



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

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PLANIFICACIÓN PARA GARANTIZAR EL  
MANTENIMIENTO EN LAS CALDERAS DE LA SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y  
MANTENIMIENTO DEL HOSPITAL ROOSEVELT**

**Socrates Rodolfo Paz Coronado**

Asesorado por la Inga. Wendy Edith Gako Castillo

Guatemala, marzo de 2021



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PLANIFICACIÓN PARA GARANTIZAR EL  
MANTENIMIENTO EN LAS CALDERAS DE LA SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y  
MANTENIMIENTO DEL HOSPITAL ROOSEVELT**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**Socrates Rodolfo Paz Coronado**

ASESORADO POR LA INGA. WENDY EDITH GAKO CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MARZO DE 2021



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
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. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADOR	Ing. Selvin Estuardo Joachin Juárez
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivonne Veliz Vargas
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PLANIFICACIÓN PARA GARANTIZAR EL  
MANTENIMIENTO EN LAS CALDERAS DE LA SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y  
MANTENIMIENTO DEL HOSPITAL ROOSEVELT**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 6 de septiembre de 2019.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

**Socrates Rodolfo Paz Coronado**





Guatemala, 27 julio del 2020

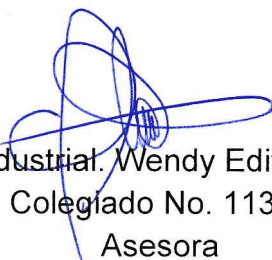
Ingeniero  
Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
Director Escuela de Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería - UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
(USAC)

Estimado Ingeniero Urquizú:

Por este medio atentamente le informo que, como asesora del estudiante universitario de la carrera de Ingeniería Industrial: **SOCRATES RODOLFO PAZ CORONADO**, con carné: **201212771**, procedí a revisar el trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PLANIFICACIÓN PARA GARANTIZAR EL MANTENIMIENTO EN LAS CALDERAS DE LA SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO DEL HOSPITAL ROOSEVELT**.

Al respecto quiero indicarle que luego de efectuadas las revisiones y correcciones del caso, encuentro satisfactorio el trabajo, por lo que proceso aprobarlo y remitirlo a usted para su trámite correspondiente.

Atentamente,



Ingeniera Industrial. Wendy Edith Gako Castillo  
Colegiado No. 11386  
Asesora

*Wendy Edith Gako Castillo*  
INGENIERA INDUSTRIAL  
COLEGIADO No. 11,386





ESCUELA DE  
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.096.020

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PLANIFICACIÓN PARA GARANTIZAR EL MANTENIMIENTO EN LAS CALDERAS DE LA SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO DEL HOSPITAL ROOSEVELT**, presentado por el estudiante universitario **Socrates Rodolfo Paz Coronado**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

*Sergio Roberto Barrios S.*  
Ingeniero Industrial  
Colegiado No. 10002

  
Ing. Sergio Roberto Barrios Sandoval  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2020.

/mgp





ESCUELA DE  
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.016.021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PLANIFICACIÓN PARA GARANTIZAR EL MANTENIMIENTO EN LAS CALDERAS DE LA SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO DEL HOSPITAL ROOSEVELT**, presentado por el estudiante universitario **Socrates Rodolfo Paz Coronado**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por: Cesar Ernesto Urquizu Rodas  
Motivo: Ingeniero Industrial  
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería  
Mecánica Industrial, USAC  
Colegiado 4,272

**Ing. César Ernesto Urquizú Rodas**  
**DIRECTOR**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

Guatemala, marzo de 2021.  
/mgp



DTG. 107.2021.

La Decana 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 Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PLANIFICACIÓN PARA GARANTIZAR EL MANTENIMIENTO EN LAS CALDERAS DE LA SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO DEL HOSPITAL ROOSEVELT**, presentado por el estudiante universitario: **Socrates Rodolfo Paz Coronado**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DECANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana

Guatemala, marzo de 2021.

AACE/asga





## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mis padres**

Gabriel Francisco Paz Tun y María Magdalena Coronado Sánchez. Son un gran ejemplo de vida, su amor y apoyo incondicional son dignos de mi admiración y a ellos dedico este triunfo alcanzado.

### **Mis hermanos**

Daniel y Kevin Paz. Por todos los momentos compartidos y ser importantes en mi vida. Que este triunfo sea un ejemplo para seguir adelante.

### **Mis amigos**

Por estar conmigo en los buenos y malos momentos, haciendo de estos años inolvidables y los mejores.

### **Mis abuelos**

Por apoyarme en el transcurso de mi vida.



## AGRADECIMIENTOS A:

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser el <i>alma máter</i> y darme la oportunidad de estudiar en tan digna universidad.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por los conocimientos éticos, técnicos y científicos adquiridos a través de años de estudio.
<b>Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Roosevelt</b>	Por ser la institución que me dio la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos a través de los años de estudio y culminar este trabajo de graduación.
<b>Asesora</b>	Inga. Wendy Edith Gako Castillo. Por su ayuda, buenos consejos y ser una importante influencia en la culminación de mi carrera.
<b>A mi familia</b>	Por su amor incondicional.



# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIII
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Historia de la empresa.....	1
1.1.1. Historia.....	2
1.1.2. Misión.....	3
1.1.3. Visión.....	3
1.1.4. Estructura orgánica.....	4
1.1.5. Ubicación.....	5
1.2. Servicios que ofrece.....	6
1.2.1. Cirugía.....	7
1.2.2. Traumatología.....	7
1.2.3. Maternidad.....	7
1.2.4. Ginecología.....	8
1.2.5. Pediatría.....	8
1.3. Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento.....	8
1.3.1. Organigrama.....	9
1.3.2. Unidades de apoyo de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento.....	10
1.3.2.1. Área de calderas.....	11

	1.3.2.2. Planta eléctrica .....	12
	1.3.2.3. Intendencia .....	12
	1.3.2.4. Costurería .....	12
	1.3.2.5. Lavandería.....	13
1.4.	Planificación .....	13
1.4.1.	Definición.....	14
1.4.2.	Tipos de planificación.....	15
	1.4.2.1. Planificación normativa o tradicional .....	16
	1.4.2.2. Planificación tradicional .....	17
	1.4.2.3. Planificación estratégica.....	17
1.5.	Calderas.....	18
1.5.1.	Definición de caldera.....	19
1.5.2.	Clasificación de las calderas según su disposición de los fluidos .....	20
	1.5.2.1. Piro tubular .....	20
	1.5.2.2. Acuotubular .....	22
1.5.3.	Componentes fundamentales .....	23
	1.5.3.1. Caldera piro tubular .....	23
	1.5.3.2. Caldera acuotubular .....	25
1.6.	Mantenimiento.....	26
1.6.1.	Definición de mantenimiento .....	27
1.6.2.	Lineamientos técnicos.....	28
	1.6.2.1. Calibración.....	28
	1.6.2.2. Inspección .....	29
	1.6.2.3. Limpieza .....	29
	1.6.2.4. Lubricación .....	29
1.6.3.	Tipos de mantenimiento .....	29
	1.6.3.1. Mantenimiento correctivo .....	31
	1.6.3.1.1. Programado y no programado ....	32

1.6.3.1.2.	Utilidad del mantenimiento correctivo .....	33
1.6.3.1.3.	Desventajas .....	34
1.6.3.2.	Mantenimiento preventivo.....	35
1.6.3.2.1.	Utilidad del mantenimiento preventivo .....	35
1.6.3.2.2.	Desventajas .....	36
2.	SITUACIÓN ACTUAL .....	39
2.1.	Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento .....	39
2.1.1.	Antecedentes generales de las calderas.....	40
2.1.2.	Procedimientos de trabajo de las calderas.....	41
2.1.2.1.	Revisión diaria .....	42
2.1.2.1.1.	Bitácora.....	43
2.1.2.2.	Revisión semanal .....	43
2.1.2.2.1.	Registro anecdótico .....	44
2.1.2.2.2.	Reparación caldera pirotubular Cleaver Brooks C8600-300 (1)....	44
2.1.2.2.3.	Mantenimiento preventivo caldera pirotubular Cleaver Brooks C8600-300 (1) .....	44
2.1.2.2.4.	Reparación caldera pirotubular Cleaver Brooks 4-0321-006 (2) ...	45
2.1.2.2.5.	Mantenimiento correctivo caldera pirotubular Cleaver Brooks 4-0321-006 (2).....	45
2.1.2.3.	Revisión trimestral .....	45
2.1.2.3.1.	Registro anecdótico .....	46

2.1.2.3.2.	Reparación caldera pirotubular Cleaver Brooks C8600-300 (1)....	46
2.1.2.3.3.	Mantenimiento preventivo caldera pirotubular Cleaver Brooks C8600-300 (1) .....	46
2.1.2.3.4.	Reparación caldera pirotubular Cleaver Brooks 4-0321-006 (2) ...	46
2.1.2.3.5.	Mantenimiento correctivo caldera pirotubular Cleaver Brooks 4-0321-006 (2) .....	47
2.1.3.	Diagrama de flujo de los procedimientos de trabajo ...	47
2.2.	Mantenimiento preventivo .....	49
2.2.1.	Caldera pirotubular Cleaver Brooks C8600-300 (1)....	49
2.2.1.1.	Cada 100 horas de uso .....	49
2.2.1.2.	Cada 500 horas de uso .....	49
2.2.2.	Caldera pirotubular Cleaver Brooks 4-0321-006 (2) ...	50
2.2.2.1.	Cada 100 horas de uso .....	50
2.2.2.2.	Cada 500 horas de uso .....	50
2.3.	Mantenimiento correctivo .....	51
2.3.1.	Caldera pirotubular Cleaver Brooks C8600-300 (1)....	51
2.3.1.1.	Cada 100 horas de uso .....	52
2.3.1.2.	Cada 500 horas de uso .....	52
2.3.2.	Caldera pirotubular Cleaver Brooks 4-0321-006 (2) ...	53
2.3.2.1.	Cada 100 horas de uso .....	53
2.3.2.2.	Cada 500 horas de uso .....	54
2.4.	Condiciones de trabajo .....	55
2.4.1.	Jornada de trabajo .....	55
2.4.2.	Luminosidad .....	56
2.4.3.	Ruido industrial.....	56



2.4.4.	Calor y temperatura.....	57
2.4.5.	Ventilación industrial.....	57
3.	PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PLANIFICACIÓN PARA GARANTIZAR EL MANTENIMIENTO EN LAS CALDERAS .....	59
3.1.	Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento .....	59
3.1.1.	Sistema de planificación.....	59
3.1.1.1.	Funciones y objetivos .....	60
3.1.1.2.	Responsabilidades del mantenimiento preventivo y correctivo para las calderas.....	62
3.1.1.2.1.	Comunicación de resultados y avances .....	62
3.1.1.2.2.	Almacenamiento de registros .....	62
3.1.1.3.	Recurso humano .....	63
3.1.1.4.	Recurso financiero.....	63
3.2.	Fortalecimiento de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento.....	63
3.2.1.	Planeación estratégica .....	64
3.2.1.1.	Visión.....	65
3.2.1.2.	Misión .....	65
3.2.1.3.	Análisis FODA .....	65
3.3.	Recurso humano .....	66
3.3.1.	Capacitación.....	67
3.3.2.	Equipamiento.....	67
3.3.3.	Procedimientos de trabajo.....	68
3.4.	Plan de mantenimiento.....	71
3.4.1.	Hojas de reporte .....	72
3.4.2.	Informes de mantenimientos .....	73
3.4.3.	Programación de mantenimiento preventivo.....	74

3.4.4.	Guía para rutinas de mantenimiento en las calderas pirotubulares Cleaver Brooks C8600-300 (1) y Cleaver Brooks 4-0321-006 (2).....	75
3.4.4.1.	Semanal .....	77
3.4.4.2.	Mensual.....	77
3.4.4.3.	Semestrales.....	78
3.4.4.4.	Anuales.....	78
3.4.5.	Programación de mantenimiento correctivo.....	78
3.4.6.	Guía para rutinas de mantenimiento en las calderas pirotubulares Cleaver Brooks C8600-300 (1) y Cleaver Brooks 4-0321-006 (2).....	79
3.4.6.1.	Semanal .....	79
3.4.6.2.	Mensual.....	79
3.4.6.3.	Semestrales.....	80
3.4.6.4.	Anuales.....	81
3.5.	Plan de seguridad .....	82
3.5.1.	Condiciones de trabajo.....	83
3.5.1.1.	Luminosidad .....	83
3.5.1.2.	Ruido industrial.....	83
3.5.1.3.	Calor y temperatura.....	84
3.5.1.4.	Ventilación industrial.....	84
3.5.2.	Categorización de peligros según su origen .....	85
3.5.2.1.	Físicos .....	85
3.5.2.2.	Mecánicos .....	86
3.6.	Diagrama de causa y efecto del mantenimiento .....	86
3.7.	Indicadores de referencia.....	87
3.7.1.	Indicador de disponibilidad mecánica .....	88
3.7.2.	Indicador de utilización.....	88
3.7.3.	Indicador de tiempo medio entre fallas .....	89

3.7.4.	Indicador de tiempo medio para mantenimiento o reparaciones.....	89
3.8.	Costos de materiales para el mantenimiento .....	90
3.8.1.	Preventivo.....	90
3.8.2.	Correctivo .....	90
3.9.	Costos de operación.....	91
3.9.1.	Análisis del ciclo de vida y de la posible renovación de equipos .....	91
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA .....	93
4.1.	Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento .....	93
4.1.1.	Políticas y objetivos de mantenimiento .....	93
4.1.2.	Funciones y responsabilidades .....	95
4.1.3.	Metodología de planes de mantenimiento.....	96
4.1.4.	Registro y control de los mantenimientos.....	97
4.1.4.1.	Procedimientos de trabajo .....	97
4.2.	Recurso humano .....	97
4.2.1.	Inducciones .....	98
4.2.2.	Capacitación.....	98
4.2.3.	Procedimientos de trabajo.....	99
4.2.4.	Equipamiento.....	101
4.3.	Plan de seguridad.....	101
4.3.1.	Condiciones de trabajo .....	102
4.3.1.1.	Luminosidad .....	103
4.3.1.2.	Ruido industrial .....	103
4.3.1.3.	Calor y temperatura .....	103
4.3.1.4.	Ventilación industrial.....	104
4.3.2.	Matriz de riesgos .....	104
4.4.	Plan de mantenimiento.....	110

4.4.1.	Reportes de mantenimiento .....	110
4.4.1.1.	Carpetas de servicios .....	111
4.4.1.1.1.	Registros y solicitudes.....	111
4.5.	Rutinas de mantenimiento preventivo y correctivo a las calderas Cleaver Brooks c8600-300 (1) y Cleaver Brooks 4-0321-006 (2).....	112
4.5.1.1.	Menor 10 horas de uso .....	112
4.5.1.1.1.	Caldera pirotubular cleaver brooks c8600-300 (1) .....	112
4.5.1.1.2.	Caldera cleaver brooks 4-0321-006 (2) .....	113
4.5.1.1.3.	Bitácoras e informes.....	113
4.5.1.2.	Cada 250 horas de uso .....	114
4.5.1.2.1.	Caldera pirotubular cleaver brooks c8600-300 (1) .....	115
4.5.1.2.2.	Caldera cleaver brooks 4-0321-006 (2) .....	115
4.5.1.2.3.	Bitácoras e informes.....	115
4.5.1.3.	Cada 500 horas de uso .....	116
4.5.1.3.1.	Caldera pirotubular cleaver brooks c8600-300 (1) .....	117
4.5.1.3.2.	Caldera cleaver brooks 4-0321-006 (2) .....	117
4.5.1.3.3.	Bitácoras e informes.....	117
4.6.	Implementación de un tablero de control .....	119
4.6.1.	Cronograma de actividades del mantenimiento .....	119
4.7.	Indicadores de referencia.....	124
4.7.1.	Indicador de disponibilidad mecánica .....	124
4.7.2.	Indicador de utilización.....	124

4.7.3.	Indicador de tiempo medio entre fallas.....	125
4.7.4.	Indicador de tiempo medio para mantenimiento o reparaciones.....	125
4.8.	Informes de intervención de mantenimiento.....	126
4.8.1.	Clasificación de fallas .....	127
4.8.1.1.	Fallas tempranas .....	127
4.8.1.1.1.	Bitácora e informes.....	127
4.8.1.2.	Fallas tardías .....	127
4.8.1.2.1.	Bitácora e informes.....	128
4.9.	Costos de materiales para el mantenimiento .....	128
4.9.1.	Preventivo.....	128
4.9.2.	Correctivo .....	131
5.	SEGUIMIENTO .....	135
5.1.	Control de la información.....	135
5.1.1.	Resultados obtenidos .....	135
5.1.1.1.	Interpretación.....	135
5.1.1.2.	Aplicación .....	136
5.2.	Verificación del sistema de planificación .....	136
5.2.1.	Indicadores de referencia .....	136
5.2.2.	Tablero de control.....	136
5.2.3.	Reportes de mantenimiento .....	138
5.3.	Auditorías internas.....	140
5.3.1.	Área de planificación .....	143
5.3.2.	Gerente de área .....	143
5.3.3.	Supervisores.....	143
5.4.	Auditorías externas.....	143
5.4.1.	Análisis de los registros.....	144
5.4.2.	Auditorías de seguridad industrial .....	144

5.5.	Estadísticas .....	148
5.5.1.	Diagrama de causa y efecto.....	148
5.5.2.	Diagrama de Pareto .....	149
CONCLUSIONES.....		151
RECOMENDACIONES .....		153
BIBLIOGRAFÍA.....		155

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Hospital Roosevelt.....	1
2.	Estructura orgánica Hospital Roosevelt .....	5
3.	Mapa del Hospital Roosevelt.....	6
4.	Organigrama.....	10
5.	Caldera pirotubular.....	21
6.	Caldera acuotubular .....	22
7.	Componentes internos de la caldera pirotubular.....	24
8.	Componentes de caldera acuotubular .....	26
9.	Tipos de mantenimiento .....	31
10.	Diagrama de flujo de los procedimientos de trabajo .....	48
11.	Diagrama de los procedimientos de trabajo.....	70
12.	Ficha de control .....	76
13.	Diagrama de causa y efecto.....	87
14.	Diagrama de flujo de los procedimientos de trabajo .....	100
15.	Hoja para bitácora menor a 10 horas.....	114
16.	Hoja para bitácora de 250 horas .....	116
17.	Hoja para bitácora de 500 horas .....	118
18.	Cotización para los mantenimientos preventivo .....	130
19.	Cotización para mantenimiento correctivo .....	132
20.	Tablero de control.....	137
21.	Reporte de mantenimiento .....	139
22.	Formato de auditorías internas.....	141
23.	Formato de auditorías de seguridad industrial .....	145

24.	Diagrama causa y efecto .....	148
25.	Diagrama de Pareto .....	150

## TABLAS

I.	Matriz FODA.....	66
II.	Funciones y responsabilidades.....	96
III.	Cursos de capacitación.....	99
IV.	Índice de valoración de riesgo .....	106
V.	Matriz de riesgos jefe de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento.....	107
VI.	Matriz de riesgos del supervisor .....	108
VII.	Matriz de riesgos del operador.....	109
VIII.	Cronograma de actividades para las calderas pirotubular Cleaver Brooks c8600-300.....	120
IX.	Cronograma de actividades para las caldera Cleaver Brooks 4-0321-006.....	122
X.	Indicadores.....	126
XI.	Costo de materiales para el mantenimiento preventivo .....	129
XII.	Costo de materiales para el mantenimiento correctivo	131
XIII.	Frecuencia de las posibles fallas en las calderas .....	149



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>cm</b>	Centímetro
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>°F</b>	Grados Fahrenheit
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>mm</b>	Milímetro
<b>min</b>	Minuto
<b>%</b>	Porcentaje
<b><math>\bar{x}</math></b>	Promedio
<b>Q</b>	Quetzal
<b>Seg.</b>	Segundo



## GLOSARIO

<b>Acuotubular</b>	Tipo de caldera que tiene como principio de funcionamiento dejar que el agua circule a través de los pasos de la caldera y, a través de una transferencia de calor, llevar a cabo el proceso de evaporización de la misma a altas presiones
<b>Agua de alimentación</b>	Agua que alimenta la caldera, puede ser cruda, condensada o tratada.
<b>Base</b>	Es un químico que ocasiona un estado alcalino en el agua, es decir, su ph es superior a 7.
<b>Boquilla</b>	Parte del quemador que atomiza el combustible para llevar el proceso de combustión eficiente.
<b>Bunker</b>	Es un combustible derivado del petróleo, más rústico que la gasolina. Su proceso de elaboración es más rápido y económico, y por ende, su precio también lo es en comparación con otro derivado del petróleo como la gasolina.
<b>Carcaza</b>	Es la parte superficial que cubre el quemador y los pasos de la caldera. Es lo que separa el hogar de la cámara de agua.

<b>Estator</b>	Parte estacionaria de un motor eléctrico que, en combinación con el rotor, forman un campo magnético que hace que estos funcionen y transformen la energía eléctrica en energía mecánica.
<b>Evaporización</b>	Es un proceso de calentamiento que hace que el agua cambie de estado líquido a estado gaseoso
<b>Fosfatos y polifosfatos</b>	Químicos que previenen la formación de incrustaciones y óxido en el sistema.
<b>Fotocelda</b>	Es un interruptor eléctrico que se acciona a través de la emisión de electrones en forma de luz.
<b>Flujograma</b>	Es un diagrama que se utiliza para describir un proceso.
<b>Indicadores</b>	Son puntos de referencia que brindan información cualitativa o cuantitativa, conformada por uno o varios datos, constituidos por percepciones, números, hechos, opiniones o medidas, que permiten seguir el desenvolvimiento de un proceso y su evaluación, y deben guardar relación con el mismo.
<b>Neumática</b>	Ciencia que estudia sistemas de aire comprimido, para ejercer trabajo.

<b>Mantenimiento</b>	Todas las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida.
<b>Planificación</b>	Es un proceso de toma de decisiones para alcanzar un futuro deseado, teniendo en cuenta la situación actual y los factores internos y externos que pueden influir en el logro de los objetivos.
<b>Presión</b>	Fuerza que ejerce un gas, un líquido o un sólido sobre una superficie.
<b>Programador</b>	Parte de la caldera que toma decisiones a través de variables de entrada como la presión, la temperatura, entre otros, y de esta manera dar impulsos eléctricos a los demás dispositivos para que funcionen adecuadamente y proporcionen el servicio para el que fueron diseñados.
<b>Purga</b>	Pérdida determinada de agua en el sistema de la caldera.
<b>Termostato</b>	Regulador de temperatura del agua en un sistema.
<b>Válvula</b>	Es un accesorio de las tuberías que evita o deja pasar cualquier fluido, con el objetivo de regular las propiedades de un fluido.



## RESUMEN

El presente trabajo de graduación es una propuesta de un sistema de planificación para garantizar el mantenimiento de las calderas. Fue fundamentado en planificación y mantenimiento y se desarrollaron diferentes procedimientos para mejorar la vida útil de las calderas. Se propusieron formatos para inspecciones periódicas y cronogramas de actividades para los mantenimientos de cada caldera

La planificación está propuesta con base en la planificación estratégica para la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento. Se toma en cuenta el recurso humano necesario para establecer los procedimientos por seguir en el plan de mantenimiento. Este plan programa los mantenimientos para las dos calderas estudiadas. Cada caldera tiene su guía de rutina de mantenimiento, en la cual se puede verificar de forma visual y documental las revisiones o inspecciones semanales, mensuales, semestrales y anuales. También registran los datos y se analiza por medio de indicadores que ayudan a verificar la eficacia de las calderas durante su jornada laboral. Con ello se realiza un estimado de los costos necesarios para los mantenimientos preventivos y correctivos de estas.

El seguimiento de la propuesta se basa en controlar e interpretar los resultados obtenidos de las rutinas de los mantenimientos. Con estos se verifica los mantenimientos programados y no programados mediante un tablero de control y reportes de mantenimiento. Así mismo, se toman en cuenta auditorías internas y auditorías externas para controlar de manera más eficiente el sistema de planificación.

La toma de datos y documentación fue conseguida en Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Roosevelt



## **OBJETIVOS**

### **General**

Proponer un sistema de planificación para garantizar el mantenimiento en las calderas de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Roosevelt.

### **Específicos**

1. Determinar la situación actual de las calderas del hospital, estableciendo la condición en que se encuentran, con el propósito de identificar los mantenimientos que se les deben brindar.
2. Crear los instrumentos administrativos (lista de cotejo, rúbrica), para llevar un estricto control y supervisión y mantener en óptimo estado las calderas, contribuyendo con ello al cumplimiento de la estrategia de planificación.
3. Proponer indicadores que determinen la frecuencia entre los diferentes tipos de mantenimiento.
4. Definir un plan de mantenimiento que se ajuste a las necesidades del área de calderas de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento, con el propósito de incrementar la vida útil de las mismas.
5. Identificar los tipos de mantenimiento que se les proporciona a las calderas pirotubulares, para encontrar las debilidades y fortalezas de cada una.

6. Elaborar un plan de seguridad industrial para disminuir los riesgos por un mantenimiento deficiente.
  
7. Crear un registro anecdótico para establecer la frecuencia entre cada mantenimiento que se les debe dar a las calderas, a través del seguimiento de los formatos de control para la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento.

## INTRODUCCIÓN

El Hospital Roosevelt es uno de los dos hospitales nacionales con que cuenta el departamento de Guatemala. Atiende a personas que habitan en la ciudad capital y en el resto del país, referidas desde los centros de salud, hospitales departamentales y regionales. Ofrece los servicios médicos y hospitalarios especializados de forma gratuita en medicina interna, cirugía, ortopedia, traumatología, maternidad, ginecología, pediatría, oftalmología y demás subespecialidades.

Dentro de este nosocomio se encuentra la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento, que es la encargada de brindar los servicios generales de lavandería, intendencia, resguardo y vigilancia, costurería, planta telefónica, planta eléctrica, calderas, que garantizan el correcto funcionamiento de las instalaciones y equipos.

