



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

**REESTRUCTURACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DEL
INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGÍA (INCÁN)**

Iram Esteban de León Valencia

Asesorado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León

Guatemala, mayo de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REESTRUCTURACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DEL
INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGÍA (INCÁN)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

IRAM ESTEBAN DE LEÓN VALENCIA

ASESORADO POR LA INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADOR	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR	Inga. Yocasta Ivanobla Ortiz del Cid
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

REESTRUCTURACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DEL INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGÍA (INCÁN)

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 28 de julio de 2017.



Iram Esteban de León Valencia



Guatemala, 04 de abril de 2018.
REF.EPS.DOC.305.4.18.

Ingeniera
Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Classon de Pinto:

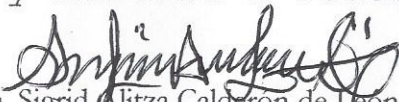
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Iram Esteban de León Valencia, Registro Académico No. 199811432** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **REESTRUCTURACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DEL INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGÍA (INCAN).**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SACdL/ra



Guatemala, 04 de abril de 2018.
REF.EPS.D.115.04.18

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

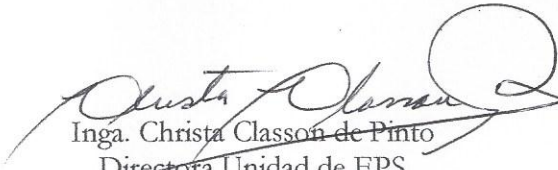
Estimado Ingeniero Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **REESTRUCTURACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DEL INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGÍA (INCAN)**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria, **Iram Esteban de León Valencia** quien fue debidamente asesorada y supervisada por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

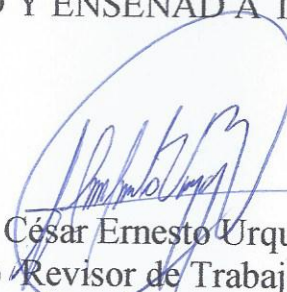
CCdP/ra





Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **REESTRUCTURACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DEL INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGÍA (INCAN)**, presentado por el estudiante universitario **Iram Esteban de León Valencia**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2018.

/mgp



REF.DIR.EMI.064.018

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 **REESTRUCTURACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DEL INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGÍA (INCAN)**, presentado por el estudiante universitario **Iram Esteban de León Valencia**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2018.

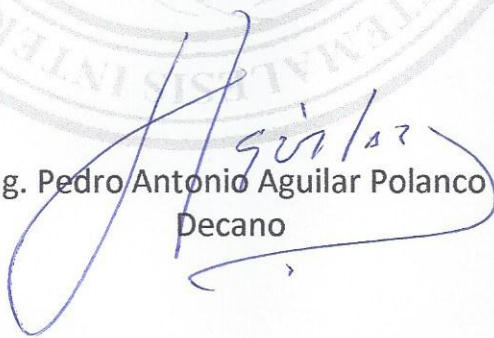
/mgp



DTG. 198.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **REESTRUCTURACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DEL INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGÍA (INCÁN)**, presentado por el estudiante universitario: **Iram Esteban de León Valencia**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, mayo de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser la luz, sabiduría y entendimiento que guía mi camino a seguir y por permitirme realizar llegar al sueño de ser profesional.
- Mi padre** Oscar de León, sus enseñanzas que me ayudaron a enfrentar la vida y por ejemplo que me dio, gracias por tantas lecciones.
- Mi madre** Ruth Valencia, que me diste todo, sin pedir nada, que dejaste todo por mí, que entregaste todo por mí; un millón de gracias y toda una vida de felicidad, a la persona del mundo que siempre estará conmigo en las buenas y en las malas. Gracias.
- Mi hijo** Andresito de León, por darme fuerza en la vida con sólo mirarme a los ojos. Por ser la razón de que me levante cada día para esforzarme y ser mi real motivación de vivir.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser el centro de enseñanza que inculcó en mí la responsabilidad, el trabajo y la dedicación.

Facultad de Ingeniería

Por ser mi segundo hogar y por haberme permitido pasar dentro de sus aulas viviendo buenos y difíciles momentos que la carrera conlleva y por crear en mí el amor a mi carrera.

