento que tenga sobre el tema.
2. Buscar nuevos prospectos dentro del mismo Hospital de Accidentes del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, Ceibal, y capacitarlos para tener personal como sustituto cuando ocurra algún tipo de emergencia donde los empleados de mantenimiento del área de calderas no puedan estar presente.
3. Supervisar diariamente que las instalaciones del área de calderas se encuentren en óptimas condiciones y que el personal de la misma área estén laborando.
4. Al jefe del área de calderas: tomar como modelo y la responsabilidad de seguir el plan de gestión de mantenimiento que se realizó.
5. A los técnicos del área de calderas: realizar rutinas de supervisión diaria, semanal, mensual y anual como fueron descritas previamente, para verificar posibles fugas o algún tipo de falla imprevista, con el objetivo de solucionarlo de manera rápida y eficiente.





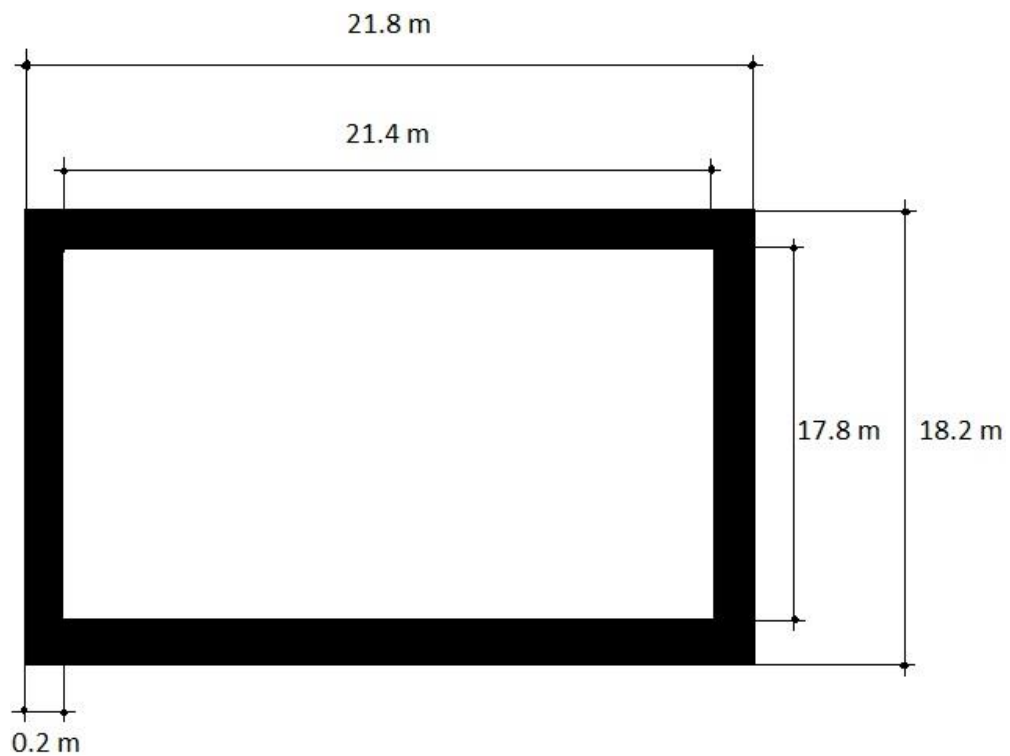
## BIBLIOGRAFÍA

1. CISNEROS CORREA, Freddy Manuel. *Calderas pirotubulares*. [en línea]. <<https://es.slideshare.net/freddymanuelcisneroscorrea3/calderas-pirotubulares>> [Consulta: 2 de septiembre de 2018].
2. RAMOS PUC, Fausto. *Mantenimiento a motor eléctrico*. [en línea]. <<https://es.slideshare.net/FaustoARamosPuc/mantenimiento-a-motor-electrico>> [Consulta: 5 de septiembre de 2018].
3. CORNEJO, Ramiro. *Mantenimiento de un compresor por pistón*. [en línea]. <[https://prezi.com/dkrvjw9d3\\_ki/mantenimiento-de-un-compresor-por-piston/?webgl=0https://prezi.com/dkrvjw9d3\\_ki/mantenimiento-de-un-compresor-por-piston/?webgl=0](https://prezi.com/dkrvjw9d3_ki/mantenimiento-de-un-compresor-por-piston/?webgl=0https://prezi.com/dkrvjw9d3_ki/mantenimiento-de-un-compresor-por-piston/?webgl=0)> [Consulta: 18 de septiembre de 2018].
4. Tel-a-train, inc. *Guía de referencia: Mantenimiento de bombas centrífugas*. Tennessee, USA: Sena, 1995. 8 p.
5. Instituto de Educación Superior, Tecsup. *Mantenimiento de bombas centrífugas*. Perú: Tecsup, 2014. 7 p.
6. LARIOS REN, Hugo Tomás. *Diseño del plan de mantenimiento preventivo del área de calderas del hospital nacional Santa Elena de Santa Cruz del Quiché, El Quiché*. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2011. 52 p.



## ANEXOS

### Anexo 1. Esquema del tanque diario para agua



Alto total: 3 m

Altura máxima de agua: 2,75 m

Ancho: 18,2 m

Largo 21,8 m

Ancho de pared del tanque 20 cm = 0,2 m

Continuación del anexo 1.

$$V_t = w * h_t * l$$

$$V_t = 17,8 \text{ m} * 2,75 \text{ m} * 21,4 \text{ m} = 1\,047,53 \text{ m}^3$$

$$V_c = 276\,758,26 \text{ gal}$$

La ecuación  $v_t$  es el volumen máximo que el agua puede alcanzar,  $w$  es el ancho,  $l$  es el largo y donde  $h_t$  es la altura que disminuye por cada hora dentro del tanque, en este caso  $7 \text{ cm} = 0,07 \text{ m}$

$$\text{Consumo} = \frac{w * h_v * l}{1 \text{ h}} = \frac{17,8 \text{ m} * 0,07 \text{ m} * 21,4 \text{ m}}{1 \text{ h}} = 26,66 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Consumo} = 7\,043,6 \text{ gal}/\text{h}$$

Fuente: Archivos del Hospital General de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social Ceibal.