En materia de calderas, un sistema de planificación adecuado ayudará y garantizará que los diferentes tipos de mantenimiento que puedan darse a estas, aseguren su óptimo funcionamiento durante su período de uso. El resultado de una correcta y adecuada implementación de un sistema de planificación, basado en términos de calidad, seguridad y confiabilidad, está reflejado en la disminución de costos y brinda a las máquinas una vida útil más extensa, pues se conoce mejor su estado físico y condiciones de funcionamiento y operación.

En el capítulo uno se presenta los antecedentes generales del Hospital Roosevelt, como la visión, misión y los servicios que ofrece. También se incluye toda la teoría y se define conceptos como la planificación y sus diferentes tipos, las caldera y los diferentes tipos y, por último, la definición del mantenimiento, enfocada en los lineamientos técnicos y sus diferencias.

En el capítulo dos se muestra el plan de mantenimiento actual que cuenta la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento. Se describe los procesos de planificación y control que tienen al momento de brindarle mantenimiento a las calderas.

En el capítulo tres se propone una planificación que garantice el mantenimiento de las calderas, tomando como punto clave la planificación estratégica, recurso humano e indicadores, los cuales son utilizados para determinar la disponibilidad mecánica de las calderas. También se toman en cuenta los costos de los mantenimientos.

El capítulo cuatro trata de la implementación de la propuesta, coordinando todos los aspectos mencionados en la planificación estratégica, recurso humano y los costos que son implementados de forma eficiente para ayudar a la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento a brindar un servicio competente.

El capítulo cinco propone la estrategia que da seguimiento a la implementación de la propuesta, con auditorías internas para llevar un control y verificación del sistema de planificación que contribuya a la retroalimentar para una mejora continua.

# 1. ANTECEDENTES GENERALES

## 1.1. Historia de la empresa

El Hospital Roosevelt es un centro asistencial público que atiende a personas que habitan en la ciudad capital de Guatemala y en el resto del país, referidas desde los hospitales departamentales, regionales y centros de salud. Dicho hospital es regido por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

El hospital proporciona a la población guatemalteca diferentes servicios médicos gratuitos entre los cuales se encuentra medicina interna, cirugía, traumatología, maternidad, ginecología, pediatría, entre otros, atención de emergencias pediátricas y de adultos, las 24 horas del día, todos los días del año.

Figura 1. Hospital Roosevelt



Fuente: elaboración propia.

### **1.1.1. Historia**

La historia del Hospital Roosevelt empieza a escribirse en la década de los 40. A finales del año 1944, se empezó con el proyecto de la construcción del hospital, el cual se ubicó en terrenos de la antigua finca La Esperanza, lo que ahora es la zona 11 de esta Ciudad Capital. Dicha obra fue impulsada por el Instituto de Asuntos Interamericanos y firmada por el Gobierno de Guatemala.

En dicho proyecto participó diferente recurso humano, como técnicos americanos, constructores y mano de obra guatemalteca. Todos unidos se conjugaron para sacar adelante la obra. Uno de los encargados del proyecto fue el ingeniero Héctor Quezada.

El nombre del hospital fue en honor al presidente estadounidense Franklin Delano Roosevelt, ya que su gobierno apoyó en gran parte la construcción de dicho hospital.

En agosto de 1945, tras la revolución de 1944, el gobierno de Guatemala firma un nuevo convenio con el Instituto de Asuntos Interamericanos. Debido a las necesidades del país y el aumento en la población, el Hospital Roosevelt aumenta el número de camillas a 1 000 para cubrir las necesidades de los diferentes servicios como maternidad y pediatría. Además, paso importante en el sistema de salud, edifica una Escuela de Enfermeras con todos los requisitos indispensables y se implementan las unidades de pediatría, mantenimiento, lavandería y parqueo.

Finalmente, en 1955 culmina la construcción del hospital. Queda inaugurada oficialmente por el presidente Carlos Castillo Armas la sección de Maternidad, con una capacidad de 150 camas.

### **1.1.2. Misión**

La misión es la razón de ser de una organización, el motivo por el cual fue creada, y sirve como punto de partida para establecer las funciones básicas que desempeñará. Además, se utiliza como motivación e inspiración a los colaboradores de la organización y le da identidad, diferenciándola de las demás organizaciones.

A continuación, se describe la misión del Hospital Roosevelt:

Brindar servicios hospitalarios y médicos especializados de encamamiento y de emergencia, de acuerdo a las necesidades de cada paciente, en el momento oportuno y con calidad, brindando un trato cálido y humanizado a la población. Ofrecer a estudiantes de ciencias de la Salud, los conocimientos, habilidades y herramientas necesarias para formarlos como profesionales especialistas, en la rama de la salud, en respuesta a las demandas de los tiempos modernos.<sup>1</sup>

### **1.1.3. Visión**

La visión de una organización es aquello en lo que pretende convertirse a largo plazo. Sirve como guía para la toma de decisiones y las acciones de todos los colaboradores.

A continuación, se describe la visión del Hospital Roosevelt: “Ser el principal hospital de referencia nacional del sistema de salud pública del país, brindando atención médica y hospitalaria especializada, con enfoque multiétnico y culturalmente adaptado.”<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Hospital Roosevelt. *Misión, Visión del Hospital Roosevelt*, <https://hospitalroosevelt.gob.gt>.

<sup>2</sup> *Ibíd.*

#### **1.1.4. Estructura orgánica**

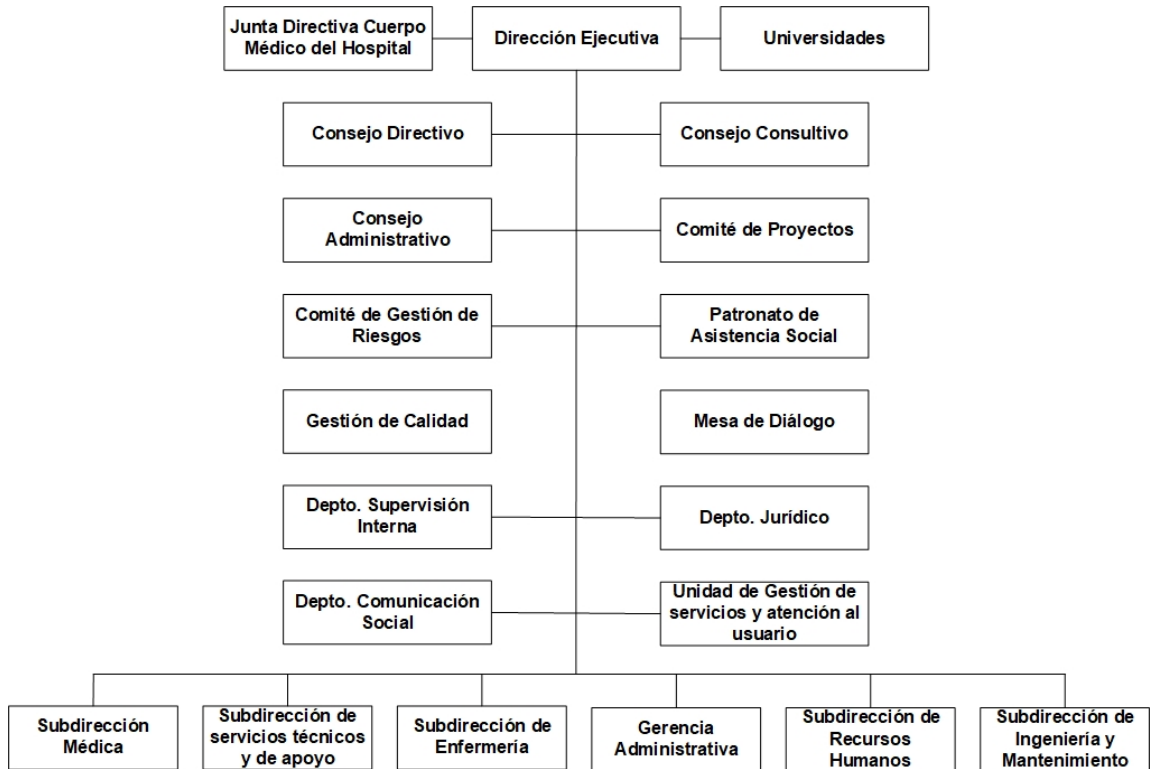
El Hospital Roosevelt cuenta con una estructura orgánica vertical. Este tipo de estructura permite visualizar de forma escalonada de arriba hacia abajo, los diferentes niveles jerárquicos y la relaciones entre cada unidad.

El nosocomio es dirigido por la Dirección Ejecutiva, la cual cuenta con dos partes importantes que son la Junta Directiva del Cuerpo Médico y las universidades.

La Dirección Ejecutiva se divide en el comité de proyectos y de gestión de riesgos, gestión de calidad, comunicación social, unidad de gestión de servicios y atención al usuario, mesa de diálogo, entre otros. Además, se divide en subdirecciones menores como la son Subdirección de Enfermería, Subdirección Médica, Subdirección de Recursos humanos, Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento.



Figura 2. Estructura orgánica Hospital Roosevelt

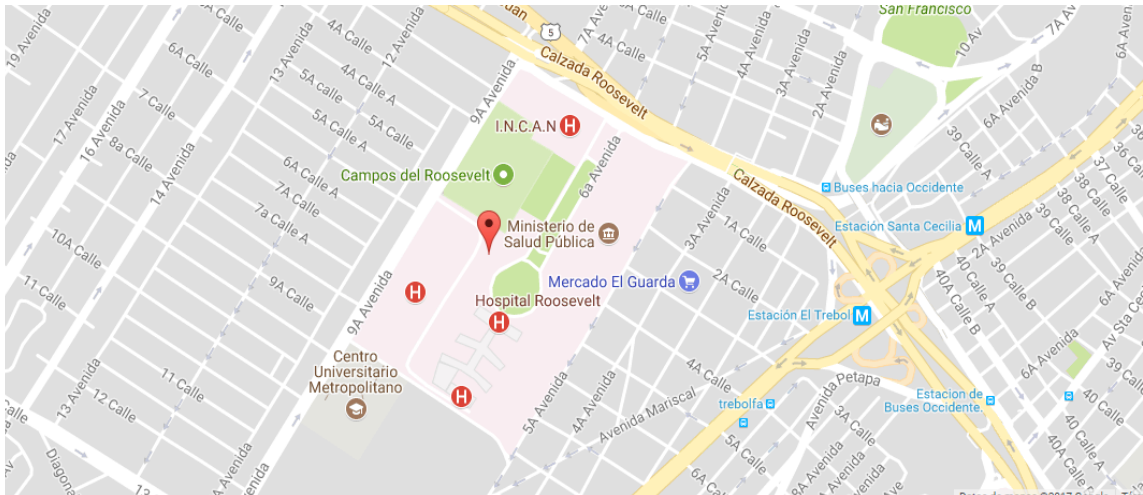


Fuente: elaboración propia

### 1.1.5. Ubicación

El Hospital Roosevelt se encuentra ubicado en Calzada Roosevelt y 5ª calle, zona 11, Ciudad de Guatemala. A continuación, se muestra el mapa del hospital, en el cual se pueden observar las diferentes vías de acceso como la calzada Roosevelt, entre otras rutas. En el mapa se observa toda el área que ocupa.

Figura 3. Mapa del Hospital Roosevelt



Fuente: Hospital Roosevelt. *Ubicación del Hospital Roosevelt.*

<https://hospitalroosevelt.gob.gt/ubicacion>. Consulta: 04 de mayo de 2019

## 1.2. Servicios que ofrece

El Hospital Roosevelt cuenta con diferentes servicios, atiende consulta externa y emergencias las 24 horas al día. Todos los servicios son brindados por profesionales en las diferentes especialidades, como enfermería y personal auxiliar, entre otros. Además, dispone equipos de farmacología, aparatología, tecnología e instrumental específico para llevar a cabo exámenes de laboratorio y procedimientos médicos para brindar un buen servicio a la población guatemalteca.

### **1.2.1. Cirugía**

La unidad de cirugía es la encargada de realizar incisiones o suturar tejidos para tratar enfermedades, lesiones o deformidades. En dicha unidad se llevan a cabo dos tipos de procedimientos: menores, que no son más que suturas de heridas leves, extracción de cuerpos extraños, entre otros; mientras que los procedimientos mayores son aquellos que deben de ser tratados de emergencia, como apendicitis, heridas de armas de fuego, entre otros. Esta unidad es una de las más importantes con la que cuenta el Hospital Roosevelt, ya que trabaja las 24 horas del día.

### **1.2.2. Traumatología**

La unidad de traumatología es la encargada de realizar estudios y prevención de las lesiones músculo esquelético (estas incluyen músculos, huesos, ligamentos, entre otros). A esta unidad acuden los pacientes que por lo general tienen accidentes laborales, automovilísticos, deportivas, entre otros, que conllevan fracturas, fisuras, esguinces.

### **1.2.3. Maternidad**

La unidad de maternidad es la encargada de ofrecer asistencia multidisciplinaria a la mujer y al recién nacido. Entre los servicios que ofrece está la clínica de violencia sexual, en el cual acuden las pacientes que han sufrido algún caso de abuso y violación sexual. También cuenta con una clínica de salud reproductiva, para que las mujeres puedan llevar un control a la hora de querer embarazarse.

#### **1.2.4. Ginecología**

La unidad de ginecología es la encargada de proporcionar atención a la población femenina guatemalteca. Integra la atención a los problemas de salud derivados del embarazo y parto, así como los órganos que sirven a la función reproductora femenina. También tiene como prioridad la prevención, diagnóstico y tratamiento de la patología de causa ginecológica. En este punto se incluyen los problemas de salud derivados de la menopausia, enfermedades de transmisión sexual y patología del suelo pélvico e incontinencia urinaria femenina.

#### **1.2.5. Pediatría**

El área de pediatría se enfoca en todos los cuidados de los pacientes que van de 8 días de nacidos hasta los 12 años no cumplidos. Esta área tiene diferentes unidades como nefrología pediátrica, consulta externa, emergencia de niños, unidad de quemados, medicina de infantes. También cuenta con sala de operaciones, cuidados intermedios, especialidades, cuidados intensivos.

### **1.3. Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento**

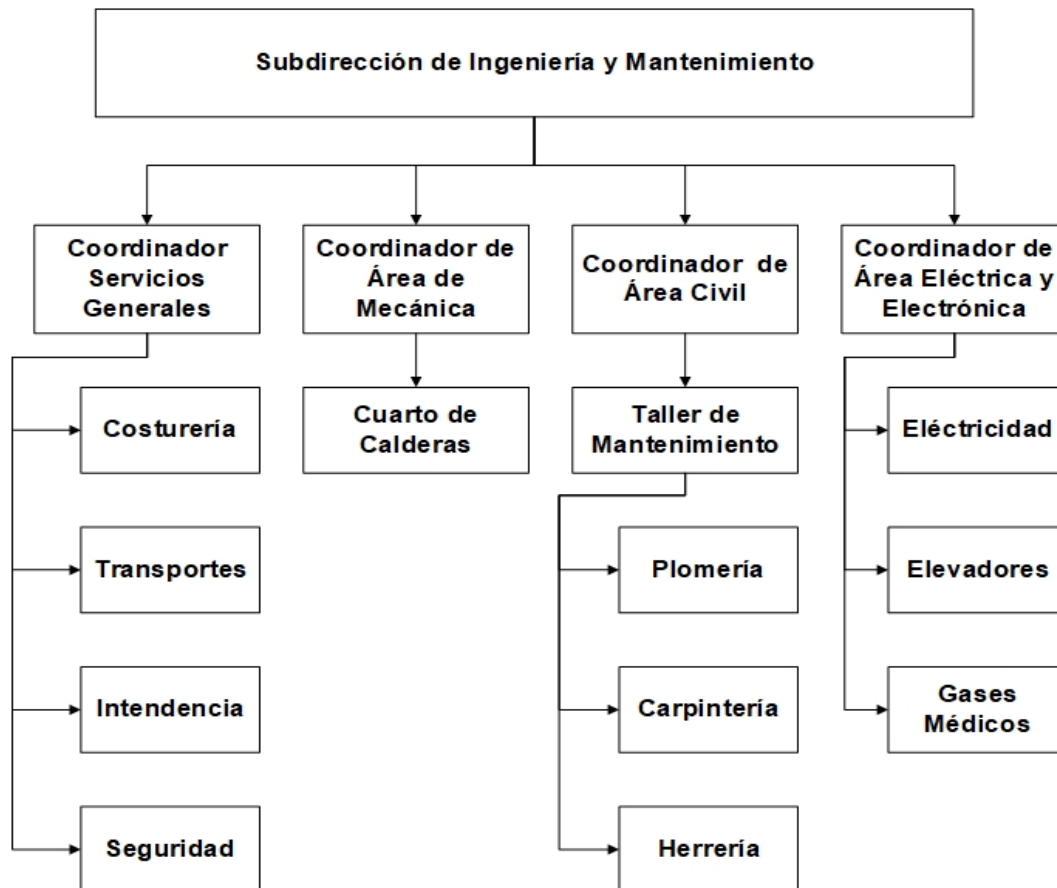
La Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento es una de las más importantes del Hospital Roosevelt, porque muchas de las actividades que se desempeñan en esta subdirección tienen una relación muy cercana a otras unidades del nosocomio, ya que estas dependen de los servicios y de las actividades que desempeña la subdirección mencionada.

Es la encargada de los servicios generales como el vapor que se genera por las calderas, que sirve para esterilizar utensilios de cocina, generar agua caliente para los pacientes y el lavado de las batas que utilizan los pacientes; también se encarga de mantener un nivel estable de la energía eléctrica, indispensable para evitar que los pacientes conectados a equipos eléctricos tengan complicaciones, y evitar que el área de cirugías, que es una de las más importantes del hospital, se quede sin energía eléctrica y llegue a tener complicaciones, entre otros.

### **1.3.1. Organigrama**

A continuación, se presenta el organigrama de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento. Este de tipo es vertical y específico porque se enfoca en esta subdirección, compuesta por cuatro unidades principales y que se dividen en áreas menores.

Figura 4. Organigrama



Fuente: elaboración propia.

### 1.3.2. Unidades de apoyo de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento

La subdirección cuenta con cuatro áreas de apoyo: Eléctrica y Electrónica, Servicios Generales, Área Civil, Área Mecánica. Estas dirigen y controlan los servicios que necesita el hospital, verifican que sean óptimos para que las demás subdirecciones desempeñen sus funciones de forma normal.

- El área eléctrica y electrónica es la encargada del mantenimiento de toda red eléctrica y equipo médico, como las máquinas de anestesia, ventiladores pulmonares, rayos x, monitores de signos vitales, entre otros.
- Los Servicios Generales están enfocados en los servicios que ofrece el hospital, como la seguridad, transporte, intendencia, lavandería, planta telefónica, imprenta y costurería.
- El área de civil tiene como principal función el mantenimiento de la infraestructura del Hospital Roosevelt, y es la encargada de supervisar las tuberías de aguas residuales, construcción, tuberías de agua potable, tubería de drenajes, herrería, entre otros.
- El área mecánica verifica y dirige todos los componentes mecánicos que el hospital maneja, entre las cuales se encuentran las calderas, abastecimiento de combustible búnker, cuartos fríos, mesas quirúrgicas, aires acondicionados, entre otros.

#### **1.3.2.1. Área de calderas**

El área de calderas está dirigida por el área de mecánica. Es la encargada de brindar, por medio de calderas pirotubulares, el vapor necesario para la esterilización de equipos médicos, utensilios de cocina, lavado y secado de batas utilizadas por los pacientes y proporcionar agua caliente para los pacientes internos.

Esta área es de las más importantes con la que cuenta la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento, debido que no únicamente cuenta con dos calderas pirotubulares sino también con una bomba de agua caliente que ayuda al lavado de la vestimenta de los pacientes.

#### **1.3.2.2. Planta eléctrica**

La planta eléctrica es dirigida por el área de eléctrica y electrónica. Es la encargada de mantener un nivel de energía estable en todo el nosocomio y así evitar que ocurra una variación en la potencia eléctrica que pueda afectar a las áreas más importantes, como el cuarto de cirugías, afectar de forma grave a los pacientes que estén conectados a equipos médicos.

#### **1.3.2.3. Intendencia**

El área de intendencia es dirigida por el área de servicios generales. Es la encargada de brindar la limpieza tanto de áreas más complicadas como cirugía y menos complicadas como corredores. También es la encargada de recoger las batas utilizados por los pacientes para ser llevada a la lavandería para su debida esterilización.

#### **1.3.2.4. Costurería**

Es dirigida al igual que la de intendencia, por el área de servicios generales. Es la encargada de fabricar todo lo relacionado con indumentaria como las batas, cobertores para las camillas o cualquier prenda que sea necesaria para el uso de los pacientes.



### **1.3.2.5. Lavandería**

El área de lavandería es la tercera unidad que está a cargo de los servicios generales. Se encarga de la esterilización de toda la ropa utilizada por los pacientes y también los cobertores utilizados por las camillas de las diferentes unidades médicas del nosocomio.

## **1.4. Planificación**

También llamada planeación, consiste en hacer una elaboración sistemática responsable de cualquier tipo de proyecto. Así mismo, es una herramienta estratégica que los altos directivos utilizan para definir objetivos generales y específicos, cronograma, metas y políticas, que se buscan alcanzar en un periodo determinado.

A comienzo de cualquier proyecto se requiere que todos los procesos y procedimientos sean ejecutados de forma ordenada y evitar que haya conflictos durante su ejecución. La planificación es el método que permite desarrollar de forma directa y supervisada el planeamiento.

Es la primera función administrativa porque sirve de base para las demás. Esta determina por anticipado cuáles son los objetivos que deben cumplirse y qué debe hacerse para alcanzarlos; por tanto, es un modelo teórico para actuar en el futuro.

La planeación permite a las organizaciones tomar en cuenta los factores importantes y centrarse en los fundamentales; además, ayuda a garantizar que la organización esté preparada para todas las eventualidades lógicas y para todos los cambios requeridos.

El proceso de planificación básicamente está compuesta por diferentes componentes, como la misión, los objetivos, las estrategias, entre otros. El desarrollo de estos componentes da como resultado una buena planificación.

- La misión: todas organizaciones deben de tener una misión, que es la esencia de esta y consiste tener bien claro a qué se dedica la organización. También debe establecerse la visión, la cual proyecta los cambios esperados del entorno a largo plazo.
- Los objetivos: son el fundamento de cualquier programa de planeación. La diferencia entre la misión y los objetivos es que la misión aclara el propósito de la organización y los objetivos trasladan a la misión en términos concretos para cada nivel de la organización.
- Las estrategias: consisten en determinar y comunicar a través de un sistema de objetivos y políticas mayores, una descripción del tipo de empresa que se desea o requiere.

#### **1.4.1. Definición**

Se puede definir la planificación como un conjunto de actividades de la gerencia relacionadas con la preparación o el futuro. Las tareas específicas incluyen pronóstico, establecimiento de objetivos, diseño de estrategias, desarrollo de políticas y establecimiento de metas, porque evita trabajar mucho, pero obteniendo poco. A continuación, se presentan diferentes definiciones de planificación de distintos autores:

- Definición de Stoner, 1996: “Es el proceso de establecer metas y elegir medios para alcanzar dichas metas”.

- Definición Ortiz: “Es el proceso que se sigue para determinar en forma exacta lo que la organización hará para alcanzar sus objetivos”.
- Definición Sisk: “Es el proceso de evaluar toda la información relevante y los desarrollos futuros probables, da como resultado un curso de acción recomendado: un plan”.
- Definición de Goldstein, 1998: “Es el proceso de establecer objetivos y escoger el medio más apropiado para el logro de los mismos antes de emprender la acción”.
- Definición Ackoff, 1981: “La planificación... se anticipa a la toma de decisiones. Es un proceso de decidir... antes de que se requiera la acción”.

#### **1.4.2. Tipos de planificación**

Existen diferentes tipos de planificación y dependerá el tipo de proyecto que se quiera realizar. Habitualmente se utiliza la planificación estratégica y la operativa. La estratégica está diseñada para satisfacer las metas generales de la organización, mientras la operativa muestra cómo se pueden aplicar los planes estratégicos en el quehacer diario.

Los planes estratégicos y los operativos están vinculados a la definición de la misión de una organización, la meta general que justifica la existencia de una organización. Los planes estratégicos difieren de los planes operativos en cuanto a su horizonte de tiempo, alcance y grado de detalle.

#### **1.4.2.1. Planificación normativa o tradicional**

Esta planificación consiste en una serie de reglamentos que se debe cumplir para la planeación de un objetivo, es decir, está basada en una serie de lineamientos acordados por los miembros y terceros involucrados en el objetivo a realizar. Es un modelo de planificación que se rige por una serie de normas o parámetros previamente establecidos por el estado. La planificación tradicional o normativa presenta las siguientes características:

- Tiene una permanente capacidad para autocriticarse y evolucionar.
- Ha desarrollado todo un complejo sistema institucional y legal propio.
- Cuenta con una variedad de experiencia en los más diversos campos de aplicación.
- Dispone de un considerable conjunto de instituciones para la investigación y docencia, de donde han salido los elementos más relevantes de su revolución actual.
- Su gran fortaleza es su familiaridad con los problemas propios del desarrollo económico-social visto desde el ángulo gubernamental.
- Utiliza conceptos de políticas, proyectos, acciones y recomendaciones como proposiciones vagas de contenido de ejecución.

### **1.4.2.2. Planificación tradicional**

La planificación tradicional es unidimensional, toma en cuenta principalmente los recursos financieros. Parte de un diagnóstico y utiliza una explicación global y generalizada de la realidad. No reconoce la diversidad de actores, solo hay dirigentes y dirigidos; anuncia resultados precisos. Se da en un momento inicial, se planifica sobre el ambiente externo; se mira desde la puerta hacia afuera de la organización, es rígida y estática.

La planificación es una herramienta para la gestión y la toma de decisiones, no para imaginar en un primer momento una evolución que posteriormente el tiempo se encargará de demostrar que estaba equivocada.