Ing. Sigrid Calderón

Por su gran apoyo en la asesoría de este proyecto, porque nunca escatimó esfuerzo y tiempo para corregir y mejorar este trabajo, por sus valiosos conocimientos siempre al servicio del estudiante sancarlista.

Ing. Estuardo López

Por todas las facilidades otorgadas y la autorización de trabajar en el instituto, por permitirme adquirir nuevos conocimientos y experiencia a lo largo de mi carrera.

Op. Gerardo López

Por compartir conmigo su tiempo. Por sus consejos, cambios y experiencias que me llevaron a comprender la institución. Por escucharme y retroalimentar con soluciones todo tipo de cuitas. Pero sobre todo por concederme la dicha de su valiosa amistad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XVII
GLOSARIO	XIX
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. GENERALIDADES DEL INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGÍA (INCÁN).....	1
1.1. Descripción.....	2
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Atribuciones.....	4
1.4. Financiamiento	4
1.5. Visión.....	5
1.6. Misión	5
1.7. Estructura organizacional	5
1.8. Estructura del departamento de mantenimiento.....	6
1.8.1. Funciones del departamento de mantenimiento.....	7
1.9. Actividades que realiza el Incán	8
2. REESTRUCTURACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DEL INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGÍA (INCÁN).....	11
2.1. Marco teórico.....	11
2.1.1. Reestructuración.....	11

2.1.2.	Reorganización	12
2.1.3.	Reingeniería	12
2.1.4.	Reestructuración del departamento de mantenimiento.....	12
2.1.5.	La reestructuración como única posibilidad de ciertas mejoras	14
2.1.6.	Análisis de mejoras en la reestructuración	14
2.2.	Diagnóstico de la situación actual	16
2.3.	Análisis FODA.....	16
2.3.1.	Oportunidades.....	17
2.3.2.	Amenazas	17
2.3.3.	Fortalezas.....	18
2.3.4.	Debilidades.....	18
2.4.	Área de calderas	20
2.4.1.	Descripción general de la caldera Cleaver Brooks	20
2.4.1.1.	Cálculo de la capacidad de producción de caldera núm. 1 Cleaver Brooks (área de calderas).....	22
2.4.1.2.	Consumo de combustible (bunker) de caldera núm. 1 Cleaver Brooks	24
2.4.1.3.	Eficiencia de caldera núm.1 Cleaver Brooks	27
2.4.1.4.	Principio de operación de caldera núm.1 Cleaver Brooks.....	29
2.4.1.4.1.	Controles de vapor de caldera	31
2.4.1.4.2.	Válvulas de seguridad...	32
2.4.1.4.3.	Panel de control	34

	2.4.1.4.4.	Componentes comunes.....	36
	2.4.1.4.5.	Inyección de gas.....	39
	2.4.1.4.6.	Controles del aceite combustible	42
	2.4.1.4.7.	Bomba de aceite.....	44
	2.4.1.4.8.	Controles adicionales ...	46
	2.4.1.5.	Suavizador de agua.....	49
	2.4.1.6.	Análisis de agua de caldera.....	52
	2.4.1.7.	Retorno de condensado	54
2.4.2.		Sistema de tubería de vapor.....	55
	2.4.2.1.	Cálculo hidráulico de la red de vapor...	57
	2.4.2.1.1.	Cálculo de las pérdidas de carga.....	58
2.4.3.		Descripción de maquinaria que utiliza vapor	59
	2.4.3.1.	Olla marmita Vulcan – Hart.....	59
	2.4.3.2.	Lavadora-centrifugadora de carga frontal, para suelo, profesional.....	61
	2.4.3.3.	Autoclaves	63
2.5.		Área de carpintería	64
	2.5.1.	Equipo del taller de carpintería	68
2.6.		Área de electricidad.....	72
	2.6.1.	Equipo del taller.....	74
2.7.		Área de bodega	75
	2.7.1.	Inventario de materiales	76
2.8.		Reestructuración del departamento de mantenimiento	78
	2.8.1.	Nuevo sistema de operación y riesgos de caldera Cleaver Brooks del área de calderas	79
	2.8.1.1.	Caldera	79