### **1.4.2.3. Planificación estratégica**

La planificación estratégica es un proceso sistemático de desarrollo e implementación de planes para alcanzar propósitos u objetivos. Se aplica sobre todo en los asuntos militares y en actividades de negocios. Tiene las siguientes características:

- Permite establecer claramente la misión y valores de la organización, como principio rector.
- Tiene su origen en el ámbito empresarial y surge como fuente de consolidación de la llamada Planificación Tradicional.
- Para definir los elementos estratégicos, se parte del proceso de investigación sistemática interna y externa.

- Es un proceso cíclico, permanente, participativo e interactivo.
- Su centro práctico es la coyuntura, y se refiere al cálculo que precede y preside la acción.
- Se centra más en el logro de metas y objetivos que en seguir normas y reglamentos.
- Reconoce la incertidumbre y que la realidad es un sistema complejo.

En este enfoque de planificación se realizan planes estratégicos o planes de acción, los cuales son los que permiten definir las acciones, concretar las estrategias y las distintas herramientas que serán utilizadas para lograr los objetivos de la empresa.

## **1.5. Calderas**

La caldera es una máquina diseñado para generar vapor. Este se genera a través de una transferencia a presión constante en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia su fase a estado gaseoso. El vapor generado por la caldera se utiliza para mover una turbina y algunas de sus aplicaciones pueden ser esterilizar, cocinar alimentos, lavar ropa, entre otras.

Debido a la gran variedad de aplicaciones que tiene el vapor generado por las calderas es muy utilizado en la industria; a continuación, se describen algunas de las aplicaciones:

- En las industrias petroleras se utiliza para calentar el petróleo o combustibles derivados de este para mejorar su fluidez.

- Esterilización: en la antigüedad y todavía en la actualidad se utiliza el vapor en algunos hospitales para esterilizar los instrumentos médicos. También, en los comedores con capacidad industrial, se genera vapor para esterilizar los utensilios de cocina, así como para elaborar alimentos en ollas de marmitas.

### **1.5.1. Definición de caldera**

Es la máquina o equipo que al quemar un determinado combustible (biomasa, búnker, entre otros), produce calor que se transmite posteriormente al agua que circula por su interior (dependiendo del tipo de caldera).

El calor que se transfiere al agua no es solamente por el contacto directo entre la llama y el cuerpo de la caldera, sino que se produce también un intercambio por la radiación desde la llama a las paredes de la caldera por el fenómeno de la convección, ya que los humos producidos en la combustión y que poseen altas temperaturas calientan las partes metálicas bañadas por el agua.

A continuación, se presenta la definición técnica del término caldera.

Una caldera es un recipiente metálico, cerrado, destinado a producir vapor o calentar agua, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica. A la combinación de una caldera y un sobrecalentado se le conoce como generador de vapor. El principio básico de funcionamiento de las calderas consiste en una cámara donde se produce la combustión, con la ayuda del aire comburente y a través de una superficie de intercambio se realiza la transferencia de calor.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> ABSORSISTEM, S.L. *Calderas y generadores de vapor*.  
<https://www.absorsistem.com/tecnologia/calderas/descripci%C3%B3n-de-calderas-y-generadores-de-vapor>.

## **1.5.2. Clasificación de las calderas según su disposición de los fluidos**

Existen dos tipos de calderas: pirotubulares y acuotubular. Las primeras son calderas en las que por sus características, los fluidos de trabajo se encuentran en estado líquido, contenido en un recipiente atravesado por tubos llamados pasos, por los cuales circulan los gases a altas temperaturas producidos por el proceso de combustión. Las segundas son calderas donde el fluido de trabajo se desplaza a través de tubos durante el calentamiento de los fluidos. Usualmente son utilizadas en termoeléctricas, ya tienen la capacidad de generar gran capacidad de vapor.

### **1.5.2.1. Pirotubular**

Estas calderas también son denominadas también igneotubulares o pirotubulares y pueden ser verticales u horizontales. La característica principal es que los gases circulan a través de tubos internos y el líquido se encuentra en un recipiente atravesado por dichos tubos. Son de aplicación principalmente cuando la presión de trabajo es inferior a los 22 bar. Este tipo de calderas se caracteriza por tener partes bien definidas:



Figura 5. **Caldera pirotubular**



Fuente: RDEQUIPO.CO. *Caldera pirotubular*. <http://www.rdequipmentco.com/wp-content/uploads/2012/11/124-Firetube-Boilers-Hurst.jpg>. Consulta 07 de mayo de 2019

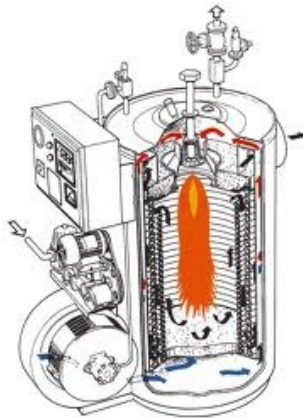
- Una caja de fuego donde va montado el hogar. Esta caja puede ser de sección rectangular o cilíndrica, es de doble pared, por lo que el hogar queda rodeado de una masa de agua.
- Un cuerpo cilíndrico atravesado, longitudinalmente, por tubos de pequeño diámetro, por cuyo interior circulan los gases calientes.

- Una caja de humos, que es la prolongación del cuerpo cilíndrico, a la cual llegan los gases después de pasar por el haz tubular, para salir hacia la chimenea. “Estas calderas trabajan, casi siempre, con tiro forzado, el cual se consigue mediante un chorro de vapor de la misma caldera o utilizando vapor de escape de la máquina.”<sup>4</sup>

### 1.5.2.2. Acuotubular

En estas calderas, por el interior de los tubos pasa agua o vapor y los gases calientes se encuentran en contacto con las caras exteriores de ellos. Son de pequeño volumen de agua. Las calderas acuotubular son las empleadas casi exclusivamente cuando interesa obtener elevadas presiones y rendimiento, debido a que los esfuerzos desarrollados en los tubos por las altas presiones se traducen en esfuerzos de tracción en toda su extensión.<sup>5</sup>

Figura 6. Caldera acuotubular



Fuente: ABSORSISTEM. *Caldera Acuotubular.*

[https://www.absorsistem.com/sites/default/files/static/ici\\_caldaie/Calderas/Caldera%20acuotubular.png](https://www.absorsistem.com/sites/default/files/static/ici_caldaie/Calderas/Caldera%20acuotubular.png). Consulta: 07 de mayo de 2019.

<sup>4</sup> ABSORSISTEM, S.L. *Calderas y generadores de vapor.*

<https://www.absorsistem.com/tecnologia/calderas/descripci%C3%B3n-de-calderas-y-generadores-de-vapor>.

<sup>5</sup> ABSORSISTEM. *Calderas con tubos múltiples de agua – Acuotubular.*

<https://www.absorsistem.com/tecnologia/calderas/acuotubular>.

### **1.5.3. Componentes fundamentales**

Las calderas tienen piezas mecánicas que son de suma importancia para su funcionamiento eficiente y eficaz y dependerán del tipo de caldera con el que se está trabajando. A continuación, se menciona las diferentes partes de cada tipo de caldera (acuotubular y pirotubular).

Las calderas pirotubulares, que usualmente son calderas de forma horizontal, están compuestas por envolvente exterior, cámara de combustión, cámara de inversión de gases, fondo delantero y fondo trasero, haz tubular.

Mientras, la caldera acuotubular, que usualmente son calderas en forma vertical, están compuestas por domo, cámara de combustión, paredes de membrana, tubos de salida y bajada, evaporadores, economizadores, recalentadores.

#### **1.5.3.1. Caldera pirotubular**

Los componentes que forman las calderas pirotubulares son los siguientes:

Cámara de inversión de gases: este elemento es el encargado de reconducir los gases de combustión hacia el haz tubular o paso de gases, haciendo cambiar de dirección a los mismos. Esta cámara está totalmente refrigerada por agua y construida de forma clínica y horizontal.<sup>6</sup>

- **Envolvente exterior:** este elemento es de forma cilíndrica y es el encargado de contener los fluidos y evitar que salgan al exterior. En la misma van montadas las tabuladoras de control y supervisión, tales como los controladores de nivel, los indicadores ópticos, entre otros.

---

<sup>6</sup> ABSORSISTEM, S.L. *Calderas Industriales eficientes*. p. 82.

- Fondo delantero: son de forma circular y van soldados a la envolvente exterior. Al igual que esta, evita que los fluidos salgan al exterior.
- Cámara de combustión: es de construcción cilíndrica y disposición horizontal. Es la encargada de contener la llama del quemador e iniciar el intercambio de energía por radiación.
- Haz tubular, son conjuntos formados por una cantidad variable de tubos, por los cuales circulaban la combustión por su interior. Además, son los encargados de transmitir la energía por convección.

Figura 7. **Componentes internos de la caldera pirotubular**



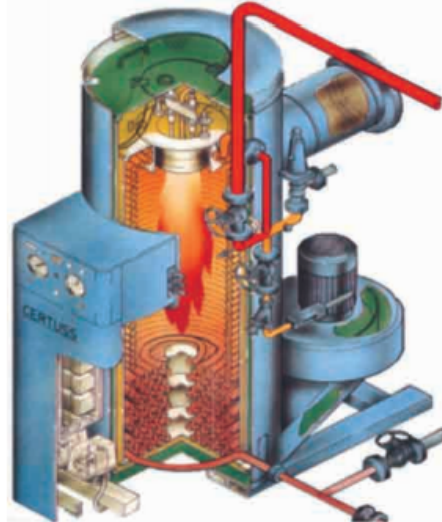
Fuente: BABCOCK-WANSON. *Caldera pirotubular*. [http://www.babcock-wanson.es/resources/image/babcock/photos/visuel\\_firetubeoperprinc\\_1.jpg](http://www.babcock-wanson.es/resources/image/babcock/photos/visuel_firetubeoperprinc_1.jpg). Consulta: 07 de mayo de 2019

### **1.5.3.2. Caldera acuotubular**

Los componentes que forman las calderas acuotubular son las siguientes:

- Domo: es de forma cilíndrica y en su interior se contienen los dos fluidos, al ser de dimensiones reducidas. Al igual que el envolvente exterior de las calderas piro-tubulares, en el domo van tabuladoras de control, supervisión y servicio.
- Las paredes de membrana están compuestas en su totalidad de tubos que son refrigerados por agua que circula en su interior.
- Tubos de subida y bajada: son los encargados de llevar el fluido más caliente de todas las zonas de la caldera al domo.
- Evaporadores: son tubos colocados usualmente a contracorriente de los gases y en estos se efectúa el intercambio de energía por convección.
- Recalentadores: son todos los mecanismos compuestos por tubos instalados en zonas de mayor temperatura de la caldera. Son los destinados a elevar el nivel de vapor, producen un vapor sobrecalentado a una temperatura de saturación.

Figura 8. **Componentes de caldera acuotubular**



Fuente: VIESSMANN. S.L. *Caldera acuotubular, Calderas Industriales eficientes.* p. 72.

## 1.6. **Mantenimiento**

El mantenimiento es el proceso mediante el cual una determinada máquina, equipo, instalaciones, entre otros, reciben tratamientos para que no les afecte el uso o circunstancias ocasionadas por el uso constante. El concepto de mantenimiento en las industrias que fabrican productos o servicios, suele emplearse con referencia a los procedimientos preventivos y de reparación que se llevan a cabo en máquinas para que estén en condiciones de seguir funcionando. En el mantenimiento implica la preservación y la restauración de los elementos.

Existen diferentes tipos de mantenimiento que se les puede proporcionar a las máquinas y equipos, tales como el preventivo y el correctivo.

El mantenimiento preventivo es aquel que se orienta a la conservar los mecanismos y piezas de las máquinas. Para lograrlo se suelen hacer revisiones periódicas a las máquinas que se encuentren en funcionamiento. Su finalidad es minimizar el riesgo de fallos; esto se puede lograr al reemplazar piezas que se encuentran gastadas.

El mantenimiento correctivo se utiliza cuando existe una falla, simplemente no funciona o lo hace de forma incorrecta. Este tipo de mantenimiento se basa en la detección y solución del problema y solucionarlo mediante de una reparación o corrección.

Una de las diferencias más importantes entre el mantenimiento preventivo y el correctivo, es que el primero se debe hacer de manera periódica para que no resulte necesario ejecutar un mantenimiento correctivo, el cual suele ser más costoso y complejo.

### **1.6.1. Definición de mantenimiento**

Es el conjunto de acciones que tienen como objetivo mantener una máquina, equipo, instalación, entre otros, y restaurarlo a un estado en el cual el mismo pueda desplegar la función requerida o las que habrá desplegado hasta el momento en que se dañó, en caso de alguna rotura que hizo que haya requerido mantenimiento y arreglo.

Juan Díaz Navarro, en su libro *Técnicas de mantenimiento en la Industria*, define el mantenimiento como:

“La función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo”.<sup>7</sup>

## **1.6.2. Lineamientos técnicos**

Los lineamientos técnicos del mantenimiento son el programa o plan de acción, el cual es un conjunto de medidas, normas y objetivos que deben respetarse dentro de los mantenimientos preventivos o correctivos que una organización le brinda a la maquinaria.

El lineamiento técnico brinda diferentes herramientas que ayuda a la ejecución del mantenimiento, el cual está compuesto por la calibración, inspección, limpieza, lubricación entre otros, para lo cual se necesita tener el conocimiento específico.

### **1.6.2.1. Calibración**

Consiste en supervisar que el funcionamiento de los equipos sea el óptimo y, de no ser así, corregir los equipos en las condiciones iniciales de operación mediante el análisis de sus partes o componentes, actividad que se hace a través de equipos, instrumentos, patrones o estándares.

---

<sup>7</sup> DÍAZ NAVARRO, Juan. *Técnicas de Manteniendo Industrial*, p.1.



### **1.6.2.2. Inspección**

Consiste en hacer un examen minucioso en forma visual y mediante elementos de medición de cada una de las partes y componentes del equipo, con el fin de comprobar que el estado de funcionamiento es el óptimo y que está de acuerdo con las características y condiciones de construcción y operación dadas por los fabricantes de los equipos.

### **1.6.2.3. Limpieza**

Consiste en la remoción de elementos extraños o nocivos a la estructura de los equipos mediante el proceso que se deba contemplar según las exigencias legales en cuanto a inspecciones, revisiones y mantenimiento de las instalaciones.

### **1.6.2.4. Lubricación**

Es la acción por medio de la cual se aplica un elemento viscoso entre cuerpos rígidos y móviles, con el fin de reducir la fricción y el desgaste de las partes. También es uno de los aspectos más vitales del mantenimiento industrial para lograr un funcionamiento eficiente de la maquinaria. Se trata de un potencial para el ahorro de costes, el incremento de la vida útil y una producción más eficaz.

## **1.6.3. Tipos de mantenimiento**

El mantenimiento de la caldera es muy importante no para preservar el equipo, sino también porque una caldera limpia sin incrustaciones de agua o de

gases de combustión, tiene los mayores rendimientos térmicos, lo cual puede significar mucho dinero.

Si la caldera trabaja las 24 h todos los días es recomendable revisar, mensualmente las incrustaciones y limpiar los tubos de humo en las pirotubulares. Dependerá del tipo de combustible si se hace con mayor frecuencia o no.

Dentro de los mantenimientos proporcionados a las calderas se encuentran el mantenimiento preventivo, el cual se basa en inspecciones diarias o rutinas semanales y, en algunos casos, acciones inmediatas al presentarse la falla de una pieza por desgaste o mala lubricación, las cuales no estaban programadas.

También se encuentra el mantenimiento correctivo, que se basa en la acción técnica administrativa que se utiliza cuando un equipo e instalación ha dejado de funcionar o lo hace defectuosamente y se tiene que reparar. Esto origina cargas de trabajo incontrolables que causan grandes actividades, equipos fuera de uso por largos tiempos, lo cual ocasiona sobrecostos por pago de trabajos extras, compra de materiales y repuestos en forma inmediata.

Figura 9. **Tipos de mantenimiento**



Fuente: MONCHY, Francois, DE SIMÓN Manuel Fraxenet. *Teoría y Práctica del mantenimiento industrial, España 1990*. Consulta 09 de mayo de 2019.

### **1.6.3.1. Mantenimiento correctivo**

Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas, cuando estas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo.

El mantenimiento correctivo es la serie de procedimientos que un equipo requiere para determinar la causa de una falla y el reemplazo o ajuste de componentes que le permitan volver a su funcionamiento normal. Al recibir un reporte de falla de un equipo, se realiza una revisión de funcionamiento y en caso de encontrar una falla en el mismo, se procede a efectuar la reparación en el departamento, o bien se solicita el servicio a una compañía externa.

A pesar de que en la realización de un mantenimiento correctivo no hay rutina como tal a seguir, el servicio de mantenimiento correctivo que se le realizó se debe anotar en una hoja de observaciones que se encuentra anexa al equipo.

#### **1.6.3.1.1. Programado y no programado**

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y, además, el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción. La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado.

La distinción entre correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción. No tiene la misma afección el plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar.

Por tanto, mientras el correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos.

### **1.6.3.1.2. Utilidad del mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo tiene diferentes ventajas, las cuales ayudan a cualquier organización a mantener su equipo en condiciones óptimas para evitar el paro de los procesos o servicios que ofrece. A continuación, se presentan diferentes utilidades del mantenimiento correctivo.

- Una de las utilidades de este mantenimiento es mejorar el mantenimiento preventivo. Podemos mejorar el plan de mantenimiento de una máquina o de las calderas. Cuando en una caldera hay una falla constante y repetitiva en uno de sus elementos o partes, ese elemento debe de ser inspeccionado con mayor frecuencia. Esa revisión debe ser incluida en el plan de mantenimiento.
- Mejoramiento inventarios: haciendo un constante seguimiento de las actividades correctivas de las máquinas se puede generar estadísticas la cuales nos darán datos de tiempos entre fallas y repuestos utilizados.
- Intervención directa de trabajos pendientes: los mantenimientos correctivos pueden ser la excusa perfecta para hacer intervenciones de trabajos pendientes en los equipos. En muchas ocasiones, algunos equipos, por su criticidad en el proceso de producción, no se intervienen regularmente por mantenimiento; pero cuando fallan súbitamente, se aprovecha para realizar los trabajos pendientes.

- Solicitud de garantías a fabricantes de equipos o sus partes: otra ventaja del mantenimiento correctivo es poder hacer reclamos al fabricante de la máquina por fallas inminentes en calidad de la fabricación. Cuando sucede una falla es pertinente aplicar técnicas para encontrar las causas iniciales y así hacer una reclamación formal al fabricante.

#### **1.6.3.1.3. Desventajas**

Usualmente, el mantenimiento correctivo es aquel donde los directivos o jefes de las áreas de mantenimiento no quieren que suceda, ya que representa una gran pérdida el paro de algún proceso o la discontinuación de algún servicio. A continuación, se presentan las desventajas del mantenimiento correctivo.

- Pérdida de producción: cuando sucede una falla inminente en un equipo, este no puede seguir prestando el servicio para el cual fue diseñado y debe ser intervenido correctivamente, por lo que no se puede cumplir con la producción que se planeó para dicho equipo.
- Sobrecosto mano de obra: existen un sobrecosto tanto en la mano de obra de los técnicos de mantenimiento, como en los operadores del equipo. Cuando falla una máquina, se debe destinar técnicos de mantenimiento para atender la urgencia, lo cual implica horas extras en algunos casos.
- Atraso en planes de mantenimiento: en muchas empresas los técnicos de mantenimiento son escasos y si son destinados a hacer trabajos correctivos los trabajos preventivos se ven relegados, debido a que el mantenimiento correctivo se atiende inmediatamente.

- Sobrecosto en compras de repuestos: los repuestos que regularmente se usan en mantenimiento correctivo no se encuentran dentro del stock del almacén. Lo anterior implica hacer compras de urgencia y, en muchas ocasiones, por la necesidad de atender la urgencia se compran los repuestos sin el análisis debido y a un valor más alto.

### **1.6.3.2. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo es una ejecución sistemática de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre las máquinas y equipos, con el fin de detectar condiciones y estados inadecuados de los elementos que puedan ocasionar circunstancialmente paros en la producción o en el préstamo de servicios, debido al deterioro y desgaste por el uso.

El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando a cabo un mantenimiento planeado, basado en las inspecciones planificadas y programadas de los posibles puntos de falla.

#### **1.6.3.2.1. Utilidad del mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo tiene diferentes ventajas, las cuales ayudan a evitar un paro en el proceso de fabricación de algún producto o la prestación de algún servicio. Se basa en la inspección periódica que revelan la condición en la que se encuentran las máquinas. A continuación, se presentan diferentes utilidades del mantenimiento preventivo.

- Seguridad: cuando se aplica de forma correcta el mantenimiento preventivo se pueden operar las máquinas de forma segura, puesto que se conoce mejor el estado físico y condiciones de funcionamiento u operación.
- La vida útil: en ese aspecto, las máquinas y equipos aumentan su vida útil, a diferencia con la que tendrían solamente con el mantenimiento correctivo.
- Costos de reparaciones: es posible reducir el costo de reparaciones si se utiliza el mantenimiento preventivo en el lugar del correctivo.

#### **1.6.3.2.2. Desventajas**

El mantenimiento preventivo tiene muy pocas desventajas, porque con las inspecciones periódicas y la toma de decisiones inmediatas evita el paro de los procesos y también que aumenten los costos al aplicarles otro tipo de mantenimiento, como el correctivo. Algunas desventajas son las siguientes:

- El mantenimiento de los equipos debe ser realizado por personal especializado que generalmente está fuera de la empresa, por lo cual tiene que ser contratado.
- Dado que las labores de mantenimiento de los equipos se efectúan con cierta periodicidad, no permiten que se pueda determinar exactamente la depreciación o desgaste de las piezas de los equipos.



- La empresa debe ceñirse a las recomendaciones del fabricante para programar las labores de mantenimiento. Por esto puede ocurrir que se deba cambiar una pieza cuando quizás puede tener una mayor vida útil.



## 2. SITUACIÓN ACTUAL

### 2.1. Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento

La Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento es la encargada de proporcionar diferentes servicios que son importantes para que los pacientes puedan recuperarse. También es la encargada de brindar el mantenimiento preventivo y correctivo tanto de las máquinas como de los equipos y también las instalaciones.

Además, tiene la finalidad de garantizar, a través de medios propios o externos, el funcionamiento permanente y seguro de las instalaciones, equipos y sistemas del nosocomio. Todos estos procedimientos tienden a garantizar un correcto funcionamiento de los equipos, instalaciones y máquinas que ayudan a limitar el deterioro de los equipos e instalaciones y, en consecuencia, la degradación del servicio prestado. “Reducir al máximo los costes debidos a paradas que suponen pérdidas del servicio, por averías accidentales de los equipos, o por el propio mantenimiento.”<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Hospital Roosevelt. *Subdirección de ingeniería y mantenimiento, Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento*. p. 10.

### 2.1.1. Antecedentes generales de las calderas

Las calderas pirotubulares se encuentran en un estado aceptable, es decir aún siguen funcionando, pero ya no tienen la misma capacidad de cuando empezaron a operar, y que se han deteriorado a través del tiempo y han dejado de funcionar eficientemente. La mayoría de los dispositivos auxiliares (manómetros, válvulas, quemador) se encuentran en mal estado.

El área de calderas de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento no lleva algún control cuando se les brinda el mantenimiento preventivo. “Este tipo de mantenimiento es brindado diariamente para evitar fallas. Por lo regular este mantenimiento está relacionado con la limpieza superficial de las calderas. Es aplicado semanalmente y se basa en el control del sistema eléctrico de la caldera”.<sup>9</sup>

Para el mantenimiento correctivo, a diferencia del preventivo, se entregan informes fotográficos del antes y después. Esto ayuda a la subdirección a verificar las condiciones físicas externas de las calderas. En este mantenimiento se lleva a cabo todo lo relacionado con corregir fugas de vapor que pueda haber en el cuarto de calderas, limpieza del sistema del aire, entre otros.

Estos dos tipos de mantenimiento que son brindados a las calderas, son para mantener en perfectas condiciones los equipos y determinar posibles fallas minimizando las paradas no programadas del equipo. “Así mismo tratar de reducir los costos de reparaciones y garantizar un mejor servicio a los pacientes a través de detección temprana y continuidad de funcionamiento en los servicios”.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> ABSORSISTEM, S.L. *Subdirección de ingeniería y mantenimiento, Área de calderas.* p. 25.

<sup>10</sup> *Ibíd.*

### **2.1.2. Procedimientos de trabajo de las calderas**

Actualmente, los procedimientos de trabajo de las calderas se basan en órdenes de trabajo diarias o según periodos que coordine la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento. A continuación, se describen los pasos que se debe seguir para el correcto arranque de las calderas antes del inicio de las actividades.

- Se verifica que exista alimentación de energía eléctrica hacia el tablero principal de control de la caldera.
- Se verifica que exista agua en el tanque de condensado.
- Se verifica que las siguientes válvulas estén cerradas.:
  - Suministro de vapor (válvula principal).
  - Purgas, (superficie, fondo, tubo de nivel).
  - Válvulas de prueba.
- Se verifica que las siguientes válvulas estén abiertas:
  - Suministro de combustible.
  - Suministro de agua de reposición al tanque de condensado.
  - Suministro de agua del tanque de condensado de la caldera.
- Verificar:
  - Exista combustible en el tanque diario.
  - Exista gas en el tanque y línea de alimentación.
  - Poner en funcionamiento el precalentador de combustible, accionando el interruptor en el tablero de control de la caldera.

- Poner en funcionamiento la bomba de recirculación de combustible accionando el interruptor respectivo.
- Verificar que la presión de combustible del manómetro del precalentador sea de 80 a 90 psi.
- Verificar en el termómetro que la temperatura del combustible sea de 90 grados centígrados.
- Revisar que el control de fuego alto-bajo este en la posición de fuego bajo y en el manual-automático en posición manual.
- Poner en funcionamiento la caldera y cuando haya alcanzado la presión de trabajo, realice las purgas. Al final de la jornada cierre la válvula principal de suministro de vapor.

#### **2.1.2.1. Revisión diaria**

La revisión diaria de las calderas está compuesta por diferentes elementos basados en la limpieza superficial de las mismas. También consiste en verificar las protecciones y sensores de nivel de agua, limpieza de los filtros de búnker utilizado un bypass, la limpieza del filtro cuno al finalizar la producción de vapor, entre otros.

En estas revisiones diarias se verifican todos los elementos mencionados para evitar paros no deseados durante la jornada, ya que al hacer la revisión antes de ponerlas en marcha se puede observar las anomalías que perjudican las calderas.

#### **2.1.2.1.1. Bitácora**

La bitácora es básicamente un cuaderno o publicación que permite llevar un registro escrito de diversas acciones. En casos más exactos estos registros concentran procesos y experiencias de experimentos. Dependiendo de la organización puede ser es cronológica, porque facilita la revisión de los contenidos anotados.

En caso del área de las calderas de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento se anotan únicamente la producción diaria de vapor y la hora de encendido y apagado. Si durante el día hubiese algún paro por diversos motivos externos como falta de energía eléctrica, se anota la hora de apagado y el motivo.

#### **2.1.2.2. Revisión semanal**

La revisión semanal de las calderas está compuesta por diferentes elementos basados en la limpieza superficial y reparación, si fuese el caso de externa o interna de las mismas. También consiste en verificar las operaciones de las válvulas y electroválvulas de búnker y vapor del área de calderas.

Estas revisiones semanales ayudan a controlar todo el sistema eléctrico del panel principal de las caleras y junto con la verificación, todos los elementos mencionados para evitar paros no deseados por problemas eléctricos y de válvulas en mal estado. Al hacer la revisión semanal se reparan las anomalías que puedan perjudicar las calderas.

#### **2.1.2.2.1. Registro anecdótico**

El registro anecdótico en la revisión semanal está basado en la anotación de las reparaciones o cambios que puedan hacerse al sistema eléctrico, o el cambio de válvulas u otros percances que puedan aparecer durante la semana.

#### **2.1.2.2.2. Reparación caldera pirotubular Cleaver Brooks C8600-300 (1)**

En la reparación de la caldera pirotubular (1), el registro anecdótico muestra que ha cambiado los sellos y filtros del combustible búnker, ya que esta caldera tiene dos filtros: el primero limpia las impurezas del combustible y el segundo es un filtro fino que ayuda a tener una mejor eficiencia del combustible.

#### **2.1.2.2.3. Mantenimiento preventivo caldera pirotubular Cleaver Brooks C8600-300 (1)**

En el mantenimiento preventivo de la caldera 1, únicamente se ha limpiado de la chimenea: hasta donde se pueda la parte interior para evitar posibles acumulaciones de hollín que podrán dañarla, y se revisa que no existan filtraciones de agua. También se le aplica una capa de pintura a dicha caldera.



#### **2.1.2.2.4. Reparación caldera pirotubular Cleaver Brooks 4- 0321-006 (2)**

En las reparaciones anotadas en el registro anecdótico se le ha dado mantenimiento al sistema de alimentación de combustible de las calderas, incluyendo el bombeo de combustible. También se le ha dado mantenimiento al sistema de circulación de gas.

#### **2.1.2.2.5. Mantenimiento correctivo caldera pirotubular Cleaver Brooks 4-0321-006 (2)**

En el mantenimiento correctivo se revisan las fugas, se nivela el aceite y se verifica el tiempo de llenado. También se le ha dado mantenimiento al sistema de aire de las calderas y todos sus componentes (líneas, compresor, entre otros).

#### **2.1.2.3. Revisión trimestral**

En las revisiones trimestrales se les da mantenimiento a las líneas de combustible, de gas propano y de vapor. También se le aplica un retoque de pintura y se le coloca un horómetro al compresor de aire.

Estas revisiones trimestrales, ayudan a controlar todo el sistema de combustible y gases de las calderas. Al hacer las reparaciones trimestrales se reparan las anomalías que puedan perjudicarlas.

#### **2.1.2.3.1. Registro anecdótico**

El registro anecdótico en la revisión trimestral está basado en la anotación de las reparaciones o cambios que puedan hacerse al sistema de tuberías de gas, combustible o el cambio de empaques mecánicos de la tapadera trasera.

#### **2.1.2.3.2. Reparación caldera pirotubular Cleaver Brooks C8600-300 (1)**

Actualmente en la bitácora no se cuenta con documentación acerca de las reparaciones trimestrales que ha tenido la caldera pirotubular (1).

#### **2.1.2.3.3. Mantenimiento preventivo caldera pirotubular Cleaver Brooks C8600-300 (1)**

En el registro anecdótico o bitácora tampoco se cuenta con registros de mantenimiento preventivo que se le ha brindado a la caldera trimestralmente. Solo hay entrevistar verbales de los operadores de las calderas.

#### **2.1.2.3.4. Reparación caldera pirotubular Cleaver Brooks 4- 0321-006 (2)**

Tampoco se cuenta con documentación acerca de las reparaciones trimestrales que ha tenido la caldera pirotubular (1).

#### **2.1.2.3.5. Mantenimiento correctivo caldera pirotubular Cleaver Brooks 4-0321-006 (2)**

No hay registros de mantenimiento preventivo que se le ha brindado a la caldera trimestralmente. Únicamente se cuenta con las entrevistas verbales a los operadores de las calderas.

#### **2.1.3. Diagrama de flujo de los procedimientos de trabajo**

El elemento más adecuado para el análisis de los procedimientos de trabajo en el área de calderas es el diagrama de flujo de operaciones, que es una representación simbólica de los procesos administrativos que tiene la subdirección y señala los pasos fundamentales de las actividades que realizan los operadores de las calderas.

Actualmente, los procedimientos de trabajo para los mantenimientos preventivos y correctivos brindados a las calderas se basan en órdenes de trabajo diarias o según periodos de trabajos que coordina la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento, para la revisión según sea programado el trabajo relacionado.

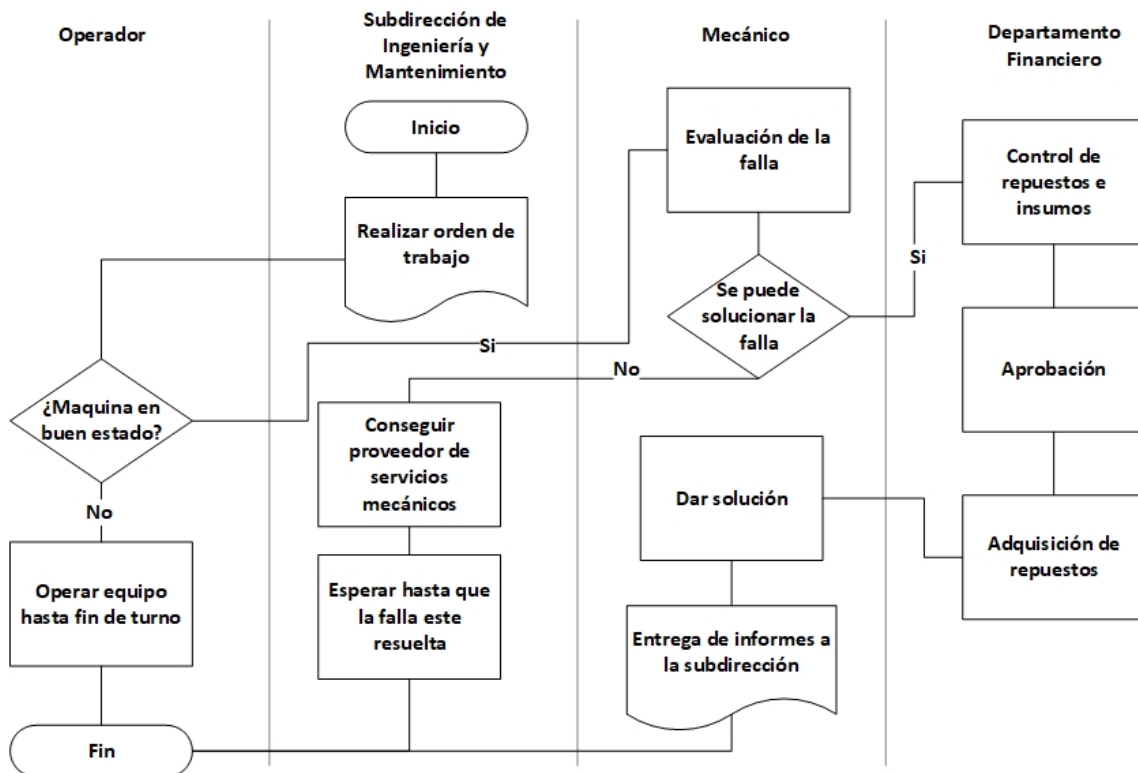
Dependiendo de las órdenes de trabajo emitidas, se inspecciona a las máquinas y se encuentran en buen estado se sigue trabajando con normalidad. Si se encuentra alguna falla se comunica con el mecánico para que analice la falla encontrada.

Si esta se puede solucionar, se comunica al departamento financiero para poder hacer el proceso de compra. Al obtener los repuestos se empieza a la reparación de las calderas.

Al hacer la reparación de la falla, se debe entregar un informe fotográfico a color de las actividades realizadas (antes, durante y después), dependiendo del tipo de mantenimiento.

Si en caso no se logra reparar la falla, se establece comunicar con algún proveedor de servicios mecánicos para que pueda reparar la falla.

Figura 10. **Diagrama de flujo de los procedimientos de trabajo**



Fuente: elaboración propia.

## **2.2. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo es aquel en el cual el tipo de avería en la máquina ya se ha previsto, ya sea por medios estadísticos o por instrucciones del fabricante; aunque no se ha localizado en el tiempo. Ya se ha elaborado un plan previo de reparación acorde a los recursos con los que se cuenta humanos, herramienta, materiales y repuestos que se han adquirido o localizado con anticipación.

### **2.2.1. Caldera pirotubular Cleaver Brooks C8600-300 (1)**

En la caldera pirotubular Cleaver Brooks C8600-300 (1), se lleva a cabo el mantenimiento preventivo a diferentes horas de trabajo. Estos mantenimientos se hacen diariamente, a las 100 horas de uso.

#### **2.2.1.1. Cada 100 horas de uso**

El área de calderas de la subdirección de ingeniería y mantenimiento lleva a cabo el mantenimiento preventivo de la caldera (1), a las 100 horas de uso.

- Limpieza en dos ocasiones del filtro de búnker utilizando el bypass.
- Limpieza del filtro cunco al finalizar la producción de vapor.
- Limpieza del quemador al finalizar la producción de vapor.
- Limpieza del filtro en la entrada al tanque de diario.

#### **2.2.1.2. Cada 500 horas de uso**

A las 500 horas de uso, los procedimientos de mantenimiento son los siguientes:

- Limpieza de los controladores eléctricos y revisión de los contactos.
- Verificar la operación de las válvulas y electroválvulas de búnker y vapor.
- Comprobar la protección de nivel de agua.
- Limpiar la entrada de aire del ventilador.
- Limpieza de todas las bombas de alimentación.

### **2.2.2. Caldera pirotubular Cleaver Brooks 4-0321-006 (2)**

En la caldera pirotubular Cleaver Brooks 4-0321-006 (2) se lleva a cabo el mantenimiento preventivo a diferentes horas de trabajo. Estos mantenimientos o revisiones se hacen diariamente, a las 100 horas de uso.

#### **2.2.2.1. Cada 100 horas de uso**

El área de calderas de la subdirección de ingeniería y mantenimiento lleva a cabo los mantenimientos preventivos de la caldera (2) a las 100 horas de uso:

- Limpieza en dos ocasiones el filtro de búnker utilizando el bypass.
- Limpieza del filtro cunco al finalizar la producción de vapor.
- Limpieza del quemador al finalizar la producción de vapor.
- Limpieza del filtro en la entrada al tanque de diario.
- Limpieza del área.
- Limpieza superficial.
- Verificación y cambio de protecciones y sensores de nivel de agua.

#### **2.2.2.2. Cada 500 horas de uso**

A las 500 horas de uso, los procedimientos de mantenimiento son los siguientes:

- Limpieza de los controladores eléctricos y revisión de los contactos.
- Verificar la operación de las válvulas y electroválvulas de búnker y vapor.
- Comprobar la protección de nivel de agua.
- Limpiar la entrada de aire del ventilador.
- Limpieza de todas las bombas de alimentación.
- Verificar si la caldera tiene incrustaciones.
- Verificar que la caldera no presente fugas de aire o agua.

### **2.3. Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo es una actividad que se lleva a cabo para reparar el daño encontrado durante el mantenimiento preventivo. En general, no se trata de un conjunto de acciones planificadas, ya que se realiza cuando un componente ha sido dañado. Su objetivo es restaurar la confiabilidad del sistema y devolverlo a su estado original. El mantenimiento correctivo también se conoce como mantenimiento de descomposturas y solo tiene lugar cuando alguna máquina no funciona. Si esta estrategia es empleada como la principal habrá un alto impacto de las actividades de mantenimiento no planificadas y de reposición de partes del inventario.<sup>11</sup>

Es la forma más sencilla de realizar el mantenimiento, ya que simplemente es reparar aquello que se ha descompuesto. El mantenimiento correctivo es el proceso que radica en localizar y corregir las fallas o desperfectos que estén impidiendo que la caldera realice su función de manera normal.

#### **2.3.1. Caldera pirotubular Cleaver Brooks C8600-300 (1)**

En la caldera pirotubular Cleaver Brooks C8600-300 (1), se lleva a cabo el mantenimiento correctivo a partir de dos meses del último mantenimiento preventivo a diferentes horas de trabajo.

---

<sup>11</sup> TECSA, ¿Qué es el mantenimiento correctivo?  
[https://www.tecsaqro.com.mx/blog/mantenimiento-correctivo.](https://www.tecsaqro.com.mx/blog/mantenimiento-correctivo)

### **2.3.1.1. Cada 100 horas de uso**

A las 500 horas de uso, los procedimientos de mantenimiento son los siguientes:

- Revisar el lado de agua de la caldera. Una vez la caldera está fría se debe drenar por completo, abrir las tapas de registros de mano y la tapa de registro y lavar bien con agua a presión. Verificar que toda la incrustación y sedimentos sean removidos del interior de la caldera.
- Después de lavar la caldera, examinar con cuidado las superficies de evaporación, para ver si hay indicios de corrosión, picadura o incrustación.
- Cualquier indicio de estas condiciones denota la necesidad de dar mejor tratamiento de agua a la caldera.
- Utilizar empaque nuevo al volver a colocar las tapas de registros de mano y la tapa de registro de hombre.
- Antes de colocar los empaques, limpiar los residuos de las juntas viejas, los asientos de las tapas y el interior de la caldera.
- Aplique grafito en polvo a las juntas para facilitar su cambio la próxima vez que se destape la caldera.

### **2.3.1.2. Cada 500 horas de uso**

A las 500 horas de uso, los procedimientos de mantenimiento son los siguientes:



- Apertura y cierre de las calderas.
- Mantenimiento al sistema de aire.
- Nivelado de aceite.
- Revisión de fugas.
- Mantenimiento en las líneas de agua.
- Mantenimiento a las líneas de agua.

### **2.3.2. Caldera pirotubular Cleaver Brooks 4-0321-006 (2)**

En la caldera pirotubular Cleaver Brooks 4-0321-006 (2) se lleva a cabo el mantenimiento correctivo a partir de dos meses del último mantenimiento preventivo, con la finalidad de mantener una caldera (en este caso la caldera 1) en funcionamiento, y así suministrar de manera continua el servicio al nosocomio y mantener en buen estado la caldera.

Antes de realizar el mantenimiento correctivo se realizan inspecciones periódicas a diferentes horas de uso, para llevar un registro histórico de las partes y componentes desgastados y cambiados durante todo el periodo de uso.

#### **2.3.2.1. Cada 100 horas de uso**

A las 100 horas de uso, los procedimientos de mantenimiento son los siguientes:

- Revisar el lado de agua de la caldera. Una vez la caldera está fría se debe drenar por completo, abrir las tapas de registros de mano y la tapa de registro de hombre y lavar bien con agua a presión. Verificar que toda la incrustación y sedimentos sean removidos del interior de la caldera.

- Después de lavar la caldera, examinar con cuidado las superficies de evaporación, para ver si hay indicios de corrosión, picadura o incrustación.
- Cualquier indicio de estas condiciones denota la necesidad de dar mejor tratamiento de agua a la caldera.
- Utilizar empaque nuevo al volver a colocar las tapas de registros de mano y la tapa de registro de hombre.
- Antes de colocar los empaques, limpiar los residuos de las juntas viejas, los asientos de las tapas y el interior de la caldera.
- Aplique grafito en polvo a las juntas para facilitar su cambio la próxima vez que se destape la caldera.

### **2.3.2.2. Cada 500 horas de uso**

A las 500 horas de uso, los procedimientos de mantenimiento son los siguientes:

- Apertura y cierre de las calderas.
- Mantenimiento al sistema de aire.
- Nivelado de aceite.
- Revisión de fugas.
- Mantenimiento en las líneas de agua.
- Mantenimiento a las líneas de agua.

## **2.4. Condiciones de trabajo**

La condición de trabajo es la vinculación al estado del entorno laboral. Este concepto refiere a la calidad, la seguridad y la limpieza de la infraestructura, entre otros factores que inciden en el bienestar y la salud del trabajador.

Entre las condiciones de trabajo que se maneja en la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento y específicamente en el área de calderas, son la jornada de trabajo, ruido, calor, ventilación. Estos factores son de suma importancia para que el recurso humano pueda desempeñarse de forma eficiente durante su día de trabajo.

### **2.4.1. Jornada de trabajo**

En la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento, así como en todo el nosocomio, la jornada laboral empieza a partir de las 7:00 am y termina a las 3:30 pm. Sin embargo, el recurso humano del área de calderas empieza sus labores a las 4:30 am. Esto se debe a que empiezan todos los preparativos para el encendido de las calderas y el precalentado de las mismas para que a las 5:30 empiecen a brindar el servicio.

Es necesario apagar las calderas a las 2:00 pm para que se enfrien y sea posible hacer la revisión diaria al finalizar su producción diaria de vapor. Esto se debe a que se tienen que limpiar los filtros y verificar que no queden residuos que puedan perjudicar el trabajo del día siguiente.

### **2.4.2. Luminosidad**

La iluminación es un factor esencial con la función de facilitar la visualización de las cosas, de modo que permita realizar el trabajo en condiciones aceptables de eficacia, comodidad y seguridad y, consecuentemente, evitar la fatiga ocular. En la práctica, según estudios ergonómicos, la iluminación deberá ser 30 veces superior al valor fijado para una tarea. Cuando se realiza un estudio de iluminación se tendrá en cuenta la relación existente entre la luz natural y la artificial, a fin de evitar demasiada uniformidad, o sea la tendencia de la vista a orientarse a la zona de campo visual más clara, que es un fenómeno conocido como efecto fotótropo.

Actualmente, el área de calderas cuenta con aproximadamente la cantidad de 75 luxes de forma artificial proporcionados por lámparas led, para lo cual es adecuada para el área de calderas.

### **2.4.3. Ruido industrial**

Se define como una forma de energía vibratoria que se capta en los oídos y se registra en el cerebro. El aparato auditivo normalmente funciona entre los 20 y los 20 000 Hz, y su límite superior puede descender a 12,000 conforme envejece el individuo. Las diversas partes del tímpano reaccionan de modo diferente según la frecuencia y la amplitud de las vibraciones sonoras. El ruido posee tres características básicas que son intensidad sonora, potencia sonora y presión sonora.

En el área de calderas se encuentra una energía vibratoria que produce la cantidad de 90 decibeles. El personal de las calderas no utiliza equipo de protección personal, en este caso, tapa oídos, lo cual puede producir enfermedades laborales como sordera, pérdida de equilibrio, entre otros.

#### **2.4.4. Calor y temperatura**

Los mecanismos de regulación calórica interna del cuerpo humano tratan de mantener en el cuerpo una temperatura constante de cerca de 37 °C. Es normal que el cuerpo pierda constantemente calor a través de los pulmones y la piel, pero hay veces que la persona necesita perder más calor para mantener esa temperatura constante, debido a que el cuerpo produce más calor motivado por la producción de calor en el ambiente; esta pérdida tiene lugar también en los mecanismos calóricos del organismo.

En el área de calderas se puede encontrar temperatura moderada, ya que constata intercambio de energía que las calderas producen genera un ambiente caluroso y húmedo. Esto puede llegar a ocasionar problemas a los operarios que revisan periódicamente las calderas durante su periodo de uso.

#### **2.4.5. Ventilación industrial**

La calidad del aire interior puede definirse como el grado en el que se satisfacen las exigencias del ser humano. Básicamente, los ocupantes de un espacio exigen dos cosas al aire que respiran: percibir el aire fresco, en lugar de viciado, cargado o irritante; y saber que el riesgo para la salud que pudiera derivarse de la respiración de ese aire es despreciable.

Es corriente pensar que el grado de calidad del aire de un espacio depende más de los componentes de ese aire que del impacto del aire en los ocupantes. Puede parecer sencillo evaluar la calidad del aire, pues conociendo su composición se puede conocer su calidad.

Actualmente, el área de calderas cuenta con una buena circulación de aire, cuenta con puertas de 4 m x 4 m para la circulación de aire caliente que se genera por el incremento de energía que producen las calderas.

### **3. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PLANIFICACIÓN PARA GARANTIZAR EL MANTENIMIENTO EN LAS CALDERAS**

#### **3.1. Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento**

Un sistema de planificación ayuda a planear y garantizar de forma metódica los mantenimientos que se les ha de brindar a las calderas (mantenimiento preventivo y correctivo). Para que el sistema de planificación apoye a la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento en el mantenimiento de las calderas, es necesario partir en tres fases principales: la primera es el definir las funciones y objetivos que se tendrán en el sistema, la segunda son las responsabilidades que debe tener el recurso humano al brindar cualquiera de los mantenimientos necesarios, y la tercera, que los recursos financieros sean eficientes y con un menor costo.

##### **3.1.1. Sistema de planificación**

Un sistema de planificación es una herramienta de trabajo que permite detectar y reducir los trabajos innecesarios y reducir las paradas no previstas. Esto proporciona el equilibrio entre las actividades estratégicas y operativas en el momento de brindar cualquier tipo de mantenimiento a las calderas.

El sistema de planificación facilitar la gestión y mejora la eficiencia de los mantenimientos, tomando en cuenta cuatro componentes principales.

El primero son las funciones y objetivos con los cuales se regirá el sistema; el segundo son las responsabilidades del mantenimiento preventivo y correctivo; el tercero es el recurso humano necesario para efectuar el sistema. El cuarto es el recurso financiero, el cual son los activos necesarios para aumentar la utilidad de las calderas.

### **3.1.1.1. Funciones y objetivos**

Las funciones y los objetivos son el eje principal del sistema de planificación, porque indican cuáles son los ámbitos en los que se debe trabajar para resolver el problema aplicando los esfuerzos necesarios para lograr los objetivos.

A continuación, se detallan las funciones que debe cumplir la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento para brindar los mantenimientos tanto preventivo como correctivo:

- Crear los elementos de control para el seguimiento del desarrollo de las funciones de mantenimiento.
- Lograr la máxima disponibilidad de las calderas utilizadas.
- Extender la vida útil de las calderas por medio de inspecciones periódicas.
- Planificar de forma periódica los mantenimientos preventivos y los correctivos.
- Llevar un historial de los mantenimientos preventivos como correctivos, así como cualquier anomalía que pueda presentarse en las calderas durante el día.



- Elaborar de forma planificada las adquisiciones de herramienta, combustibles, refacciones, entre otras, para ejecutar debidamente los programas de mantenimiento.
- Garantizar el stock de piezas de reserva, accesorios de mantenimiento y partes de repuesto especiales para que sean conservados en un nivel óptimo.

Un objetivo del sistema es la verificación de los indicadores que permitirán medir el avance del sistema. Son los siguientes:

- Asegurar la óptima disponibilidad y mantener la fiabilidad de las calderas.
- Reparar las averías en el menor tiempo posible.
- Asegurar una larga vida útil de las calderas.
- Disminuir el tiempo entre fallas para evitar paros no deseados en las calderas.
- Disminuir el riesgo al recurso humano al efectuar un mantenimiento defectuoso.
- Minimizar los costos de mantenimiento.
- Minimizar los periodos de mantenimiento.

### **3.1.1.2. Responsabilidades del mantenimiento preventivo y correctivo para las calderas**

El recurso humano debe cumplir y velar para que las funciones y objetivos sean realizados de forma correcta y eficiente, al efectuar cualquiera de los mantenimientos (preventivo y correctivo). Entre las responsabilidades del recurso humano se encuentran dos funciones que son importantes.

La primera son los mecánicos que, son los encargados de instalar, mantener y brindar el mantenimiento a las calderas existentes dentro de la Subdirección. Los segundos son los electricistas, encargados de instalar, mantener y brindar el mantenimiento al sistema eléctrico.

#### **3.1.1.2.1. Comunicación de resultados y avances**

El supervisor o encargado del área de calderas es el responsable de verificar que se ejecuten las actividades solicitadas en las órdenes de trabajo en el mantenimiento preventivo y correctivo, y registrar el cierre de la misma en la bitácora cuando se finalice la actividad.

#### **3.1.1.2.2. Almacenamiento de registros**

Llevar un registro histórico de las órdenes de trabajo, inspecciones y mantenimientos preventivos y correctivos busca prever o predecir la frecuencia en el cual pueda fallar alguna o algunas piezas mecánicas de las calderas. Así mismo, normalizar el tiempo necesario para la reparación de las mismas y planificar los programas de mantenimiento.

### **3.1.1.3. Recurso humano**

Son los encargados de elaborar la planificación, ejecutar los diferentes mantenimientos e inspecciones realizadas a las calderas. Controlar, verificar y registrar todos los documentos necesarios para mantener el correcto funcionamiento de las mismas, con la finalidad de evitar paradas no programadas que dejen sin suministro al nosocomio. Así mismo, asegurar el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento.