2.8.1.2.	Riesgos en la operación de calderas y la salud humana	81
2.8.1.2.1.	Riesgos de enfermedad.....	82
2.8.1.2.2.	Riesgos de accidente	83
2.8.1.2.3.	Riesgos de incendio y de explosión	86
2.8.1.2.4.	Riesgos de contaminación atmosférica.....	88
2.8.1.3.	Sistema contra incendio	90
2.8.1.4.	Prevención y control (sala de calderas).....	93
2.8.1.5.	Salidas.....	94
2.8.1.5.1.	Los pisos	95
2.8.1.5.2.	Ventilación.....	95
2.8.1.5.3.	La iluminación	96
2.8.1.5.4.	Control de las pérdidas de agua	97
2.8.1.5.5.	Control de la pérdida de espesor de la pared.....	98
2.8.1.5.6.	Almacenamiento y manejo de combustibles	98
2.8.2.	Tanque auxiliar de bunker	100
2.8.2.1.	Guía y rutinas de mantenimiento preventivo para calderas	101
2.8.2.1.1.	Diario.....	102

	2.8.2.1.2.	Semanales.....	104
	2.8.2.1.3.	Mensuales	106
	2.8.2.1.4.	Trimestrales.....	108
	2.8.2.1.5.	Semestrales.....	110
	2.8.2.1.6.	Anuales	112
2.9.		Nuevo sistema de tuberías de vapor	114
2.9.1.		Elementos de la nueva red de distribución de vapor.....	115
	2.9.1.1.	Separadores de gotas	117
	2.9.1.2.	Purgadores	117
	2.9.1.3.	Eliminadores de aire	122
2.9.2.		Red de distribución de vapor	122
	2.9.2.1.	Presión de la red de vapor.....	125
	2.9.2.2.	Dimensionado de tuberías	127
	2.9.2.3.	Derivaciones.....	127
	2.9.2.4.	Filtros en red de vapor	128
	2.9.2.5.	Purgadores	129
	2.9.2.6.	Pérdidas energéticas en las redes de vapor.....	132
	2.9.2.7.	Recuperación de condensados	133
	2.9.2.8.	Cálculo hidráulico de la red de condensados	134
	2.9.2.8.1.	Pérdida de carga	135
	2.9.2.8.2.	Determinación de la presión de trabajo.....	136
	2.9.2.8.3.	Dimensionado de la tubería acorde a la velocidad del vapor.....	137
	2.9.2.8.4.	Diámetro de tubería....	138

	2.9.2.8.5.	Calculo gráfico	138
	2.9.2.8.6.	Ajuste del cálculo a las necesidades del consumo.....	139
	2.9.3.	Reducción de presión de vapor.....	141
2.10.		Propuesta de mejora continua en área de carpintería	142
	2.10.1.	Área de trabajo.....	142
	2.10.2.	Registro de producción	143
	2.10.3.	Diagrama de operaciones	143
	2.10.4.	Diagrama de flujo del proceso.....	144
	2.10.5.	Diagrama del recorrido.....	144
	2.10.6.	Diagrama de precedencia	145
	2.10.7.	Diagrama de relaciones.....	146
2.11.		Mejoras en proceso de servicio técnico (área de electricidad).....	147
	2.11.1.	Factores de riesgo eléctrico	148
	2.11.2.	Sistema eléctrico	150
2.12.		Optimización de bodega(área de bodega)	153
	2.12.1.	Método ABC.....	153
		2.12.1.1. Sistema de control de ingreso	156
		2.12.1.2. Salida de bodega	157
2.13.		Plan de recuperación de inversión	158
	2.13.1.	Objetivos	159
	2.13.2.	Estrategias	159
	2.13.3.	Tablas generales de reparaciones por áreas	159
	2.13.4.	Tablas de consumo actual y consumo medio.....	162
	2.13.5.	Tabla del periodo de recuperación	164
	2.13.6.	Cálculo de eficiencia y estimación de tiempo que durará la inversión de equipos y sistemas.....	164

3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN DE AHORRO DE AGUA.....	167
3.1.	Diagnóstico.....	167
3.2.	Consumo actual.....	168
3.3.	Propuesta de rotulación de tuberías del área de calderas	170
3.3.1.	Seguridad contra incendios	172
3.3.2.	Señales de panel y riesgo de choques	174
3.3.2.1.	Diamante identificativo de peligro	174
3.3.2.1.1.	Código de riesgo de información especial (blanco)	175
3.3.2.1.2.	Código riesgo de reactividad (amarillo) ..	175
3.3.2.1.3.	Código de riesgo de inflamabilidad (rojo)	176
3.3.2.1.4.	Código de riesgo para la salud (azul)	176
3.3.3.	Señales de advertencia	177
3.3.4.	Marcadores de tuberías	178
3.4.	Propuesta de mantenimiento de tuberías	179
3.4.1.	Discontinuidades internas.....	181
3.4.1.1.1.	Ultrasonido	182
3.4.2.	Hidroneumáticos.....	184
3.4.2.1.	Los sistemas hidroneumáticos.....	185
3.4.2.2.	Vida útil del sistema hidroneumático .	185
3.4.2.2.1.	Fallas mecánicas que influyen en el funcionamiento de un sistema hidroneumático.....	185

	3.4.2.2.2.	Limpieza de cisternas .	189
	3.4.2.2.3.	Recubrimiento de superficies metálicas ...	190
	3.4.2.2.4.	Desgaste de recubrimientos previos.....	191
	3.4.2.2.5.	Personal de limpieza de cisterna.....	191
3.5.		Problemas actuales de agua potable dentro del Incán.....	192
	3.5.1.	Fugas	192
	3.5.1.1.	Fugas pequeñas.....	193
	3.5.1.2.	Fugas medianas.....	193
	3.5.1.3.	Fugas grandes	194
	3.5.2.	Causas que produzcan fugas.....	195
	3.5.2.1.	Alta presión	195
	3.5.2.2.	Corrosión externa.....	196
	3.5.2.3.	Corrosión interna	196
	3.5.2.4.	Efectos del tráfico.....	196
	3.5.2.5.	Movimientos del suelo.....	197
	3.5.2.6.	Mala calidad de materiales y accesorios	197
	3.5.2.7.	Mala calidad de mano de obra	197
	3.5.2.8.	Golpe de ariete.....	197
	3.5.2.9.	Edad de las tuberías	198
	3.5.2.10.	Electrólisis	198
	3.5.2.11.	Fuga de condensado.....	199
3.6.		Propuesta de mecanismos y sistemas de ahorro.....	201
3.7.		Propuesta de mantenimientos de bombas de agua (área de calderas)	202

3.7.1.	Control de equipo de bombas de agua	203
3.7.1.1.	Revisiones diarias.....	207
3.7.1.2.	Revisiones semanales.....	210
3.7.1.3.	Localización de fallas de bomba centrífuga.....	211
3.7.2.	Mantenimiento de bombas.....	213
4.	FASE DE DOCENCIA. CAPACITACIÓN DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS Y MANEJO BÁSICO DE EXTINTORES	215
4.1.	Diagnóstico de necesidades de capacitación	215
4.1.1.	Actividades	217
4.1.2.	Contenido de capacitación.....	218
4.1.3.	Metodología	218
4.1.3.1.	Método deductivo	218
4.1.3.2.	Método inductivo.....	219
4.1.3.3.	Método expositivo	220
4.1.3.4.	Método analógico	221
4.1.	Resultados de la capacitación	221
	CONCLUSIONES	225
	RECOMENDACIONES	227
	BIBLIOGRAFÍA.....	229
	APÉNDICES	231
	ANEXOS.....	237

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de ubicación del Incán.....	1
2.	Organigrama del Incán.....	6
3.	Organigrama del departamento de mantenimiento, Incán	7
4.	Tanque auxiliar de bunker.....	24
5.	Gráfica de consumo mensual.....	27
6.	Controles de presión	32
7.	Partes de una válvula de seguridad	34
8.	Panel de control	35
9.	Partes de caldera Cleaver Brook, Incán.....	37
10.	Sistema de gas	40
11.	Inyector de gas a caldera	41
12.	Modulación de caldera	42
13.	Sistema de aceite-combustible	43
14.	Bomba de aceite	45
15.	Precaentado de aceite.....	47
16.	Análisis de agua de caldera	52
17.	Plano de tubería de vapor Incán	57
18.	Marmita de vapor	60
19.	Lavadora industrial a vapor, marca Milnor	62
20.	Marmita de vapor, Incán.....	63
21.	Diagrama Ishikawa.....	66
22.	Diagrama de proceso	67
23.	Gráfica de accidentes.....	85