### **3.1.1.4. Recurso financiero**

Son todos los activos necesarios para a aumentar la vida útil de las calderas, con una inversión mínima y óptima de los recursos económicos. Estos costos se pueden dividir en dos fases: la primera son los costos directos del mantenimiento (mano de obra directa, repuestos, materiales, entre otros); el segundo son los costos basados en la parada de las calderas por fallas durante su funcionamiento.

## **3.2. Fortalecimiento de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento**

Es la sinergia entre las actividades estratégicas (objetivos, responsabilidades), como las actividades operativas (control, supervisión, planificación de los mantenimientos). Esto beneficia la mejora tanto en los métodos de organización que incluyen a los colaboradores (jefes de la subdirección, supervisores, operadores), y los aspectos económicos.

### **3.2.1. Planeación estratégica**

Es el enfoque que alinea la misión, visión, objetivos y responsabilidades de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento. El uso de esta herramienta es imprescindible para la identificación de prioridades y asignación de los recursos.

A continuación, se detallan los beneficios de gestionar una planeación estratégica en el mantenimiento.

- Reducir costos generados por la falla de equipos que obligan a parar la producción.
- Brindar seguridad al personal de campo en el cumplimiento de sus actividades diarias.
- Rebajar costos de producción, a fin de producir productos más competitivos en el mercado.
- Evitar el desperdicio de recursos: materia prima, energía, mano de obra.
- Optimizar el consumo de recursos y presupuesto asignado al departamento de mantenimiento.

### **3.2.1.1. Visión**

Garantizar el mejor servicio posible basados en nuevas metodologías, disminuir las posibles fallas en las máquinas y equipos, reducir los costos de los mantenimientos a un plazo no mayor a 5 años, promover la mejora continua con el apoyo del recurso humano a través de capacitaciones y dar oportunidades de crecimiento.

### **3.2.1.2. Misión**

Establecer medidas técnicas y administrativas que garanticen el mantenimiento a las máquinas y equipos, con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes internos y externos del Hospital Roosevelt.

### **3.2.1.3. Análisis FODA**

El análisis FODA es una herramienta que consiste en plantear de forma proactiva las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, que ayuda a asociar los aspectos internos y externos y lograr una ventaja en la planeación estratégica.

Tabla I. **Matriz FODA**

<p><b>Fortalezas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramientas adecuadas.</li> <li>• Personal con conocimiento y experiencia.</li> <li>• Deseo de una mejora continua.</li> <li>• Solución de fallas en el menor tiempo posible.</li> </ul>	<p><b>Oportunidades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitaciones</li> <li>• Mejora de máquinas y equipos</li> <li>• Nuevos métodos y técnicas</li> </ul>
<p><b>Debilidades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramientas en mal estado.</li> <li>• Poca señalización.</li> <li>• Falta de coordinación.</li> <li>• Falta de registros.</li> <li>• Equipos muy antiguos.</li> <li>• Poco personal en el mantenimiento.</li> <li>• Poco mantenimiento en máquinas y equipos.</li> </ul>	<p><b>Amenazas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Negligencia de otras subdirecciones</li> <li>• Asignación de escasos recursos</li> <li>• Poca colaboración</li> <li>• Recortes de personal</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. **Recurso humano**

Es necesario contar con personal para capacitar a los supervisores y operadores que estarán en contacto directo con el sistema de planificación. También tendrá a cargo la documentación de los procedimientos de trabajo y el equipamiento necesario para la realización de las actividades correspondientes.

### **3.3.1. Capacitación**

El programa de capacitación es la parte de la planeación de una serie de acciones pedagógicas, con el objetivo principal de formar y desarrollar las competencias requeridas y necesarias que el recurso humano debe tener para el desarrollo de sus funciones laborales. Por ende, los programas de capacitación pueden estar basados en competencias laborales porque aportan información clara y específica para realizar acciones efectivas y eficientes en la formación que ayuda a los procesos de enseñanza.

Las capacitaciones constantes ayudan a mejorar la interacción entre los colaboradores y, con ello, a elevar el interés por el aseguramiento de los mantenimientos, que a su vez ayudan a requerimientos futuros que la subdirección pueda necesitar.

Generar conductas positivas y mejoras en el clima de trabajo, la productividad y la calidad y, con ello, a elevar la moral de trabajo. Genera una compensación indirecta, especialmente entre la parte administrativa y la parte operativa.

### **3.3.2. Equipamiento**

Los equipos necesarios en el sistema de planificación no únicamente son equipos con los que se debe de brindar el mantenimiento preventivo o correctivo, sino son también todas las herramientas administrativas necesarias para el registro y control, que garantizarán que se les ha brindado el mantenimiento respectivo a las calderas.

Estas herramientas administrativas son hojas de reportes que registran los mantenimientos, las partes que fueron reparadas o cambiadas, las horas que estuvo parada la caldera. Los informes de las calderas son aquellos que indican cuáles fueron los hallazgos encontrados antes de los mantenimientos y cómo fueron reparados, detallando con un registro fotográfico para la verificación. Finalmente la programación, la cual detalla cada cuánto se debe de brindar el mantenimiento correctivo y qué se debe inspeccionar en el mantenimiento preventivo. Con estas herramientas se lleva el control y se garantiza que las reparaciones fueron hechas de forma correcta y adecuada.

### **3.3.3. Procedimientos de trabajo**

Los procedimientos de trabajo son los documentos o registros que detallan la forma en que se desarrollan los procesos que se debe seguir según sean las actividades. Estos registros permiten a todos los trabajadores saber cómo se debe trabajar.

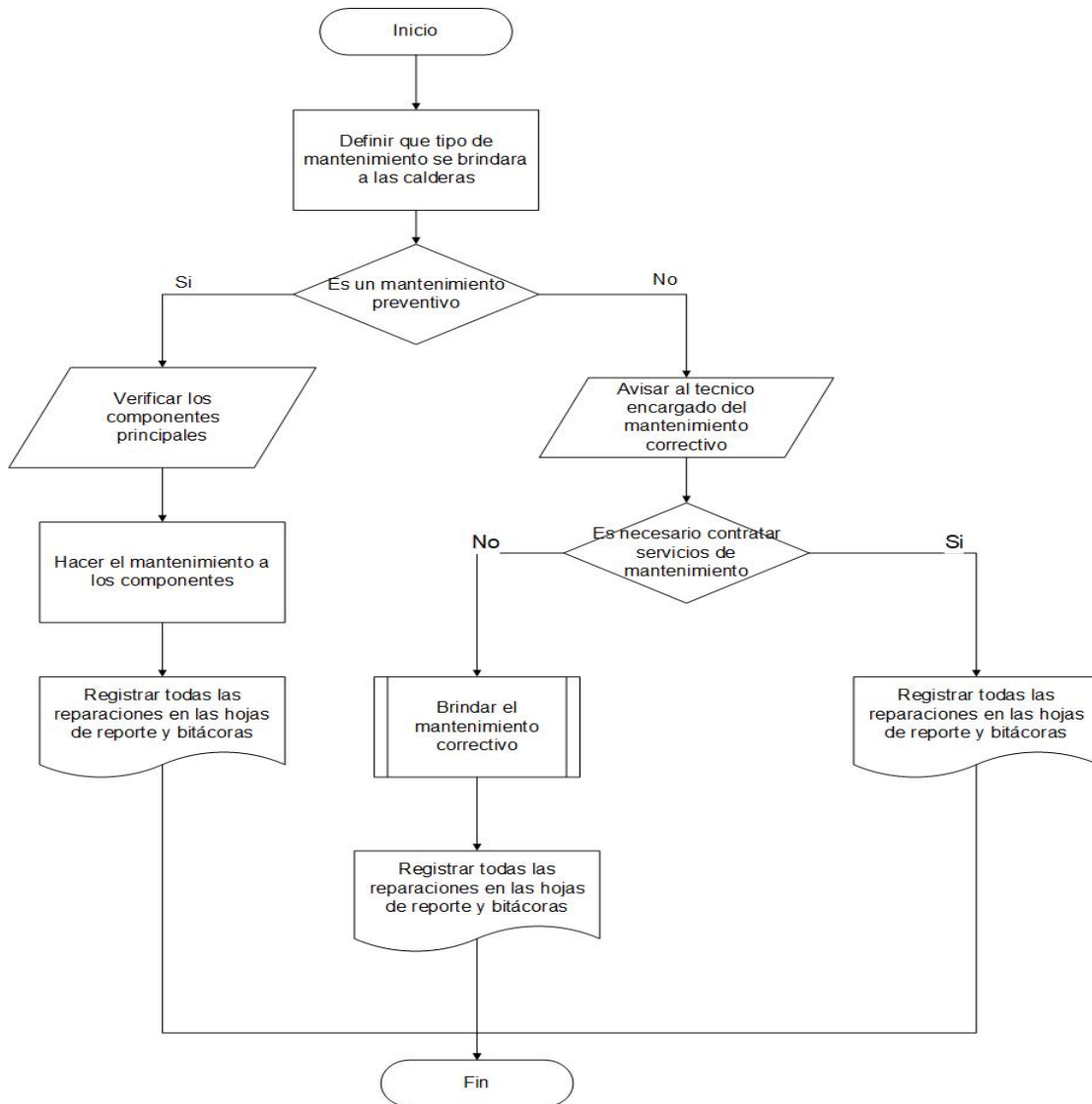
El procedimiento de trabajo explica el modo de brindar los mantenimientos preventivos y correctivos que puedan afectar los servicios que ofrecen las calderas.

- Definir el tipo de mantenimiento que se brindará a las calderas. Dependiendo del tipo se debe aplicar diferentes tipos de procedimientos de trabajo.
- En caso de ser mantenimiento correctivo, se debe seguir los siguientes procedimientos de trabajo.



- En el caso de un fallo o problema en la caldera, se debe avisar al técnico responsable del área de calderas para que proceda a de su reparación.
- Las labores del mantenimiento, en caso de ser resueltas sin ningún tipo de gestión de compra de repuestos, se deben anotar en las hojas de reporte de las calderas, indicando las horas de paro, los materiales utilizados y su costo.
- En caso de que se deba contratar los servicios de mantenimiento, se debe anotar en la hoja de reporte de las calderas, la referencias o las partes que fueron reparadas, indicando las horas de paro que tuvo la caldera.
- En caso de ser un mantenimiento preventivo se deben de seguir los siguientes procedimientos de trabajo.
- Verificar a diario o semanalmente los componentes principales de las calderas, quemadores, fugas de agua, revisión de líneas de alimentación, entre otros.
- Si alguno de los componentes principales se encuentra desgastados o en mal estado, hacer las reparaciones correspondientes y registrar bitácoras y hojas de reporte.
- Todos los mantenimientos o reparaciones deben quedar detalladamente registrados en bitácoras o formatos, para futuras reparaciones o mantenimientos

Figura 11. Diagrama de los procedimientos de trabajo



Fuente: elaboración propia.

### **3.4. Plan de mantenimiento**

El plan de mantenimiento incluye dos tipos de mantenimiento (preventivo y correctivo), los cuales se aplican dependiendo del tipo de falla que se produzca en las calderas. El correctivo se realiza cuando se produce una falla o avería y sea necesario detener el funcionamiento de la caldera sin previa planificación o programación. Por otra parte, el mantenimiento preventivo es aquel que sigue una planificación o programación establecida, basada en intervalos con la finalidad de minimizar las fallas que puedan producir una parada no programada. Este tipo de plan contiene todos los trabajos necesarios con el objetivo de prevenir los fallos principales que pueden ocurrir.

El plan de mantenimiento considera diferentes recursos que son necesarios para brindar el mantenimiento correctivo y preventivo, y así garantizar que el mantenimiento dado a las calderas sea confiable y extienda la vida útil de las mismas.

Los recursos necesarios para el plan de mantenimiento son: el recurso económico, el cual indica cuánta cantidad de dinero se puede invertir en brindar los mantenimientos y dependerá de qué tipo de mantenimiento se esté brindando. El otro recurso importante son los suministros que se necesita, los repuestos, herramientas, entre otros. El último recurso es el humano, ya que cada uno necesita una cantidad de recurso económico, suministros y tiempo.

El objetivo del plan del mantenimiento es mantener la capacidad de las maquinas (calderas) mientras se controlan los costos. Un buen plan de mantenimiento minimiza la variabilidad de las fallas que puedan ocurrir en las calderas.

La compra de nuevos equipos atrae costos elevados, sobre todo la depreciación acelerada de los mismos, aunque esto puede ser compensado por los costos mínimos de los mantenimientos, ya que la posibilidad de falla es menor.

#### **3.4.1. Hojas de reporte**

La creación de hojas de reporte ayuda a mejorar los mantenimientos porque indican el tipo de mantenimiento que se esté brindando. Cada hoja de reporte corresponde a diferentes tipos, como semanal, mensual, semestral y anual. En cada una de ellas se detalla si es necesario cambiar la pieza por desgaste o fisura y, si así es el caso, se debe anotar en las observaciones el motivo del cambio.

Cada hoja de reporte tiene diferentes operaciones. La semanal tiene las operaciones que necesitan una inspección periódica, como los quemadores, las fugas de agua, vapor y gases de combustión. Las hojas mensuales son aquellas que necesitan una inspección no tan rigurosa como el sistema eléctrico. En las hojas semestrales se encuentran todas aquellas operaciones que necesitan ser cambiadas o reparadas a los seis meses de uso, como los empaques, las fajas de transmisión, entre otros. En las anuales se encuentran todas las operaciones de las tres hojas de reporte anteriores e indican si en periodos previos han sido cambiadas o reparadas.

### **3.4.2. Informes de mantenimientos**

Son los registros que se deben elaborar cuando se brinde el mantenimiento a las calderas. Estos informes tienen el propósito de comunicar la información al jefe de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento, para que pueda tomar las mejores decisiones para erradicar o evitar las averías o fallas que se puedan presentar.

Estos informes de mantenimiento son de dos tipos: los informes por averías y los informes periódicos. Ambos ayudan a llevar un registro en el cual se indica el motivo del mantenimiento, dejando una constancia de forma fotográfica del antes y después del mantenimiento brindado.

El informe por averías es aquel cuyo objetivo es determinar las causas que han provocado determinadas fallas. Estas pueden ser desde el recurso humano hasta el material de las máquinas (calderas). Las fallas por material son ocasionadas por desgaste, por rotura y por fatiga. Son producidas cuando una pieza queda imposibilitada para prestar algún servicio. Y se debe adoptar medidas preventivas. Las fallas por el recurso humano son producidas cuando no se respetan o inspeccionan tolerancia de ajuste, la reutilización de materiales que deben desecharse y por el uso de repuestos no adecuados, entre otros.

El informe periódico consiste en la realización de inspecciones periódicas de las máquinas (calderas), en las que se revelan si existen defectos o condiciones que puedan ocasionar algún fallo que puedan ocasionar paros, averías o problemas de gravedad a los servicios que presta. El objetivo principal de este informe es reducir las paradas de los servicios y disminuir los costos de reparación. Este informe puede ser mensual.

Ambos informes deben contener lo siguiente:

- Resumen ejecutivo. Incluye un resumen de una página, con los principales valores e hechos destacables
- Principales incidentes ocurridos en el mes
- Mantenimientos programados realizados
- Inspecciones reglamentarias y resultados
- Mantenimientos previstos para el periodo siguiente
- Seguimiento de los indicadores de mantenimiento elegidos

### **3.4.3. Programación de mantenimiento preventivo**

La finalidad de la programación es identificar con antelación las posibles averías o fallas que se puedan producir. En algunos casos, puede que la falla no se halla localizado a tiempo; sin embargo, ya se ha elaborado la programación para la reparación acorde con los recursos que se cuenta (materiales, humano, repuestos, herramientas, entre otros), y se hayan adquirido con anticipación.

El mantenimiento preventivo es una herramienta que reduce los costos, ahorra los recursos económicos y aumenta la vida útil de la caldera.

Tener una programación de mantenimiento preventivo ayuda mantener en buen estado las calderas, ya que se realiza a través de revisiones, lubricaciones y limpiezas periódicas.

**3.4.4. Guía para rutinas de mantenimiento en las calderas pirotubulares Cleaver Brooks C8600-300 (1) y Cleaver Brooks 4-0321-006 (2)**

Con la finalidad de llevar un control eficiente se debe llevar un informe de rutinas que indique los elementos por inspeccionar y qué tipo de rutina corresponde (semanal, mensual, semestral y anual); una breve descripción del tipo de inspección (cambios, observaciones y componentes utilizados), con la fecha correspondiente, el nombre y la firma del encargado. Esta guía es para las calderas Cleaver Brooks, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 12. **Ficha de control**

	<b>Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Roosevelt</b>	Código	
	<b>Ficha de control</b>	Versión	
		Aprobado	

Área a inspeccionar: \_\_\_\_\_  
 Operario: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
 Hora de Inicio: \_\_\_\_\_ Hora de finalización: \_\_\_\_\_

Maquina: \_\_\_\_\_ No. Serie: \_\_\_\_\_

Tipo de mantenimiento: Preventivo \_\_\_\_\_ Correctivo \_\_\_\_\_

Nombre de la operación	Necesita reparación		Costo
	Si	No	

Observaciones:

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

Fuente: elaboración propia.



#### **3.4.4.1. Semanal**

Las rutinas semanales buscan determinar posibles fallos que puedan presentarse durante el mes y ayuda a determinar si es necesario cambiar algún componente mecánico o no; queda a criterio del operador o supervisor. En una ficha de control se debe detallar lo que se inspeccionó o se cambió y el tiempo que tomó realizar la inspección. La siguiente lista son las rutinas de mantenimiento semanal.

- Chequeo del quemador
- Quemador
- Fugas de agua, vapor o gases de combustión
- Línea de alimentación de combustible
- Niveles de operación
- Válvula de purga de nivel
- Válvulas de seguridad
- Revisión de la secuencia de operación del sistema de distribución de agua.

#### **3.4.4.2. Mensual**

En las rutinas mensuales, al igual que las semanales, debe establecerse de forma sistemática la hora o turno y fecha previamente fijado y el operador o el supervisor que deberá brindar la inspección. La siguiente lista son las rutinas de mantenimiento mensual.

- Boquillas
- Electrodo
- Aisladores de ignición
- Cables de ignición

- Fococeldas
- Malla de ventilación
- Control de agua, tubo de nivel
- Sistema eléctrico, terminales
- Sistema eléctrico, presurestol
- Sistema eléctrico, programador
- Válvulas en general
- Tanque de gas
- Empaques de bomba de alimentación de agua a la caldera

#### **3.4.4.3. Semestrales**

Las inspecciones semestrales son una recopilación de información de las inspecciones anteriores, que indican cuáles fueron las piezas mecánicas que necesitaron alguna reparación o cambio de alguna pieza.

#### **3.4.4.4. Anuales**

Las inspecciones anuales al igual que las semestrales, son una recopilación de información de las inspecciones anteriores, que indican cuáles fueron las piezas mecánicas que necesitaron alguna reparación o cambio de alguna pieza.

#### **3.4.5. Programación de mantenimiento correctivo**

Existen dos formas diferentes de proponer el mantenimiento correctivo: el programado y no programado; el programado supone la corrección de la falla, cuando se cuenta con la información, el recurso humano, los materiales necesarios.

Sin embargo, el mantenimiento no programado supone la reparación de la falla inmediatamente al momento de presentarse, para lo cual muy pocas veces se cuenta con la información o los materiales necesarios.

#### **3.4.6. Guía para rutinas de mantenimiento en las calderas pirotubulares Cleaver Brooks C8600-300 (1) y Cleaver Brooks 4-0321-006 (2)**

El propósito de llevar un registro documentado de las fallas que se han presentado a las calderas es tomar una decisión entre corregir un fallo de forma inmediata o de forma planificada. Si la avería supone la parada inmediata de la caldera, la reparación comienza sin una planificación; sin embargo, si puede mantenerse en operación aun con el fallo presente, puede posponer hasta que llegue el momento más adecuado.

##### **3.4.6.1. Semanal**

Las inspecciones semanales son pequeños reconocimientos que se hacen a los componentes mecánicos y eléctricos de la caldera, para verificar que su funcionamiento sea óptimo.

##### **3.4.6.2. Mensual**

Las inspecciones mensuales son el conjunto de reconocimientos semanales. incluye un análisis visual para determinar si existe algún tipo de falla y tomar la decisión de si se requiere corregirla o puede mantenerse en operación hasta que se le realice el mantenimiento programado semestral.

### **3.4.6.3. Semestrales**

La programación del mantenimiento correctivo busca identificar las posibles fallas que pueden ocasionar que la caldera deje de operar de forma óptima. El siguiente listado son las partes de la caldera que deben de ser inspeccionadas de forma semestral para prevenir posibles fallas.

- Quemador
- Piloto de gas
- Limpieza del lado de agua
- Fuga en los tubos de fuego
- Conexiones y líneas de alimentación
- Revisión de material refractado
- Cambio de empaque
- Cambio de pernos y tuercas de puertas
- Fajas de transmisión
- Válvulas solenoidales
- Lubricación del motor ventilador
- Temperatura de cojinetes
- Fajas de transmisión
- Precalentador de búnker
- Válvulas en general
- Alineación de motor y bomba del sistema de agua
- Limpieza del tanque de condensados
- Pintura y limpieza.

#### **3.4.6.4. Anuales**

La rutina de mantenimiento correctivo anual se menciona a continuación:

- Quemador
- Boquillas
- Limpieza del quemador
- Limpieza de electrodos
- Aisladores de ignición
- Fococeldas
- Combustión
- Limpieza del lado de agua
- Limpieza del lado de juego
- Fuga en los tubos de fuego
- Conexiones y línea de alimentación
- Material refractario
- Cambio de empaque
- Fugas de agua y vapor
- Revisión de línea de alimentación
- Limpieza del filtro de alimentación
- Fajas de transmisión
- Alimentación de bomba del motor
- Inspección de bomba
- Válvula senoidales
- Temperatura de cojinetes
- Terminales
- Tuercas y pernos
- Fajas de transmisión

- Temperatura de cojinetes
- Limpieza de platinos
- Fusibles
- Pintura en general
- Manómetros
- Válvulas en general

### **3.5. Plan de seguridad**

Un plan de seguridad es un documento que se debe realizar tomando en cuenta diferentes factores de las condiciones de trabajo. Sirve para analizar y estudiar los riesgos a los que están expuestos los trabajadores. Es un estudio esencial de la planificación preventiva para la mitigación, eliminación y reducción tanto de accidentes como enfermedades ocupacionales. Este plan debe de contener las condiciones de trabajo como luminosidad, ruido, calor y temperatura, así como la categorización de los riesgos dependiendo de su origen, como físicos, mecánicos, entre otros.

- El objetivo del plan de seguridad es establecer un estudio para la realización de los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo a las calderas de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento, con el fin de prevenir los riesgos y accidentes que pueda ocasionar enfermedades ocupacionales al recurso humano encargado de esta tarea.
- El alcance es categorizar los riesgos y condiciones de trabajo a los cuales los operarios y supervisores de los mantenimientos están expuestos.

### **3.5.1. Condiciones de trabajo**

Las condiciones de trabajo se definen como cualquier aspecto intrínseco del trabajo con posibilidades de poseer consecuencias negativas a la salud del trabajador, incluyendo aspectos ambientales y tecnológicos, organización y disposición del trabajo.

Dentro de las condiciones de trabajo que se encuentran en la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento se pueden destacar 4: la luminosidad, el ruido, el calor y temperatura, y la ventilación industrial.

#### **3.5.1.1. Luminosidad**

Para el área de calderas, se debe tomar en cuenta diferentes condiciones o servicios que puedan afectar la cantidad de flujo luminoso. Para determinar los niveles de iluminación adecuados para el área de calderas, debe tenerse en cuenta las diferentes tareas que realiza el operador de las mismas.

#### **3.5.1.2. Ruido industrial**

El ruido industrial es esencialmente cualquier sonido que se emite de forma indeseable por las máquinas y herramientas dentro de un ambiente laboral, que puede desencadenar daños al aparato auditivo que normalmente funciona entre los 20 y los 20 000 Hz. Su límite superior puede descender a 12 000 conforme envejece el individuo.

Para el área de caldera se debe tener en cuenta que el factor de ruido producido por el funcionamiento de las mismas oscila entre los 85 a 100 db. Se propone un método para mitigar el ruido y las enfermedades ocupacionales como la hipoacusia, y es la utilización de tapones auditivos en el momento que se esté operando las calderas. Esto evitará que haya tensión nerviosa, desagrado, molestia o algún tipo de pérdida parcial o total la su capacidad auditiva.

### **3.5.1.3. Calor y temperatura**

El calor y la temperatura están relacionadas entre sí, pero son conceptos diferentes. El calor es la energía total del movimiento molecular en una sustancia, mientras temperatura es una medida de la energía molecular media.

La propuesta para mitigar el aumento de calor y temperatura es utilizar el sistema de ventilación industrial, que evitará la concentración de calor y temperatura y reducirá los posibles riesgos a la salud provocados por deshidratación, la apatía, alteraciones orgánicas internas, disgusto en el medio de trabajo, entre otros.

### **3.5.1.4. Ventilación industrial**

La ventilación industrial es la cantidad de aire que se debe acondicionar al ambiente para satisfacer las exigencias del ser humano, eliminar los contaminantes y aportar un aire respirable y una climatización de las condiciones de temperatura.

En el área de calderas se cuenta con una amplia ventilación natural que sirve para controlar las emisiones moderadas de calor; sin embargo, no es suficiente para controlar las emisiones contaminantes de polvo, gases, vapores.



La propuesta para la ventilación industrial en el área de caldera es una mezcla entre artificial (inyectores y extractores) y natural. Básicamente se busca la rápida evacuación del aire y aumentar el ingreso de aire en las cantidades necesarias, para brindar una condición laboral agradable para los operadores de la sala de calderas.