24.	Humo de chimenea.....	90
25.	Caldera Cleaver Brooks.....	94
26.	Área de calderas.....	95
27.	Entrada al área de calderas.....	97
28.	Separador de gotas.....	117
29.	Purgador termostático.....	119
30.	Purgador mecánico.....	119
31.	Purgador termodinámico.....	120
32.	Golpe de ariete.....	123
33.	Golpe de ariete típica.....	124
34.	Derivación simple.....	128
35.	Filtro.....	129
36.	Tipos de purgadores.....	131
37.	Conexión de derivación.....	132
38.	Cálculo por medio de gráfica.....	139
39.	Cálculo por software de vapor.....	140
40.	Nueva propuesta de sistema de vapor.....	141
41.	Diagrama del recorrido.....	145
42.	Diagrama de precedencia.....	146
43.	Matriz de relación.....	147
44.	Gráfica ABC.....	155
45.	Diagrama de Ishikawa.....	168
46.	Gráficos de consumo mensual.....	169
47.	Gráfico de señalización de tubería.....	172
48.	Diamante de peligro.....	175
49.	Diamante de 0 a 4.....	177
50.	Señales de advertencia.....	178
51.	Marcadores de tubería.....	179
52.	Sistema de tubería de toda clase área de calderas.....	180

53.	Método de ultrasonido.....	182
54.	Partes de un sistema hidroneumático	184
55.	Impermeabilizante de cisterna	190
56.	Limpieza de cisterna	192
57.	Fuga de agua mingitorio baño de hombre, Incán.....	193
58.	Chorro abierto baño de hombre, Incán.....	194
59.	Fuga de condensado, Incán.....	194
60.	Corrosión.....	196
61.	Tubería con sarro.....	198
62.	Tubería subterránea, Incán	199
63.	Gráfico de caudal	200
64.	Cebado manual.....	207
65.	<i>Switch</i> de presión.....	209
66.	Bomba centrífuga análisis de vibración	211
67.	Falla de presión de bomba centrífuga	213
68.	Vista de impulsor desgastado	214
69.	Árbol de soluciones. Plan de capacitación	216
70.	Capacitación de cómo utilizar los extintores	219
71.	Uso del extintor	220
72.	Apagar fuego con el extintor	220
73.	Charla sobre extintores	221
74.	Manguera contra incendio.....	222
75.	Uso de la manguera contra incendio.....	223

TABLAS

I.	Matriz FODA	19
II.	Placa de características	21
III.	Condiciones actuales	23

IV.	Consumo diario de vapor	25
V.	Tabla de consumos.....	26
VI.	Diferencia de consumo	26
VII.	Características de suavizador de agua.....	51
VIII.	Aditivos utilizados para la caldera	53
IX.	Consumo actual de vapor por máquina	56
X.	Placa de características de marmita marca Vulcan	61
XI.	Placa de características de lavadora marca MILNOR	62
XII.	Placa de características de autoclave Incán.....	64
XIII.	Diagrama de flujo de proceso de fabricación carpintería	68
XIV.	Esquemática de herramientas de taller (Incán)	69
XV.	Esquemática de herramienta eléctrica (Incán).....	74
XVI.	Inventario de bodega departamento de mantenimiento (Incán).....	77
XVII.	Porcentajes de accidentes de mantenimiento	84
XVIII.	Accidentes de maquinaria.....	85
XIX.	Gráfica de riesgo de accidente de maquinaria.....	86
XX.	Accidentes por explosión e incendio.....	87
XXI.	Equipo contra incendios.....	92
XXII.	Tabla de ventilación	96
XXIII.	Tabla de Iluminación.....	96
XXIV.	Nueva propuesta de problemática de tanque auxiliar	100
XXV.	Formato de rutina diaria (Incán).....	103
XXVI.	Formato de rutina semanal	106
XXVII.	Formato de control de rutina mensual	108
XXVIII.	Formato de control de rutina trimestral	110
XXIX.	Formato de control de rutina semestral	112
XXX.	Formato de control de rutina anual	114
XXXI.	Tabla de presión	135
XXXII.	Requerimiento del proceso	138