### **3.5.2. Categorización de peligros según su origen**

Los peligros son todas condiciones del trabajo que pueden afectar la salud, medio ambiente, equipos e instalaciones en el área de trabajo, estos peligros pueden ser de diferentes tipos: el primero es el peligro latente, el cual tiene potencial de causar daño, pero aún no se ha producido (este daño es a los equipo e instalaciones); el otro es el peligro potencial, el cual representa una amenaza a las personas (un desmembramiento, atrapamientos, aplastamientos, entre otros).

#### **3.5.2.1. Físicos**

Se denomina riesgo físico a los factores o circunstancias que causan daño con o sin contacto. Los riesgos físicos incluyen riesgos ergonómicos, radiación, estrés por calor y frío, riesgos de vibración y riesgos de ruido, entre otros.

Para disminuir los peligros físicos dentro del área de calderas se utilizan equipos de protección personal para evitar enfermedades ocupacionales como hipoacusia (la pérdida de audición), problemas ergonómicos ocasionados por una mala postura o un mal levantamiento de cargas. También ayuda tener una buena ventilación e iluminación industrial.

### **3.5.2.2. Mecánicos**

Se denomina peligro mecánico al conjunto de factores físicos que pueden dar lugar a una lesión por la acción mecánica de elementos de máquinas, herramientas, piezas por trabajar o materiales proyectados, sólidos o fluidos.

Para disminuir los accidentes o incidentes ocasionados por los riesgos mecánicos en el área de caldera se debe utilizar de forma adecuada las herramientas para brindar el mantenimiento, uso de equipo de protección personal, colocar señalización en las partes que deben tener más cuidado.

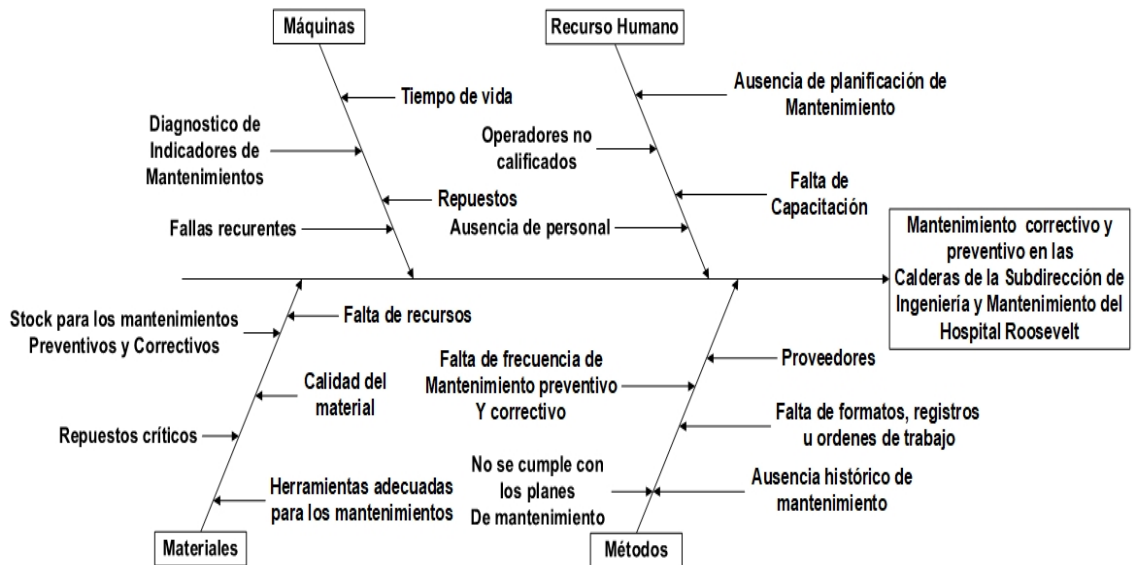
### **3.6. Diagrama de causa y efecto del mantenimiento**

El diagrama de causa y efecto, también llamado diagrama de Ishikawa, es un instrumento visual que permite identificar los problemas y los efectos que producen una situación anormal.

La diferencia con otro tipo de diagramas es que este representa las diferentes cadenas de causa y efecto que están presentes en un problema. Los diferentes tipos de fallos que se pueden producir en los equipos pueden estar atribuidos a múltiples factores y pueden afectar de forma positiva o negativa, dependiendo del resultado. Sin embargo, algunos factores pueden contribuir en mayor proporción.

A continuación, se representa el diagrama de causa y efecto que muestra las posibles fallas de un inadecuado mantenimiento a las calderas.

Figura 13. Diagrama de causa y efecto



Fuente: elaboración propia.

### 3.7. Indicadores de referencia

La implementación de indicadores de referencia dentro de la propuesta del sistema de planificación permitirá tomar decisiones, establecer metas, determinar la disponibilidad mecánica de la caldera, fijar un tiempo estimado entre cada posible falla y el tiempo estimado para brindar el mantenimiento o la reparación, utilizando los recursos asignados por la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento.

Los diferentes indicadores son valores que nos permitirán realizar análisis sobre la vida útil de los equipos. Los cuatro indicadores que se proponen dentro del sistema de planificación son: indicador de disponibilidad mecánica, indicador de utilización, indicador de tiempo medio entre fallas, Indicador de tiempo medio para mantenimiento o reparaciones.

### 3.7.1. Indicador de disponibilidad mecánica

El indicador de disponibilidad mecánica es uno de los más importantes y el que más posibilidades de manipulación tiene. Este se calcula dividiendo el número de horas que trabaja el equipo entre el número de horas trabajadas más las horas de que ha estado sin trabajo por algún fallo o parada no programada.

$$DM = \frac{\textit{Horas trabajadas}}{\textit{Horas trabajadas} + \textit{Horas paradas}}$$

Fuente: LEAL, Sandra L, ZAMBRANO R. SONY A. *Índices e Indicadores de Gestión de Mantenimiento en las Pymes del Estado Táchira*. p. 4.

### 3.7.2. Indicador de utilización

Este indicador verifica de una forma sencilla el uso de los equipos. El dato se obtiene de dividir las horas que realmente se utilizó el quipo sobre las horas disponibles.

$$U = \frac{\textit{Horas utilizadas}}{\textit{Horas de disponibilidad}}$$

Fuente: LEAL, Sandra L, ZAMBRANO R. SONY A. *Índices e Indicadores de Gestión de Mantenimiento en las Pymes del Estado Táchira*. p. 4.

### **3.7.3. Indicador de tiempo medio entre fallas**

Es el más útil para el estudio del comportamiento de los equipos en el tiempo medio entre fallas, ya que facilita evaluar la eficiencia del mantenimiento preventivo. También permite efectuar estudios para mejorar la fiabilidad y mantenibilidad de los equipos.

Para la realización de este indicador se debe tener un registro documental de los mantenimientos trabajados anteriormente, intervenciones, tiempos utilizados y partes utilizadas, entre otros. El cálculo de este indicador es dividir el cociente de horas trabajadas entre el número de paradas que tuvo la máquina.

$$MTBF = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Número de paradas}}$$

Fuente: LEAL, Sandra L, ZAMBRANO R. SONY A, *Índices e Indicadores de Gestión de Mantenimiento en las Pymes del Estado Táchira*. p. 4.

### **3.7.4. Indicador de tiempo medio para mantenimiento o reparaciones**

Permite determinar el tiempo que se invertirá en reparar una falla mecánica en los equipos y, a su vez, disminuir los tiempos de parada, ya que al conocer el tiempo que se tardará en hacer el mantenimiento se pueden realizar estudios para conocer cuáles son los mantenimientos, repuestos, equipos y herramientas. Para calcularlo se divide el cociente de horas en reparación entre el número de paradas.

$$MTTR = \frac{\text{Horas en reparación}}{\text{Número de paradas}}$$

Fuente: LEAL, Sandra L, ZAMBRANO R. SONY A. *Índices e Indicadores de Gestión de Mantenimiento en las Pymes del Estado Táchira*. p. 5.

### **3.8. Costos de materiales para el mantenimiento**

Los costos de los materiales para el mantenimiento correctivo y preventivo son diferentes. El preventivo busca ser planeado para que no afecte los suministros y servicios que ofrece la caldera, mientras que los costos del correctivo son más altos porque no se planean, en comparación con el mantenimiento preventivo.

#### **3.8.1. Preventivo**

El costo del mantenimiento preventivo busca la prevención o predicción de una posible falla; es planeado y programado, por lo tanto, busca reducir a largo plazo los costos del mantenimiento correctivo.

#### **3.8.2. Correctivo**

El mantenimiento correctivo repara la falla hasta que se presente. Sin embargo. Se debe de tomar en cuenta que en caso se presente la falla y el equipo pueda seguir funcionando de forma adecuada y segura, se puede programar en un día y fecha específico, para evitar la parada del suministro de vapor que ofrece la caldera.

### **3.9. Costos de operación**

La importancia de realizar un análisis en los costos de operación de la caldera tiene relación con dos factores. El primero es la confiabilidad en el suministro de vapor y el segundo, la operación con buenos niveles de eficiencia.

Ambos factores tienen una relación intrínseca de la operación con el menor costo posible, primero por el costo de una falla imprevista con el suministro de vapor y el segundo, con la eficiencia.

#### **3.9.1. Análisis del ciclo de vida y de la posible renovación de equipos**

El análisis del ciclo de vida de una caldera depende de las condiciones en las que está trabajando, si se ha realizado correcta y periódicamente los mantenimientos. Asimismo, influye en una presión adecuada en el circuito de calefacción que no esté bien presurizado y presente fugas, lo cual obliga a la caldera a realizar un sobreesfuerzo que, a la larga, le perjudica. También es necesario verificar constantemente el nivel de agua, que sea suficiente y constante, para evitar sobrecalentamientos. Todos estos factores influyen en la vida útil de la caldera.

La propuesta para una renovación de equipos es comprobar cuántos años tiene de uso. Aproximadamente, si una caldera tiene entre 10 – 15 años, va a requerir más atención a los indicadores antes propuestos, porque cada vez es más posible predecir sus averías. Sin embargo, en la sala de calderas de la subdirección, las calderas cuentan con 20 años aproximadamente y se encuentran funcionando óptimamente, pero puede que consuman más combustible para conseguir la temperatura deseada, por lo cual su eficiencia y rendimiento cada vez son menores. Para la adquisición de una nueva caldera se debe tomar en cuenta el presupuesto estimado por la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento.



## **4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

### **4.1. Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento**

La implementación de la propuesta se basa fundamentalmente en las políticas que ayudan a definir el correcto funcionamiento y tratamiento que se les debe de brindar a las calderas. Así mismo, definir los objetivos y responsabilidades que tiene cada puesto de trabajo, con el fin de garantizar que las calderas tengan un mantenimiento adecuado y eficiente.

Un registro documental de todas las inspecciones y rutinas de mantenimiento se realiza con la finalidad de llevar un control de los tiempos necesarios para reparar las fallas o averías presentadas durante el funcionamiento de las calderas, así como documentar los indicadores necesarios y los tipos de fallas presentadas para la toma de decisiones. También cumple con un cronograma de actividades planificadas para cada mes, con el fin de evitar cualquier inconveniente presentado.

#### **4.1.1. Políticas y objetivos de mantenimiento**

Las políticas y objetivos que se implementan en el sistema de planificación garantizan que los mantenimientos que se brindan a las calderas sean óptimos y eficientes, con el fin de aumentar la vida útil de las mismas.

A continuación, se definen las políticas implementadas para garantizar el mantenimiento de las calderas.

- Evaluación periódica y mejora continua de los procesos de mantenimiento.
- Garantizar la integridad de los equipos a través de una operación óptima en toda su vida útil.
- Capacitar al personal en el desarrollo de las competencias y habilidades en el mantenimiento industrial.
- Asegurar que el recurso humano que brinde los mantenimientos comprenda esta política y apoyen en el cumplimiento.
- Asegurar que las actividades del mantenimiento preventivo sean planificadas, para evitar paros no planeados.

A continuación, se definen los objetivos implementados para el sistema de planificación.

- Establecer lineamientos y principios necesarios para el cumplimiento de las políticas.
- Mejorar el control en la documentación de cada mantenimiento de las calderas.
- Disminuir un 20 % el índice de disponibilidad.
- Mejorar la eficiencia de las calderas, mediante el control de los mantenimientos y el aumento de la vida útil de las calderas.
- Cumplir con el 80 % en el índice de disponibilidad.

- Efectuar el 75 % de los mantenimientos preventivos planeados para disminuir para disminuir los paros no deseados.

#### **4.1.2. Funciones y responsabilidades**

Al implementar las políticas y objetivos se determinaron las responsabilidades y las funciones que debe tener el personal de la subdirección de Ingeniería y Mantenimiento. Cada puesto de trabajo desempeña diferentes actividades gestionadas para garantizar que se cumplan las políticas.

A continuación, se detallan las funciones y responsabilidades de los operadores encargados de los mantenimientos.

Tabla II. **Funciones y responsabilidades**

<b>Responsable</b>	<b>Funciones y responsabilidades</b>
Jefe de la subdirección de Ingeniería y Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar que se cumplen los objetivos del sistema.</li> <li>• Elaborar el presupuesto de mantenimiento.</li> <li>• Definir las políticas de la Subdirección de acuerdo con los objetivos del sistema.</li> </ul>
Supervisor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar un plan de mantenimiento y velar por el cumplimiento del mismo.</li> <li>• Planificar el mantenimiento programado.</li> <li>• Elaborar informes periódicos de mantenimiento para analizar los resultados.</li> <li>• Analizar los indicadores del mantenimiento.</li> </ul>
Operario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar informes de fallas mecánicas.</li> <li>• Chequeo diario de la caldera antes de iniciar la jornada de trabajo.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

#### **4.1.3. Metodología de planes de mantenimiento**

Consiste en implementar las políticas y objetivos para determinar las normas que deben seguirse y asignar responsabilidades para garantizar que los objetivos sean alcanzados.

#### **4.1.4. Registro y control de los mantenimientos**

El registrar todos los mantenimientos o inspecciones realizados ayuda a tener un buen control de las fallas o posibles fallas que puedan presentarse; así mismo, se verifica que los mantenimientos planificados sean brindados en la fecha previamente fijada, evitando que un mantenimiento mayor pueda presentarse y hacer paradas no deseadas.

##### **4.1.4.1. Procedimientos de trabajo**

Para asegurar que las tareas, inspecciones o reparaciones siempre se realicen de la misma forma, se recaba información para obtener datos históricos. En general, los procedimientos de trabajo son de forma técnica debido a que detallan cómo proceder en determinadas situaciones, cómo actuar de manera técnica, cómo se realizan las inspecciones de forma correcta y la calibración de las herramientas y elementos necesarios para cumplir con estándares establecidos por la subdirección.

#### **4.2. Recurso humano**

Es contar con la mano de obra calificada para realizar los procedimientos de trabajo de forma que se garantiza que se realicen de forma correcta. La importancia del recurso humano es para cumplir y ejecutar las actividades de mantenimiento programadas. Es necesario contar con operadores calificados para garantizar que los mantenimientos hayan sido efectuados de forma correcta y sean capaces de intervenir en las tareas, de actuar y resolver cualquier problema que pueda presentarse y así aumentar la vida útil.

Para ello es necesario tomar en cuenta cuatro partes importantes, como la inducción, capacitación, procedimientos de trabajo y el equipamiento que todo el recurso humano debe poseer para cumplir con los objetivos del sistema.

#### **4.2.1. Inducciones**

Las inducciones a los nuevos trabajadores e inclusive al personal que ya se encuentra laborando es esencial para el cumplimiento de los objetivos y las políticas del sistema, porque el personal adquiere los conocimientos y las habilidades para ser miembros efectivos y asertivos. Las inducciones suelen incluir una gran variedad de temas, como contratos de trabajo, políticas, uso adecuado de equipos y herramientas, conocer la misión y visión de la organización.

#### **4.2.2. Capacitación**

La capacitación es la formación específica que los trabajadores nuevos y los que ya laboran dentro del nosocomio deben adquirir, con el fin de desarrollar las habilidades operativas y conocimientos para desempeñar los procedimientos de trabajo de las inspecciones y mantenimientos correctivo y preventivo.

Esta formación está relacionada con el mantenimiento mecánico, mantenimiento eléctrico y el control y documentación de mantenimiento preventivo y correctivo. Dependiendo del carácter específico van a depender los puestos de trabajo.

A continuación, se presentan las capacitaciones necesarias que el personal debe recibir.

Tabla III. **Cursos de capacitación**

<b>Curso</b>	<b>A quien va dirigido</b>	<b>Duración</b>
Curso de Operador de calderas	Personal de operación	32 horas.
Curso de mantenimiento Mecánico	Personal de mantenimiento	16 horas
Curso de Mantenimiento de la instrumentación	Personal de mantenimiento	16 horas
Curso de gestión del mantenimiento	Personal de mantenimiento	24 horas
Curso de técnicas de mantenimiento preventivo y correctivo	Personal de mantenimiento	40 horas
Curso de riesgos laborales	Todo el personal	16 horas

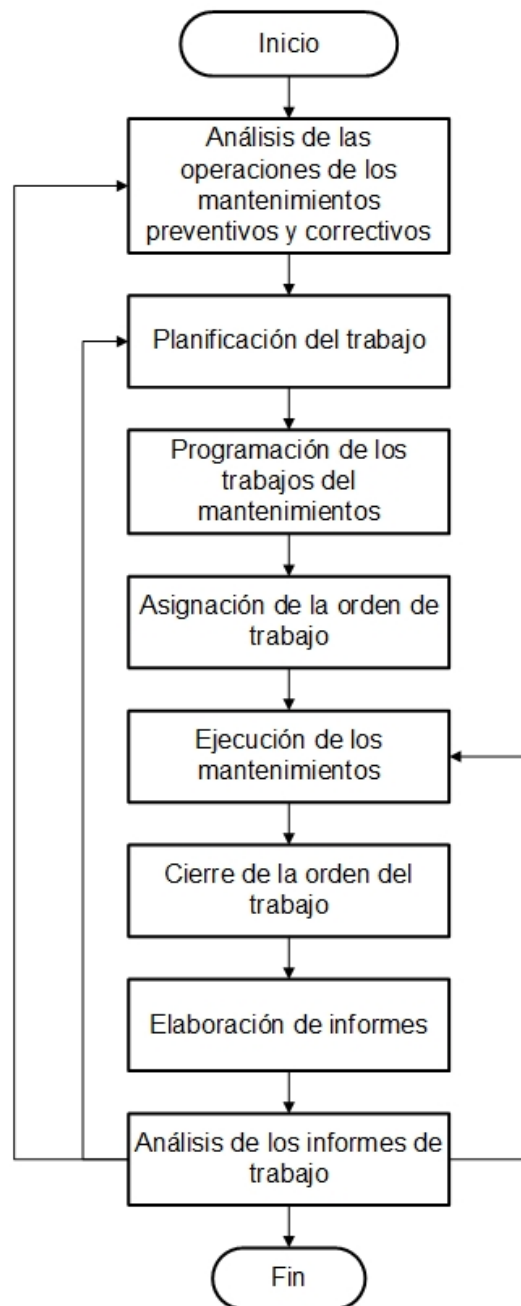
Fuente: elaboración propia.

#### **4.2.3. Procedimientos de trabajo**

Los procedimientos de trabajo enfocados en el recurso humano son el conjunto de normas que son puestas por la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento. Los trabajadores son los encargados de la realización de los mantenimientos planificados, de los informes y la inspección de los registros.

A continuación, se describe de forma gráfica la secuencia de los procedimientos de trabajo realizados por el personal de la Subdirección.

Figura 14. Diagrama de flujo de los procedimientos de trabajo



Fuente: elaboración propia.



#### **4.2.4. Equipamiento**

El equipo de protección personal que utiliza el recurso humano para entrar a laborar a la sala de calderas depende de los trabajos a realizar, ya que cada puesto de trabajo tiene diferentes riesgos laborales (estos riesgos serán más detallados en el plan de seguridad); sin embargo, el equipo básico de protección personal para el área de caldera es el siguiente:

- Casco de seguridad
- Barbiquejo
- Guantes
- Taponos auditivos
- Botas de seguridad
- Camisa o bata con reflectivo
- Lentes de seguridad

#### **4.3. Plan de seguridad**

La implementación de un plan de seguridad cumple con la normativa nacional vigente, en este caso el Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016. Este plan asegura las condiciones de trabajo mínimas para que el recurso humano pueda hacer su labor de forma más segura y eficiente, reduciendo los accidentes, dotándolos de equipos de protección personal indispensables y capacitando en los procedimientos de trabajos.

El plan de seguridad se sostiene por tres partes fundamentales: una es la política de seguridad industrial, en donde se definen todas las normas que deben cumplir los operadores de las calderas; las condiciones de trabajo en donde están evaluadas la parte de iluminación, el ruido industrial, el calor y la temperatura y la ventilación industrial. Y, por último, la matriz de riesgos en donde se detallan de forma matricial las actividades de trabajo y el porcentaje de riesgo que conllevan esas actividades, para evaluar cuán riesgosa es esa actividad.

A continuación, se definen las políticas implementadas dentro de la sala de calderas.

- Políticas de seguridad industrial
  - Cumplir con los requisitos legales a los que la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Roosevelt se adhiera en materia de Seguridad Industrial.
  - Proteger la integridad y salud de los trabajadores, la seguridad de las instalaciones y de las calderas.
  - Establecer mecanismos de capacitación y control que potencialicen la adopción de buenas prácticas de seguridad industrial.
  - Prevenir las lesiones, dolencias o accidentes e incidentes a los trabajadores.

#### **4.3.1. Condiciones de trabajo**

El principal objetivo en las condiciones de trabajo es la reducción de los riesgos laborales para que los operadores, dentro de la sala de calderas, no tengan accidentes o incidentes.

La implementación de las condiciones de trabajo disminuye los factores de riesgos que puedan existir en la sala de calderas, por lo cual se están tomando cuatro factores principales que a continuación se detallan.

#### **4.3.1.1. Luminosidad**

Al implementar una buena luminosidad aumenta la visibilidad de las partes dentro de la sala de calderas. Se implementa una cantidad de 100 a 750 luxes para los trabajos de rutina como las inspecciones y los trabajos mecánicos de mantenimiento.

#### **4.3.1.2. Ruido industrial**

El ruido industrial es una condición de trabajo que eventualmente no se puede eliminar o reducir, por lo que se implementa la utilización de tapones auditivos o protectores auditivos de forma de copa, con el fin de disminuir el ruido a un riesgo tolerable y que no produzca en el futuro una enfermedad ocupacional.

#### **4.3.1.3. Calor y temperatura**

Al tomar en cuenta los factores de calor y temperatura dentro de la sala de calderas se puede implementar un sistema de ventilación como extractores, para evitar el aumento de calor y temperatura dentro de la sala, evitar en el posible choque térmico a los operadores y disminuir de gran manera las posibles enfermedades bronco respiratorias.

#### **4.3.1.4. Ventilación industrial**

Tomando en cuenta los factores de riesgo como el calor y temperatura, se implementa un sistema de extracción para evitar que el aire caliente producido por la caldera se mantenga en el ambiente y ocasionan factores como fatiga. Por ende, se debe colocar dos extractores, para que haya una cantidad de aire óptimo.

#### **4.3.2. Matriz de riesgos**

La matriz de riesgos es una forma matricial de observar las actividades que realiza cada puesto de trabajo y determinar de forma numérica la cantidad de riesgo al cual está expuesto cada trabajador.

La matriz de riesgos está conformada por 7 elementos que ayudan a verificar si existe algún riesgo en las actividades que realiza cada trabajador regularmente. Estos elementos son: las actividades que realiza cada puesto de trabajo, los peligros y riesgos que conllevan el realizar las mismas.

Los índices de probabilidad indican que valor numérico se le asigna a cada riesgo dependiendo de la cantidad de personas que trabajan en esas actividades. Estos índices son:

- Índice de personas expuestas (IPR):
  - Índice 1: de 1 a 3 personas
  - Índice 2: de 4 a 12 personas
  - Índice 3: más de 12 personas

- Índice de procedimientos existentes (IPE)
  - Índice 1: existen son satisfactorios y suficientes
  - Índice 2: existen parcialmente y no son satisfactorios o suficientes.
  - Índice 3: no existen
  
- Índice de capacitación (IC)
  - Índice 1: personal enterado. Conoce el peligro y lo previene.
  - Índice 2: personal parcialmente enterado, conoce el peligro, pero no toma acciones de control.
  - Índice 3: personal no enterado, no conoce peligros, no toma acciones de control.
  
- Índice de exposición de riesgo (IER)
  - Índice 1: al menos una vez al año, esporádicamente.
  - Índice 2: al menos una vez al mes, eventualmente
  - Índice 3: al menos una vez al día, permanentemente
  
- Índice de probabilidad (IP)
  - Nivel bajo: el daño ocurrirá raras veces
  - Nivel medio: el daño ocurrirá en algunas ocasiones
  - Nivel alto: el daño ocurrirá siempre o casi siempre
  
- Índice de severidad (IS)
  - Índice 1: lesión sin incapacidad, lesión no incapacita a la persona.
  - Índice 2: lesión con incapacidad temporal. Lesiones por posición ergonómica.
  - Índice 3: lesión con incapacidad permanente. Enfermedades ocupacionales permanentes.

- El índice de riesgo indica si el nivel de riesgo es tolerable para realizar las actividades necesarias.