XXXIII.	Diagrama de operaciones	143
XXXIV.	Diagrama de flujo	144
XXXV.	Diagrama de relación	146
XXXVI.	Tabla de riesgos.....	149
XXXVII.	Hoja de vida de equipos eléctricos.....	151
XXXVIII.	Hoja de asistencia técnica.....	152
XXXIX.	Tabla de artículos.....	154
XL.	Requerimiento de entrada.....	157
XLI.	Requerimiento de salida.....	158
XLII.	Presupuesto de reparación de caldera Cleaver Brooks	160
XLIII.	Presupuesto de cotización de nueva red de tubería de vapor	160
XLIV.	Cotización de bombas de agua, para la red de agua potable	161
XLV.	Cotización de reparaciones varias, cocina	161
XLVI.	Reparaciones varias del primero y segundo nivel, edificio.....	162
XLVII.	Tabla de presupuestos.....	162
XLVIII.	Tabla de consumos de agua potable	163
XLIX.	Tabla de consumo de combustible de caldera	163
L.	Tabla de recuperación de la inversión y aproximado de años	164
LI.	Tabla de inspecciones de nuevos equipos y sistemas.....	165
LII.	Tabla de consumo mensual del año 2017.....	169
LIII.	Tabla de consumo por accesorios, sistema No. 1.....	170
LIV.	Tabla de consumo por accesorios, sistema No. 2.....	170
LV.	Señales contra incendios	173
LVI.	Control de mantenimiento de tuberías	183
LVII.	Control de rutinas de agua	188
LVIII.	Tabla de caudal de fuga de condensado de tanque de agua caliente.....	199
LIX.	Soluciones de ahorro de agua	200
LX.	Propuesta de mecanismos y sistemas de ahorro.....	201

LXI.	Válvula de alivio	206
LXII.	Capacitación prevención de incendios y manejo básico de extintores	217
LXIII.	Horario de capacitación	218

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
h	Altura
A	Área
BHP	Caballos de fuerza caldera
CB	Capacidad de la bomba de agua (gal/min)
Q	Caudal
cm	Centímetros
J	Constante de Joule
hg	Entalpía
hf	Entalpía de agua de alimentación (BTU/lb)
hg	Entalpía de vapor saturado (BTU/lb)
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
g	Gravedad
Kg	Kilogramo
L	Longitud
mm	Milímetros
ml	Mililitros
ppm	Partes por millón
P	Presión
v	Velocidad

GLOSARIO

Cabezal o manifold	Clase especial de tubería de distribución porque puede recibir vapor de una o varias calderas al mismo tiempo. Lo más común es que sea una tubería horizontal a la que se le alimenta el vapor por la parte superior, y al mismo tiempo, se alimentan las tuberías principales de distribución.
Caldera	Máquina o dispositivo de ingeniería que está diseñado para generar vapor saturado. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia de estado.
Convección	Es una de las tres formas de transferencia de calor y se caracteriza porque se produce por intermedio de un fluido (aire, agua) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas.
Kilojoule	Es la unidad de energía en el sistema internacional de unidades (SI). Está relacionado a la kilocaloría, que es la cantidad de energía calorífica requerida para elevar la temperatura en 1° C de un kilogramo de agua a 4° C.