Tabla IV. Índice de valoración de riesgo

Valor	Interpretación	Riesgo significativo
Intolerable (25 – 36)	No se debe de continuar con el trabajo hasta que se reduzca el riesgo.	Si
Importante (17 – 24)	No se debe de continuar con el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Puede que se requieran recursos considerables para controlar el riesgo.	Si
Moderado (9 – 16)	Se deben de tomar las medidas para disminuir el riesgo, determinando las inversiones precisas en un periodo determinado.	No
Tolerable (5 - 8)	No se necesitan tomar acciones preventivas. Se puede continuar con el trabajo.	No
Trivial (4)	No se necesita tomar ninguna acción.	No

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Matriz de riesgos jefe de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento**

Actividad	Riesgo	Peligro	Índice de probabilidad					IS	Índice de riesgo	Nivel de riesgo
			IPR	IPE	IC	IER	IP			
Supervisión del trabajo Asegurar que se cumplen los objetivos del sistema.	Caida al mismo o diferente nivel	Mecánico	1	2	1	3	7	1	7	Tolerable
	Movimientos repetitivos	Ergonómico	1	2	1	3	7	12	7	Tolerable
Elaborar el presupuesto de mantenimiento.	Posturas prolongadas	Ergonómico	1	2	1	3	7	1	7	Tolerable
	Control sobre el trabajo	Psicosocial	1	2	1	3	7	1	7	Tolerable
Definir las políticas de la Subdirección de acuerdo a los objetivos del sistema	Uso de pantallas de visualización de datos	Psicosocial	1	2	1	3	7	1	7	Tolerable
	Exigencias psicológicas en el trabajo	Psicosocial	1	2	1	3	7	1	7	Tolerable

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Matriz de riesgos del supervisor**

Actividad	Riesgo	Peligro	Índice de probabilidad						IS	índice de riesgo	Nivel de riesgo
			IPR	IPE	IC	IER	IP				
Elaborar un plan de mantenimiento y velar por el cumplimiento del mismo. Planificar el mantenimiento programado. Analizar los indicadores del mantenimiento.	Caída al mismo o diferente nivel	Mecánico	1	2	1	3	7	1	7	Tolerable	
	Movimientos repetitivos	Ergonómico	1	2	1	3	7	12	7	Tolerable	
	Posturas prolongadas	Ergonómico	1	2	1	3	7	1	7	Tolerable	
	Control sobre el trabajo	Psicosocial	1	2	1	3	7	1	7	Tolerable	
	Uso de pantallas de visualización de datos	Psicosocial	1	2	1	3	7	1	7	Tolerable	
	Exigencias psicológicas en el trabajo	Psicosocial	1	2	1	3	7	1	7	Tolerable	

Fuente: elaboración propia.



Tabla VII. **Matriz de riesgos del operador**

Actividad	Riesgo	Peligro	Índice de probabilidad					IS	índice de riesgo	Nivel de riesgo
			IPR	IPE	IC	IER	IP			
Elaborar informes periódicos de mantenimiento para analizar los resultados	Caida al mismo o diferente nivel	Mecánico	2	2	1	3	7	1	7	Tolerable
	Movimientos repetitivos	Ergonómico	2	2	1	3	7	12	7	Tolerable
Elaborar informes de fallas mecánicas.	Posturas prolongadas	Ergonómico	2	2	1	3	7	1	7	Tolerable
	Material particulado	Psicosocial	2	2	1	3	7	1	7	Tolerable
Chequeo diario de la caldera antes de iniciar la jornada de trabajo	Golpes, mascones, cortes	Psicosocial	2	2	1	3	7	1	7	Tolerable
	Exigencias psicológicas en el trabajo	Psicosocial	2	2	1	3	7	1	7	Tolerable

Fuente: elaboración propia.

#### **4.4. Plan de mantenimiento**

“Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas preventivas a realizar en una instalación con el fin de cumplir unos objetivos de disponibilidad, de fiabilidad, de coste y con el objetivo final de aumentar al máximo posible la vida útil de la instalación.”<sup>12</sup>

El plan de mantenimiento del sistema está compuesto, en primer lugar, por los registros y reportes de los mantenimientos en los cuales se detalla cuáles son las posibles fallas que se detectaron en las calderas, durante la jornada laboral. Así mismo, para el plan de mantenimiento es necesario contar con carpetas de servicio o carpetas de registro histórico en donde se detallan las solicitudes de órdenes de trabajo aprobadas, para documentar cualquier inconveniente que pudo presentarse durante la ejecución de las tareas.

La otra parte fundamental es la planificación de los mantenimientos programados, ya que al tener y seguir una frecuencia fijada se puede garantizar que la vida útil de los equipos aumente y evitar un posible fallo.

##### **4.4.1. Reportes de mantenimiento**

Los reportes del mantenimiento se utilizan para llevar un registro de forma física y digital en donde se detallen las fallas de los mecanismos y determine cómo fue solucionado. Estos reportes servirán para llevar un registro histórico para futuras situaciones que se presenten, y así disminuir el tiempo del mantenimiento que se les brinde.

---

<sup>12</sup> RENOVETEC. *Plan de mantenimiento*. <http://mantenimiento.renovetec.com/plan-de-mantenimiento#:~:text=Un%20plan%20de%20mantenimiento%20es,vida%20%C3%BAtil%20de%20la%20instalaci%C3%B3n>.

Estos reportes serán registrados en las carpetas de servicios en las que se llevarán todos los registros formales e informales de cualquier inspección o cambio de piezas que se les haga a las calderas, con el fin de obtener una mejor información de todos los procedimientos que puedan presentarse.

#### **4.4.1.1. Carpetas de servicios**

Las carpetas de servicios están conformadas por las solicitudes de las órdenes de trabajo necesarias para hacer los mantenimientos, si fuese necesario y los registros de los reportes de los mantenimientos.

##### **4.4.1.1.1. Registros y solicitudes**

Los registros sirven de base para la conformación de datos históricos en los cuales se detalla de manera precisa cómo se han hecho las inspecciones o algún tipo de mantenimiento oportuno o no programado. Estos registros llevan todos los procedimientos necesarios para cumplir con los requisitos que garanticen el mantenimiento a las calderas. Estos procedimientos son:

- La generación de las ordenes de trabajo.
- La aprobación de las ordenes de trabajo
- La preparación de la ejecución de las ordenes de trabajo
- Ejecución de las ordenes de trabajo
- Entrega
- Supervisión e informes.

#### **4.5. Rutinas de mantenimiento preventivo y correctivo a las calderas Cleaver Brooks c8600-300 (1) y Cleaver Brooks 4-0321-006 (2)**

Las rutinas del mantenimiento tanto preventivo como correctivo son implantadas en tres períodos menores a 10 horas de uso que son las inspecciones diarias; las de 250 horas de uso que conlleva a una inspección o verificación de todo las válvulas y los sistemas eléctricos y por ultimo las de 500 horas de uso en las cuales se verifica que todos los componentes mecánicos y eléctricos estén funcionando de manera adecuada para evitar alguna posible falla.

##### **4.5.1.1. Menor 10 horas de uso**

Las rutinas de mantenimiento menores a 10 horas se verifican que los componentes de las calderas están en óptimo funcionamiento para realizar las tareas cotidianas. Así mismo, estas rutinas de mantenimiento dan un parámetro para establecer el estado de las piezas y calcular de una forma más exacta cuando se podrá producir alguna falla.

##### **4.5.1.1.1. Caldera pirotubular cleaver brooks c8600-300 (1)**

La caldera 1, se le debe de realizar, una inspección menor a las 10 hora de uso para para garantizar que los componentes estén en buen estado para su funcionamiento.

#### **4.5.1.1.2. Caldera cleaver brooks 4-0321-006 (2)**

Con la inspección de la caldera 2, se garantizará que los componentes estén en buen estado para su funcionamiento.

#### **4.5.1.1.3. Bitácoras e informes**

Las bitácoras ayudan a llevar un mejor control sobre las calderas 1 y 2, para evitar que empiecen a laborar de forma inadecuada durante el periodo de uso. El siguiente formato debe de llenarse antes de la utilización de las mismas, para evitar paros no deseados.

Figura 15. **Hoja para bitácora menor a 10 horas**

	<b>Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento</b>	Código: SCI10
	<b>Sala de calderas</b>	Fecha: feb 2020
<b>Inspección menor a 10 horas</b>		

Encargado de la inspección: \_\_\_\_\_

Fecha y hora: \_\_\_\_\_

Caldera: \_\_\_\_\_

Nombre de las piezas a inspeccionar	Cumple		Observaciones
	Si	No	
Fugas de agua, vapor y gases de combustión			
Inspección línea de alimentación			
Filtro de alimentación			
Chequear el quemador			
Combustion			
Niveles de operación			
Válvula de purga de nivel			
Valvulas de seguridad			

Firma: \_\_\_\_\_

Fuente: elaboración propia.

#### **4.5.1.2. Cada 250 horas de uso**

Las rutinas de mantenimiento cada 250 horas indican cómo están funcionando los componentes mecánicos y eléctricos, entre otros, y permiten corroborar que no haya alguna pieza que esté fisurada o quebrada. Si algún componente se encuentra de forma no segura para las máquinas y los operadores, se solicita una orden de trabajo para repararla.

#### **4.5.1.2.1. Caldera pirotubular cleaver brooks c8600-300 (1)**

Al realizar una rutina de mantenimiento de 250 horas de uso, verificar si los componentes, tanto electrónicos como válvulas en general, estén funcionando de manera óptima y si es necesario hacer alguna reparación.

#### **4.5.1.2.2. Caldera cleaver brooks 4-0321-006 (2)**

Al igual que la caldera 1, a la caldera 2 se le debe de realizar una rutina de mantenimiento y verificar que los componentes estén funcionando de manera óptima.

#### **4.5.1.2.3. Bitácoras e informes**

Las bitácoras ayudaran a llevar un mejor control sobre las calderas 1 y 2, durante su periodo de uso, se debe verificar todos los componentes descritos en la hoja de bitácora de 250 horas y comprobar que las piezas estén en buen estado, sin fisuras o desgastes, para evitar que haya paros no deseados durante el periodo de uso de las calderas.

Figura 16. Hoja para bitácora de 250 horas

	<b>Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento</b>	Código: SC110
	<b>Sala de calderas</b>	Fecha: feb 2020
<b>Inspección 250 horas</b>		

Encargado de la inspección: \_\_\_\_\_  
 Fecha y hora: \_\_\_\_\_  
 Caldera: \_\_\_\_\_

Nombre de las piezas a inspeccionar	Cumple		Observaciones
	Si	No	
Terminales			
Fusibles			
Presurestol			
Termostatos y contactores			
Boquillas			
Electrodos			
Fotoceldas			
Malla del ventilador			
Aisladores de ignición			
Cables de ignición			
Tubo de nivel			
Valvulas en general			

Firma: \_\_\_\_\_

Fuente: elaboración propia.

#### 4.5.1.3. Cada 500 horas de uso

Las rutinas de mantenimiento cada 500 horas, son las últimas antes de realizar un mantenimiento correctivo formal, para inspeccionar si los componentes presentan problemas mecánicos y proceder la orden de trabajo para reparar las fallas presentes.



#### **4.5.1.3.1. Caldera pirotubular cleaver brooks c8600-300 (1)**

La realización de una rutina de mantenimiento de 500 horas es para registrar si los componentes revisados anteriormente tienen alguna falla y tomar la decisión si es necesario la reparación o puede esperar hasta el mantenimiento formal.

#### **4.5.1.3.2. Caldera cleaver brooks 4-0321-006 (2)**

A la caldera 2 se le realiza una rutina de mantenimiento de 500 horas al igual que a la caldera 1, para registrar los componentes y decidir si realizar un mantenimiento o si puede prolongarse hasta el mantenimiento formal.

#### **4.5.1.3.3. Bitácoras e informes**

Las bitácoras ayudaran a llevar un mejor control sobre las calderas 1 y 2 durante su periodo de uso verifica todos los componentes descritos en la hoja de bitácora de 500 horas. Se comprueba que las piezas estén en buen estado sin fisuras o desgastes, para evitar paros no deseados durante el periodo de uso de las calderas.

Figura 17. Hoja para bitácora de 500 horas

	<b>Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento</b>	Código: SCI10
	<b>Sala de calderas</b>	Fecha: feb 2020
<b>Inspección 500 horas</b>		

Encargado de la inspección: \_\_\_\_\_

Fecha y hora: \_\_\_\_\_

Caldera: \_\_\_\_\_

Nombre de las piezas a inspeccionar	Cumple		Observaciones
	Si	No	
Tubos de fuego			
Conexiones y línea de alimentación			
Material refractario			
Empaques			
Pernos y tuercas de puertas			
Niveles de operación			
Flotador			
Malla del ventilador			
Aisladores de ignición			
Cables de ignición			
Manómetros			
Valvula de purga de nivel			

Firma: \_\_\_\_\_

Fuente: elaboración propia.

#### **4.6. Implementación de un tablero de control**

Un tablero de control es una herramienta con la cual se ayuda a diagnosticar adecuadamente la situación actual y futura de los mantenimientos. Así mismo, verifica en qué momento es necesario realizar un mantenimiento preventivo y correctivo, para tener un registro histórico que permita evaluar y darle seguimiento de forma periódica.

También permite hacer seguimiento diario o semanal a la sala de caldera para la tomar las medidas correctivas o preventivas necesarias. Este tablero muestra la información necesaria para la toma de decisiones operativas al realizar órdenes de compra, fechas de mantenimientos, periodo de uso de las calderas, ente otros.

##### **4.6.1. Cronograma de actividades del mantenimiento**

El cronograma de actividades indica el periodo en el cual se le debe realizar las inspecciones y los mantenimientos de las calderas para un óptimo funcionamiento de las mismas.

Tabla VIII. Cronograma de actividades para las calderas pirotubular  
Cleaver Brooks c8600-300

Nombre de la operación	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Cuerpo de la caldera</b>																								
Limpieza lado de agua																								
Limpieza lado de fuego																								
Fuga en los tubos de fuego																								
Conexiones y línea de alimentación																								
Revisión de material refractario																								
Cambio de empaque																								
Inspección de pernos y tuercas de puertas																								
Fugas de agua, vapor y gases de combustión																								
<b>Sistema de combustible</b>																								
Inspección línea de alimentación																								
Filtro de alimentación																								
Fajas de transmisión																								
Alineación bomba de motor																								
Bomba de tanque principal a tanque diario																								
Inspección válvulas senoidales																								
<b>Sistema eléctrico</b>																								
terminales																								
Platinos																								
Fusibles																								
programador																								
presurestol																								
capsulas de mercurio																								
termoestados y contactores																								
<b>Quemador y sus partes</b>																								
Chequear el quemador																								
Revisar las boquillas																								
Limpiar el quemador																								
Limpiar electrodos																								
Revisar aisladores de ignición																								
Revisar cables de ignición																								
Piloto de gas																								
Fotoceldas																								
Combustión																								
<b>Sistema de aire secundario</b>																								
Limpieza de malla del ventilador																								
Lubricación del motor ventilador																								
Temperatura de cojinetes																								
fajas de transmisión																								
vibraciones del motor ventilador																								

Continuación de la tabla X.

<b>Control de nivel de agua</b>																					
Tubo de nivel																					
Niveles de operación																					
Limpieza del flotador																					
Diafragma del flotador																					
Columna Mc Donell																					
Válvula de purga de nivel																					
<b>Otros</b>																					
Válvulas de seguridad																					
Termómetros																					
Válvulas en general																					
Trampa de vapor del precalentador de combusti																					
Limpieza de la chimenea																					
Pintura general																					
Manómetros																					

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Cronograma de actividades para las caldera Cleaver Brooks  
4-0321-006

Nombre de la operación	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Cuerpo de la caldera</b>																								
Limpieza lado de agua																								
Limpieza lado de fuego																								
Fuga en los tubos de fuego																								
Conexiones y línea de alimentación																								
Revisión de material refractario																								
Cambio de empaque																								
Inspección de pernos y tuercas de puertas																								
Fugas de agua, vapor y gases de combustión																								
<b>Sistema de combustible</b>																								
Inspección línea de alimentación																								
Filtro de alimentación																								
Fajas de transmisión																								
Alineación bomba de motor																								
Bomba de tanque principal a tanque diario																								
Inspección válvulas senoidales																								
<b>Sistema eléctrico</b>																								
terminales																								
Platinos																								
Fusibles																								
programador																								
presurestol																								
capsulas de mercurio																								
termoestados y contactores																								
<b>Quemador y sus partes</b>																								
Chequear el quemador																								
Revisar las boquillas																								
Limpiar el quemador																								
Limpiar electrodos																								
Revisar aisladores de ignición																								
Revisar cables de ignición																								
Piloto de gas																								
Fotoceldas																								
Combustión																								
<b>Sistema de aire secundario</b>																								
Limpieza de malla del ventilador																								
Lubricación del motor ventilador																								
Temperatura de cojinetes																								
fajas de transmisión																								
vibraciones del motor ventilador																								

Continuación de la tabla XI.

<b>Control de nivel de agua</b>																			
Tubo de nivel																			
Niveles de operación																			
Limpieza del flotador																			
Diafragma del flotador																			
Columna Mc Donell																			
Válvula de purga de nivel																			
<b>Otros</b>																			
Válvulas de seguridad																			
Termómetros																			
Válvulas en general																			
Trampa de vapor del precalentador de combusti																			
Limpieza de la chimenea																			
Pintura general																			
Manómetros																			

Fuente: elaboración propia.

## **4.7. Indicadores de referencia**

Cada caldera cuenta con los mismos indicadores de referencia. Estos ayudarán a medir la eficacia y el rendimiento. Estos se deben de conocer para controlar, evaluar e interpretar los valores obtenidos por cada indicador y con ello tomar decisiones que ayuden a obtener una mayor utilidad en las máquinas.

### **4.7.1. Indicador de disponibilidad mecánica**

El indicador de disponibilidad mecánica ayuda a obtener el valor de cuántas horas la caldera está disponible. El rango de valores obtenidos dependerá de las horas trabajadas y de los paros que hubo durante la jornada; sin embargo, para las calderas es necesario obtener un valor mayor al 0,7 para obtener una eficiente disponibilidad mecánica.

- Si  $DM = 1$ , se encuentra funcionando en óptimas condiciones.
- Si  $DM > 0,7$ , se encuentra en buenas condiciones.
- Si  $DM < 0,69$ , hay algún problema

Estos valores indican los rangos de valores que pueden ser obtenidos por medio del indicador de disponibilidad mecánica.

### **4.7.2. Indicador de utilización**

El indicador de utilización ayuda a controlar que tanto se ha usado las calderas en un periodo de tiempo. Es necesario obtener un valor de 0,75 en el indicador de utilización.



- Si  $DM = 1$ , la utilización del equipo es el óptimo.
- Si  $DM > 0,7$ , la utilización del equipo es buena.
- Si  $DM < 0,69$ , la utilización del equipo es mala y necesita mejorarse.

Estos rangos de valores son los que pueden ser obtenidos por medio del indicador de utilización.

#### **4.7.3. Indicador de tiempo medio entre fallas**

Este indicador permite evaluar la eficiencia de los mantenimientos que se les ha realizado a las calderas, ya que permite la toma de decisiones preventivas y correctivas para que los mantenimientos futuros sean de mejor calidad. Así mismo, este indicador permite llevar un registro histórico que con la ayuda de las bitácoras y las rutinas del mantenimiento se puede verificar cuán seguido se ha realizado el mantenimiento y así disminuir el tiempo entre paradas.

Este indicador debe ser mayor a uno, porque si en caso fuese menor a uno significaría que el número de paradas hace que las calderas tengan una deficiente utilización.

#### **4.7.4. Indicador de tiempo medio para mantenimiento o reparaciones**

Este indicador determina cuanto tiempo se invertirá en cada reparación o avería que las calderas puedan presentar. Este indicador debe registrarse y documentarse para tener un control acerca del tiempo que tomarán ciertas reparaciones futuras. El valor del indicador dependerá del tipo de falla que se haya presentado y las horas que se tarde en reparar esa falla.

Tabla X. **Indicadores**

<b>Nombre</b>	<b>Fórmula</b>
Indicador de disponibilidad mecánica.	$DM = \frac{\textit{Horas trabajadas}}{\textit{Horas trabajadas} + \textit{Horas paradas}}$
Indicador de utilización.	$U = \frac{\textit{Horas utilizadas}}{\textit{Horas de disponibilidad}}$
Indicador de tiempo medio entre fallas.	$MTBF = \frac{\textit{Horas trabajadas}}{\textit{Número de paradas}}$
Indicador de tiempo medio para mantenimiento o reparaciones.	$MTTR = \frac{\textit{Horas en reparación}}{\textit{Número de paradas}}$

Fuente: elaboración propia.

#### 4.8. Informes de intervención de mantenimiento

Se obtienen registros históricos de las fallas que se presenten durante la utilización de las calderas. Estos informes deben presentar un registro fotográfico de la parte en donde se encuentra falla. Al verificar la falla en las calderas se debe clasificar en falla tardía o temprana y determinar la causa raíz. Así mismo, se describe el mecanismo utilizado para la reparación de esta, y se registra en las bitácoras la hora y el día en el cual se manifestó la falla. Igualmente, se debe de contar con las órdenes de trabajo para llevar un mejor control desde la gerencia hasta los operadores y no incurrir en problemas de comunicación.

A continuación, se mencionan las posibles fallas que puedan presentarse durante la utilización de las calderas.

#### **4.8.1. Clasificación de fallas**

Las fallas suelen tener distintas causas, debido a ello se deben clasificar según sea conveniente para tener un registro histórico y así tomar decisiones futuras de cómo solucionar las fallas o averías.

##### **4.8.1.1. Fallas tempranas**

Las fallas tempranas ocurren al principio de la vida útil de los equipos. Suelen presentarse al principio de los mantenimientos correctivos y pueden ser ocasionados por problemas de los materiales o un mantenimiento deficiente.

###### **4.8.1.1.1. Bitácora e informes**

Los informes de las fallas tempranas deben registrarse de forma fotográfica y documental, ya que esto ayudará a tener un registro necesario para los eventos futuros y cómo deben repararse para evitar que el tiempo de parada sea mayor al necesario.

##### **4.8.1.2. Fallas tardías**

Las fallas tardías representan una fracción durante la utilización de los equipos; por ello es necesario realizar las rutinas de mantenimiento para disminuir las fallas que puedan observarse y así repararse.

#### **4.8.1.2.1. Bitácora e informes**

Los informes de las fallas tardías se registran de forma fotográfica y documental. Con ayuda de las rutinas del mantenimiento y el registro de las mismas se obtiene todo el registro necesario para prevenir fallas futuras, verificar el método de reparación y evitar que el tiempo de parada sea mayor al necesario.

#### **4.9. Costos de materiales para el mantenimiento**

El costo de los materiales de las calderas dependerá del tipo de falla o avería de las fallas que se presenten. Sin embargo, se presenta un estimado de los costos para cada mantenimiento.

##### **4.9.1. Preventivo**

Los costos del mantenimiento preventivo dependerán del tipo de falla o de las inspecciones que se les haya hecho a las calderas; sin embargo, se puede estimar un costo de los mantenimientos preventivos que puedan presentarse. A continuación, se presentan una estimación de los costos del mantenimiento preventivo para las calderas.

Tabla XI. Costo de materiales para el mantenimiento preventivo

<b>Análisis del costo de materiales para el mantenimiento preventivo para las dos calderas</b>		
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor total</b>
1	Chequear el quemador	Q 16 327,36
2	Revisar las boquillas	
3	Limpiar el quemador	
4	Limpiar electrodos	
5	Revisar aisladores de ignición	
6	Revisar cables de ignición	
7	Piloto de gas	
8	Fotoceldas	
9	Combustión	
10	Terminales	
11	Platinos	
12	Fusibles	
13	Programador	
14	Presurestol	
15	capsulas de mercurio	
16	Termoestados y contactores	
17	Inspección línea de alimentación	
18	Filtro de alimentación	
19	Limpieza de malla del ventilador	
20	Tubo de nivel	
21	Niveles de operación	
22	Válvula de purga de nivel	
23	Válvulas de seguridad	
24	Válvulas en general	

Fuente: elaboración propia.

La cantidad de Q 16 327,36 es el monto estimado para la realización del mantenimiento preventivo a las dos calderas de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento.

Figura 18. Cotización para los mantenimientos preventivo

**CLIENTE**

Nombre: Socrates Paz  
 Dirección: 33 avenida 14-35 zona 5  
 Dirección: Ciudad de Guatemala  
 Teléfono: 59492928

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	CANT.	TOTAL
Mantenimiento preventivo completo para una caldera pirotubulares Caldera Cleaver Brooks 4-0321-006, incluye mano de obra	Q 7,578.00	1	Q 7,578.00
Mantenimiento preventivo completo para una caldera pirotubular Calderas Pirotubular Cleaver Brooks c8600-300, incluye mano de obra	Q 7,000.00	1	Q 7,000.00
			-
			Q 14,578.00

**TÉRMINOS Y CONDICIONES**

1. Al cliente se le cobrará después de aceptada esta cotización  
 2. El pago será debitado antes de la entrega de bienes y servicio  
 3. Por favor enviar la cotización firmada al email indicado anteriormente  
 La aceptación del cliente (firmar a continuación):

x \_\_\_\_\_  
 Nombre del cliente

	12.000%
Q	1,749.36
Q	-
<b>Q</b>	<b>16,327.36</b>

Fuente: elaboración propia.

#### 4.9.2. Correctivo

Los costos del mantenimiento correctivo dependen de tipo de falla encontrada, la gravedad y el tiempo estimado de reparación, para calcular un estimado del costo necesario. A continuación, se presenta una estimación de los costos del mantenimiento correctivo para las calderas.

Tabla XII. Costo de materiales para el mantenimiento correctivo

<b>Análisis del costo de materiales para el mantenimiento correctivo para las dos calderas</b>		
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor total</b>
1	Limpieza lado de agua	Q 28 000,00
2	Limpieza lado de fuego	
3	Fuga en los tubos de fuego	
4	Conexiones y línea de alimentación	
5	Revisión de material refractario	
6	Cambio de empaque	
7	Inspección de pernos y tuercas de puertas	
8	Fajas de transmisión	
9	Alineación bomba de motor	
10	Bomba de tanque principal a tanque diario	
11	Inspección válvulas senoidales	
12	Lubricación del motor ventilador	
13	Temperatura de cojinetes	
14	fajas de transmisión	
15	Limpieza del flotador	
16	Diafragma del flotador	
17	Columna Mc Donell	
18	Trampa de vapor del pre calentador de combustible búnker	
19	Limpieza de la chimenea	
20	Pintura general	
21	Manómetros	

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Cotización para mantenimiento correctivo

**CLIENTE**

Nombre: Socrates Paz  
Dirección: 33 avenida 14-35 zona 5  
Dirección: Ciudad de Guatemala  
Teléfono: 59492928

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	CANT.	TOTAL
Mantenimiento correctivo completo para una caldera pirotubulares Caldera Cleaver Brooks 4-0321-006, incluye mano de obra	Q 11,700.00	1	Q 11,700.00
Mantenimiento correctivo completo para una caldera pirotubular Calderas Pirotubular Cleaver Brooks c8600-300, incluye mano de obra	Q 13,300.00	1	Q 13,300.00
			-

Q 25,000.00

**TÉRMINOS Y CONDICIONES**

1. Al cliente se le cobrará después de aceptada esta cotización
2. El pago será debitado antes de la entrega de bienes y servicio
3. Por favor enviar la cotización firmada al email indicado anterior

La aceptación del cliente (firmar a continuación):

x \_\_\_\_\_  
Nombre del cliente

12.000%
Q 3,000.00
Q -
<b>Q 28,000.00</b>

Fuente: elaboración propia.



La cantidad de Q 28 000,00 es el monto estimado para la realización del mantenimiento correctivo las dos calderas de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento.



## **5. SEGUIMIENTO**

### **5.1. Control de la información**

Al recabar información de las ordenes de trabajo, hojas de reporte e inspecciones utilizadas en la implementación se crea un registro histórico para cada una de las calderas, lo cual ayuda a conocer el estado físico y la vida útil de las mismas. Así mismo, se pretende llevar el control para predecir posibles fallas por medio de la interpretación de los resultados y los indicadores propuestos.

#### **5.1.1. Resultados obtenidos**

Al implementar el sistema de planificación se obtuvieron resultados de los mantenimientos correctivos como preventivos, con los cuales se logra interpretar las fallas tempranas o tardías que se presente en las calderas durante su funcionamiento. El análisis de las hojas de reporte o de los indicadores de referencia permanente determinar el buen funcionamiento de las mismas y tomar la decisión de cómo mejorar de manera continua el sistema.

##### **5.1.1.1. Interpretación**

Al analizar los resultados obtenidos de los diferentes controles que se implementan se puede determinar la causa raíz de las fallas o paros que se pueda presentar en las calderas, con el fin de evitar o reducir las mismas fallas y aumentar la vida útil de las calderas. Así mismo, la interpretación de los indicadores ayuda a mejorar el rendimiento de las calderas y brindar un mejor servicio al nosocomio.

### **5.1.1.2. Aplicación**

La aplicación del control de la información y la interpretación de los resultados ayuda a aumentar la vida útil de las calderas, así mismo, documentar toda la información respecto a las rutinas de mantenimiento, hojas de reporte, fallas tardías y tempranas para eventos futuros que puedan presentarse.

## **5.2. Verificación del sistema de planificación**

La verificación del sistema se compone de tres partes importantes; los indicadores de referencia, el tablero de control y los reportes de mantenimientos. El control es fundamental para el control de la información porque se detalla la planificación de los mantenimientos y de las rutinas necesarias para el óptimo funcionamiento de las calderas.

### **5.2.1. Indicadores de referencia**

La verificación de los indicadores de referencia permitió determinar de forma cuantitativa el cumplimiento del sistema, porque se estableció de forma sencilla si los mantenimientos son confiables y así garantizar que el periodo entre cada falla sea menor y obtener el mayor beneficio que genere la caldera.

### **5.2.2. Tablero de control**

El seguimiento del tablero de control sirvió para garantizar que el mantenimiento planificado para caldera se haya efectuado en el periodo fijado y dar seguimiento para tomar las acciones preventivas, evitando los paros innecesarios.

Figura 20. Tablero de control

<b>Tablero de control</b>
---------------------------

Jefe de Ingeniería y Mantenimiento: \_\_\_\_\_  
 Supervisor: \_\_\_\_\_  
 Operario (s) a cargo \_\_\_\_\_

Mes \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_  
 No. De operarios \_\_\_\_\_

Caldera 1			Caldera 2		
Calderas Piro-tubular Cleaver Brooks c8600-300			Caldera Cleaver Brooks 4-0321-006		
Operación	Fecha	Hora	Operación	Fecha	Hora

Cronograma	% de realización	Caldera 1			Caldera 2		
		Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo
Enero							
Febrero							
Marzo							
Abril							
Mayo							
Junio							
Julio							
Agosto							
Septiembre							
Octubre							
Noviembre							
Diciembre							

Indicador	Resultado	Nivel		
		Bueno	Regular	Malo

Fuente: elaboración propia.

### **5.2.3. Reportes de mantenimiento**

Los reportes de mantenimiento fueron la herramienta necesaria para el control, planeación y seguimiento de las actividades que se haya realizado en los dos tipos de mantenimiento. Estos reportes ayudarán a crear un registro histórico para cada caldera, a reducir los tiempos muertos y mejorar la utilización de las mismas.

Estos reportes están compuestos por dos partes: la primera son los datos técnicos del equipo, en donde se detalla el operario encargado del mantenimiento, la hora de inicio y la hora de finalización. La segunda es la información del mantenimiento. En esta parte si indica si el equipo recibió un mantenimiento preventivo o correctivo. Luego se encuentra las actividades del mantenimiento y se marca si se le realizo algún cambio a las partes indicadas. Por último, se clasifica el tipo de falla de la pieza marcada y se coloca el tipo de repuesto utilizado para cubrir dicha avería.

Estos reportes apoyan a las auditorías internas y externas porque muestran si se ha cumplido con la planificación proyectada y ayuda al mejoramiento del sistema en los hallazgos encontrados.

Figura 21. Reporte de mantenimiento

**Reporte de mantenimiento**

**Datos técnico del equipo**

Fecha: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Operario a cargo: \_\_\_\_\_

Hora de inicio: \_\_\_\_\_ Hora de finalización: \_\_\_\_\_

Caldera: \_\_\_\_\_ Serie: \_\_\_\_\_

**Información del mantenimiento**

Tipo de mantenimiento      Correctivo: \_\_\_\_\_      Preventivo: \_\_\_\_\_

Item	Actividad de mantenimiento	Se realizo mantenimiento		Tipo de reparación	
		Realizado	No realizado	Preventivo	Correctivo
1	Quemador				
2	Boquillas				
3	Limpieza del quemador				
4	Limpieza de electrodos				
5	Aisladores de ignición				
6	Cables de ignición				
7	Piloto de gas				
8	Fotoceldas				
9	Combustión				
10	Limpieza del lado de agua				
11	Limpieza del lado de fuego				
12	Fuga en los tubos de fuego				
13	Conexiones y línea de alimentación				
14	Material refractorio				
15	Cambio de empaque				
16	Tuercas y pernos				
17	Fugas de agua y vapor				
18	Revisión de línea de alimentación				
19	Limpieza del filtro de alimentación				
20	Fajas de transmisión				
21	Alimentación de bomba del motor				
22	Inspección de bomba				
23	Válvulas senoidales				
24	Limpieza de malla de ventilador				
25	Lubricación de motor de ventilación				
26	Temperatura de cojinetes				
27	Tubo de nivel				

Continuación de la figura 21.

28	Niveles de operación				
29	Limpieza del flotador				
30	Válvula de purga de nivel				
31	Terminales				
32	Limpieza de platinos				
33	Fusibles				
34	Trampa de vapor precalentado				
35	Pintura general				
36	Manómetros				
37	Válvulas en general				

Reporte entre fallas					

Repuesto utilizados					

Fuente: elaboración propia.

### 5.3. Auditorías internas

Para verificar todo el sistema de planificación se realizó un proceso de auditorías internas. Dichas auditorías se componen por tres partes importantes que son: el área de planificación, el gerente de área o jefe de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento y los supervisores. Estos tres son los encargados de garantizar el seguimiento y el cumplimiento del sistema de planificación, con fin de mejorar el servicio que presta el área de calderas para todo el nosocomio.



Figura 22. Formato de auditorías internas

Auditorías Internas				
Datos técnico del equipo				
Operario a cargo: _____	Fecha: ____ / ____ / ____			
Hora de inicio: _____	Hora de finalización: _____			
Elaborado por: _____	Aprobado por: _____			
Caldera: _____	Serie: _____			
Lista de verificación de la auditoria				
Auditor Líder: _____	Auditoría No.: _____			
Auditor Técnico: _____	Hoja: de _____			
Auditor: _____				
Auditor en entrenamiento: _____				
No.	Actividad de mantenimiento auditada	Cumplimiento de la actividad		Observaciones
		Si	No	

Continuación de la figura 22.

**Reporte de hallazgos**

Auditor Líder: \_\_\_\_\_  
Auditor Técnico: \_\_\_\_\_  
Auditor: \_\_\_\_\_  
Auditor en entrenamiento: \_\_\_\_\_

No.	Descripción del hallazgo

**Informe de auditoría**

Fecha de auditoría \_\_\_\_\_ Informe de auditoría No. \_\_\_\_\_  
Alcance: \_\_\_\_\_  
Objetivo: \_\_\_\_\_

**Resumen de los hallazgos:**

\_\_\_\_\_  
Firma de Auditor Líder

\_\_\_\_\_  
Firma de Auditor Técnico

\_\_\_\_\_  
Firma de Auditor

\_\_\_\_\_  
Firma de Auditor Técnico

Fuente: elaboración propia.

### **5.3.1. Área de planificación**

Para la verificación del proceso de auditorías internas se toma en cuenta el área de planificación. Esta parte es la encargada de llevar todo el control de la información y planificar todos los mantenimientos que se les vaya a brindar a las calderas.

### **5.3.2. Gerente de área**

Otra parte importante que se utilizó para el proceso de auditorías fue el gerente de área o el jefe de la subdirección, porque es una extensión del área de planificación cuyo propósito es definir políticas, responsabilidades y los alcances para el cumplimiento y seguimiento del sistema.

### **5.3.3. Supervisores**

Así mismo, los supervisores son los encargados de verificar que las calderas hayan recibido mantenimiento, inspecciones regulares y generar las órdenes de trabajo necesarias para la reparación de las fallas que se presenten.

## **5.4. Auditorías externas**

Las auditorías externas se realizaron para verificar puntos débiles que se encuentren dentro del sistema de planificación. Para este caso se toman dos temas importantes, que son el análisis de los riesgos y auditorías de seguridad industrial.

#### **5.4.1. Análisis de los registros**

Para verificar los posibles riesgos que pueda presentarse cuando los encargados de realizar los diferentes mantenimientos estén trabajando se utilizó el análisis de los riesgos. Estos pueden ser externos, como la falta de suministros o el tiempo extenso que se tarda en la adquisición de los mismos, o internos, como los ser accidentes laborales.

#### **5.4.2. Auditorías de seguridad industrial**

El segundo factor para la realización de las auditorías externas son las auditorías de seguridad. Estas verifican el cumplimiento de algunas normas que indican el Acuerdo Gubernativo 33-2016, con el fin de evitar posibles accidentes e incidentes que se presenten al realizar las rutinas, inspecciones o mantenimiento preventivo o correctivo en área de calderas.

Figura 23. Formato de auditorías de seguridad industrial

<b>Auditorías de Seguridad Industrial</b>				
<b>Datos generales</b>				
Área:	<b>Calderas</b>		Fecha:	/ /
Operario a cargo:				
Hora de inicio:			Hora de finalización:	
Elaborado por:			Aprobado por:	
<b>Lista de verificación de la auditoría</b>				
Auditor Líder:			Auditoría No.:	
Auditor Técnico:			Hoja: de	
Auditor:				
Auditor en entrenamiento:				
<b>Lista de verificación de la auditoría</b>				
Riesgo	Factores a inspeccionar	Cumple		Observaciones
		Sí	No	
Sobrepresión	Válvulas de Seguridad			
Daño interno de materiales	Tratamiento inadecuado de agua			
Falta de agua	Control de nivel			
Ruido	Ventiladores			
	Disparo de válvulas de seguridad			
Calor	Superficies calientes			
Radiación no ionizante	Llama de combustión			
Ventilación inadecuada	Instalaciones sin circulación de aire			
Iluminación inadecuada	Lámparas suficientes o inadecuadas			

Continuación de la figura 23.

<b>Lista de verificación de la auditoria</b>			
<b>Dominio</b>	<b>Factores</b>	<b>Valor</b>	
		<b>Obtenido</b>	<b>Máximo</b>
<b>Mantenimiento</b>	Mantenimiento preventivo		5
	Verificación por sobrepresión de válvulas de seguridad		5
	Descarga hacia arriba		5
	Guardas en el sistema de transmisión		5
	Instalación eléctricas bien aisladas		5
	Mantenimiento correctivo		5
	<b>Total</b>		<b>30</b>
<b>Operación</b>	Tratamiento de agua		5
	Instructivo de operación de caldera		5
	Purga de fondos		4
	Purga de nivel		4
	Se registran las condiciones de operación de la caldera		4
	La caldera ejerce labor diferente		4
	Niveles de operación		4
<b>Total</b>		<b>30</b>	
<b>Formación</b>	Los operadores han recibido capacitación		20
	<b>Total</b>		<b>20</b>
<b>Combustible</b>	No existencia de fugas de liquido o gas		2,5
	Manejar cargas inferiores a 25 Kg		2,5
	Uso de elementos de protección personal		2,5
	Verifica el ciclo de combustión		2,5
	<b>Total</b>		<b>10</b>
<b>Locativos</b>	El área se encuentra señalizada		2,5
	Las tuberías están bien aisladas		2,5
	Existen extintores		2,5
	Se encuentran los pasillos despejados		2,5
	<b>Total</b>		<b>10</b>
<b>Nivel de Seguridad</b>	<b>Total</b>		<b>100</b>

Continuación de la figura 23.

**Reporte de hallazgos**

Auditor Líder: \_\_\_\_\_  
Auditor Técnico: \_\_\_\_\_  
Auditor: \_\_\_\_\_  
Auditor en entrenamiento: \_\_\_\_\_

<b>No.</b>	<b>Descripción del hallazgo</b>

**Informe de auditoría**

Fecha de auditoría \_\_\_\_\_ Informe de auditoría No. \_\_\_\_\_  
Alcance: \_\_\_\_\_  
Objetivo: \_\_\_\_\_

**Resumen de los hallazgos:**

\_\_\_\_\_  
Firma de Auditor Líder

\_\_\_\_\_  
Firma de Auditor Técnico

\_\_\_\_\_  
Firma de Auditor

\_\_\_\_\_  
Firma de Auditor Técnico

Fuente: elaboración propia.

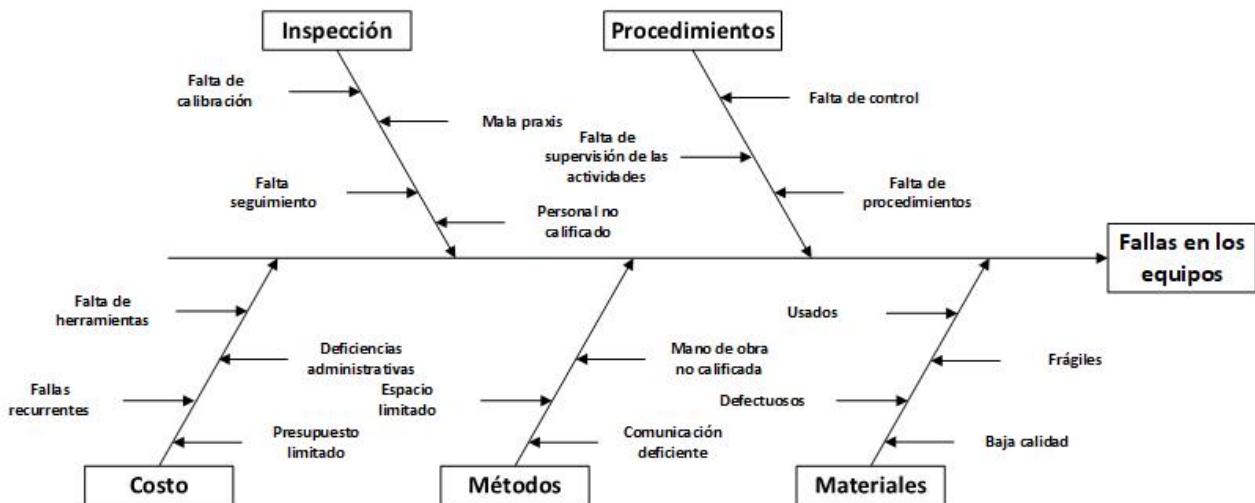
## 5.5. Estadísticas

Para el seguimiento del sistema de planificación se utilizó análisis estadístico para analizar la frecuencia en la cual se presentan las fallas. Se utilizaron dos métodos. el diagrama de causa y efecto (Ishikawa) y el diagrama de Pareto.

### 5.5.1. Diagrama de causa y efecto

El diagrama de causa y efecto permitió determinar las causas raíz de las fallas en las calderas, que pueden ser por factores humanos, por los equipos, por los procedimientos, inspecciones o por los costos. El seguimiento de estos factores es necesario para la mejora del sistema.

Figura 24. Diagrama causa y efecto



Fuente: elaboración propia.



### 5.5.2. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto permitió observar los parámetros más influyentes mediante un análisis gráfico que permite identificar los elementos críticos del sistema. En la tabla XIV, se muestra un ejemplo de la frecuencia de las posibles fallas que se puedan presentar en las calderas y el tiempo en el cual se pueden detectar.

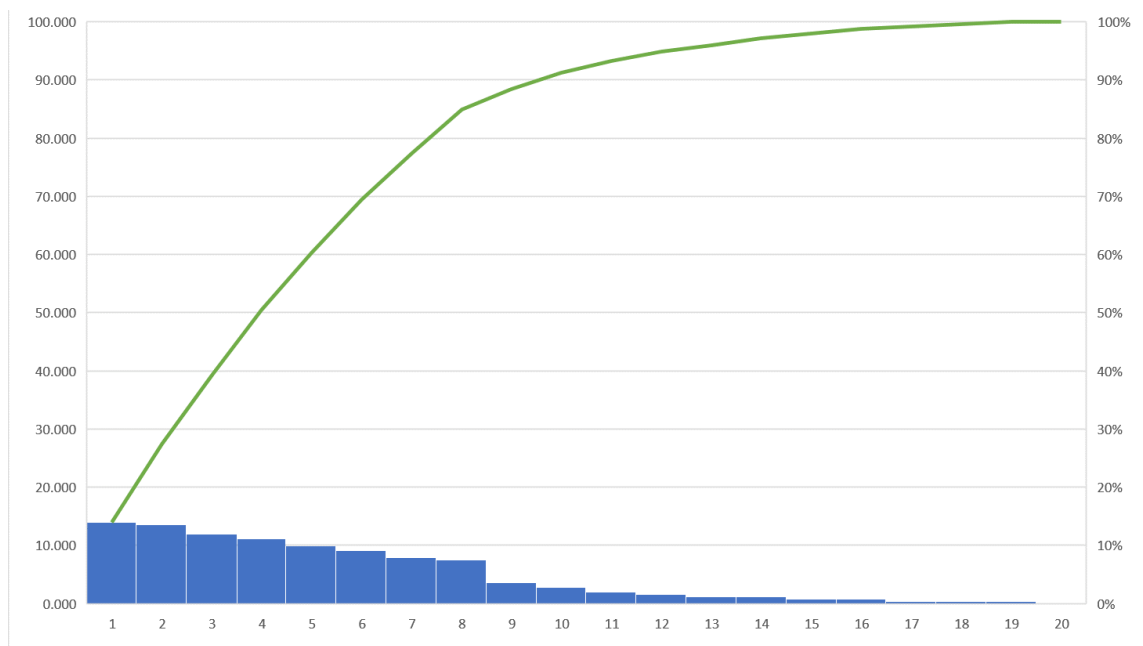
Tabla XIII. Frecuencia de las posibles fallas en las calderas

No.	Piezas	Cantidad de fallas	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada [%]
1	Fugas de agua, vapor y gases de combustión	35	13,89	13,89
2	Línea de alimentación	34	13,90	27,38
3	Filtro de alimentación	30	11,90	39,29
4	Chequear el quemador	28	11,11	50,40
5	Válvulas en general	25	9,92	60,32
6	Niveles de operación	23	9,13	69,44
7	Válvula de purga de nivel	20	7,94	77,38
8	Válvulas de seguridad	19	7,94	84,92
9	Terminales	9	3,57	88,49
10	Fusibles	7	2,78	91,27
11	Presurestol	5	1,98	93,25
12	Termostatos y contactores	4	1,59	94,84
13	Boquillas	3	1,19	96,03
14	Electrodos	3	1,19	97,22
15	Fotoceldas	2	0,79	98,02
16	Malla del ventilador	2	0,79	98,81
17	Aisladores de ignición	1	0,40	99,21
18	Cables de ignición	1	0,40	99,60
19	Tubo de nivel	1	0,40	100,00
20	Combustión	0	0	100,00

Fuente: elaboración propia.

Con estos valores se determinó el diagrama de Pareto y se identificó cuáles son las piezas críticas que, en conjunto, provocan al menos el 80 % de las fallas.

Figura 25. **Diagrama de Pareto**



Fuente: elaboración propia.

Con este diagrama se observa cuáles son las piezas que ocasionan o pueden ocasionar el 80 % de las fallas que se puedan dar en las calderas. Por ello es necesario el seguimiento a las rutinas de mantenimiento y llevar un control para evitar paros no deseados y aumentar la vida útil de las calderas.

## CONCLUSIONES

1. Por medio de la propuesta del sistema de planificación se logra obtener un mejor control sobre los mantenimientos programados y no programados, que se realicen en las calderas, para lograr una mejora en el área de calderas de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Roosevelt.
2. Se determinó la condición actual de las calderas y se identificó que se debe contar con una planificación de mantenimientos preventivos para eliminar los mantenimientos correctivos.
3. Se establecieron indicadores de mantenimiento con los cuales se puede medir el tiempo de utilización, la disponibilidad de cada caldera, el tiempo entre cada falla y el tiempo medio para cada mantenimiento.
4. Se propusieron diferentes instrumentos administrativos para llevar la documentación y control de cada mantenimiento o inspección realizado a las calderas.
5. Un plan de mantenimiento basado en la programación de mantenimiento preventivo y correctivo para las dos calderas logra obtener registros de las rutinas semanales, mensuales, semestrales y anuales, y con ello lograr un mejor control el área de las calderas.

6. Los tipos de mantenimiento propuestos son el preventivo y correctivo, con el fin de aumentar la vida útil de las calderas y evitar el paro del servicio al nosocomio.
7. Un plan de seguridad industrial busca mejorar las condiciones de trabajo actuales con el fin de reducir o evitar enfermedades ocupacionales.
8. Se estableció una serie de instrumentos administrativos como hojas de reporte, inspecciones y el tablero de control para llevar un registro histórico acerca de la frecuencia de cada mantenimiento realizado a las calderas.

## RECOMENDACIONES

1. Llevar un control de los mantenimientos programados y no programados de las calderas.
2. Realizar de forma planificada los mantenimientos preventivos para evitar el mantenimiento correctivo antes de lo planificado,
3. Dar seguimiento a los indicadores que ayudan a medir la frecuencia entre cada manteniendo y entre cada falla, para medir la eficiencia con la que trabajan las calderas.
4. Conservar los diferentes instrumentos administrativos con los que se lleva un control de los mantenimientos.
5. Mejorar la programación de los mantenimientos. Los resultados no serán inmediatos, sin embargo, beneficiará al nosocomio.
6. Proporcionar capacitación adecuada a los operadores acerca de los tipos de mantenimiento, para evitar retrasos en los mantenimientos por falta de personal especializado.
7. Dar seguimiento a las condiciones de trabajo para cumplir con las normas de seguridad y salud ocupacional de Guatemala y evitar el ausentismo que puedan presentar los operadores por enfermedades ocupacionales.

8. Esperar resultados a largo plazo del sistema de planificación como el control del registro histórico, la disminución y reducción de paradas, ya que obtener resultados a corto plazo puede destruir el sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Absor Sistem. *Calderas y generadores de vapor*. [en línea].  
<<https://www.absorsistem.com/tecnologia/calderas/descripci%C3%B3n-de-calderas-y-generadores-de-vapor>>. [consulta 07 de mayo de 2019].
2. AVALLONE, Eugene *Manual del ingeniero mecánico*. 9a ed. México: McGraw Hill, 1995. 286 p.
3. D'ADDARIO, Miguel. *Gestión del mantenimiento preventivo - correctivo*. 2a ed. Chile: Folgor, 2010. 144.
4. DAVID, Fred. *Conceptos de Administración Estratégica*. 9a ed. México: Pearson Educación, 2003. 336p
5. DÍAZ NAVARRO, Juan. *Técnicas de Manteniendo Industrial*. 2a ed. México: VV.AA, 2011. 336 p.
6. FREMAP. *Manual de seguridad y salud para el mantenimiento de las instalaciones térmicas de edificios*. 1a ed. España: Aenor, 2005. p.40.
7. GARRIDO, Santiago. *Mantenimiento industrial*. 2a ed. España: Díaz de Santos, S.A. 2005. 184 p.

8. \_\_\_\_\_. *Organización y gestión integral de mantenimiento*. 1a ed. España: Díaz de Santos, S.A. 2003. 241 p.
9. Hospital Roosevelt. *Misión, visión, valores*. [en línea]. <<https://hospitalroosevelt.gob.gt>>. [ consulta 04 de mayo de 2019].
10. INTEGRA MARKETS. *Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial*. 1a ed. Perú: Integra Markets. 2017. 79 p.
11. REAL PÉREZ, Grether. ÁVILA, Rogelio, LLOSAS ALBURNE, Yolanda. *Administración de operaciones y mantenimiento*. 1a ed. Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, 2017. 189 p.
12. SCOTT, Andrés. *Planificación Estratégica*. 2a ed. Reino Unido: Heriot-Watt University, 2013. 156 p.
13. Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial. *Principios de gestión, planeamiento y programación de mantenimiento*, 1a ed. Perú: SENATI, 2007. 137 p.
14. UCEDA MARTINEZ, Juan. *Calderas Industriales eficientes*. 3a ed. Madrid: MOSTOLES, 2012 182 p.