Temperatura	Los términos de calor y temperatura son bastante frecuentes y es también bastante frecuente en confundirlos. La temperatura se define como la intensidad o nivel de la energía calorífica y es indicador de la velocidad molecular.
Tuberías de descarga	Llevar el condensado y el vapor flash de la trampa hasta la tubería de retomo.
Tuberías de retomo	Reciben el condensado de varias tuberías de descarga de trampas y lo llevan de regreso a la caldera.
Tuberías principales	Llevar el vapor desde la caldera hasta el lugar en la planta en donde se encuentran varios equipos que utilizan el vapor.
Tubería ramales	Llevar el vapor desde las tuberías principales de vapor hasta los equipos calentados con vapor.
Trampas de vapor	Es una válvula automática que elimina el condensado, el aire y los otros gases no condensables de las tuberías de vapor y equipos que trabajan con el mismo que impide simultáneamente la pérdida de vapor en el sistema de distribución.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación fue elaborado con el objetivo de proporcionar un nuevo reordenamiento, modificación y organización de controles, planes, rutinas, sistemas y operaciones de las distintas áreas del departamento de mantenimiento, sin modificar la estructura y jerarquía de dicho departamento.

Debido a que por el paso de los años los equipos y sistemas que operan llegan a deteriorarse, dando paros inesperados de los equipos. Actualmente, en el departamento de mantenimiento, por falta de presupuesto, se aplican a los equipos un mantenimiento correctivos, si el presupuesto lo permite, o simplemente el equipo se deshabilita por un tiempo.

Se estará dividiendo en tres fases: la primera fase de servicio técnico-profesional, se estará dando el diagnóstico general de una de las calderas que más se utiliza, sobre su principio de operación; además, el sistema de tubería de vapor que utiliza y descripción de la maquinaria que actualmente utiliza vapor. También, una breve descripción de otras áreas del departamento: carpintería, electricidad y una bodega pequeña de almacenamiento.

Luego, se describe una propuesta sobre planes de operación sobre la caldera mencionada, guía de programación de mantenimiento, rutinas y una nueva propuesta de sistema de tubería de vapor aérea, ya que la tubería actual tiene algunas complicaciones en mantenimiento y fugas; un plan de mejora continúa de procesos de carpintería, electricidad y una optimización de la bodega.

En la segunda fase de investigación se realiza un estudio para determinar cuánta agua se consume aproximadamente dentro del instituto y para qué es utilizada. Tras la realización de este estudio, el contador del agua será la prueba numérica del consumo y servirá de base para calcular el promedio de consumo dentro del instituto. Este estudio debe además servir para detectar posibles problemas en la instalación: filtraciones, fugas o usos indebidos: grifos abiertos o consumo excesivo de agua en alguna parte del proceso; para dar una de las propuestas de mecanismos y sistemas de ahorro, junto con planes de mantenimiento de bombas de agua y cisternas.

Por último, la fase de capacitación sobre el uso de extinguidor tipo ABC y uso de manguera contra incendios impartida por la Escuela de Bomberos Municipales de la ciudad de Guatemala; se describen las necesidades y los resultados de dicha capacitación.

OBJETIVOS

General

Reestructuración del departamento de mantenimiento del Instituto Nacional de Cancerología que permita controlar y administrar los recursos de sus áreas.

Específicos

1. Realizar un estudio administrativo por medio de la observación y el diagnóstico para determinar las estrategias necesarias con el fin de aplicarlas a la sintomatología que aqueja a la organización en cuanto a su estructura administrativa.
2. Elaborar el diseño óptimo del mantenimiento de la maquinaria y el equipo del Instituto Nacional de Cancerología.
3. Establecer los sistemas de control que el instituto requiera, por medio de la evaluación de desempeño, sistemas de control de gestión y nivel del departamento para tener la certeza de tomar decisiones pertinentes frente a los problemas que aquejan la institución, preventivas o correctivas.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto se orientara a la Reestructuración del departamento de mantenimiento del Instituto Nacional de Cancerología (INCAN).

Existen las siguientes áreas en el departamento de mantenimiento: área de calderas, carpintería, electricidad, bodega, esta área enlazada con un almacén de la institución.

Se realizará inspección en las áreas del edificio e instalaciones para detectar necesidades de mantenimiento, servicios de acondicionamiento de las áreas y sus servicios relacionados.

También, se formularán planes de mantenimiento del equipo, principalmente; en el área de calderas donde más se ocupa; también, como planes de rutina de equipo, ya que actualmente no se posee ni se tienen registros que contribuyen en la definición de criterios y prioridades de asignación de recursos para el correcto desempeño de las labores de mantenimiento preventivo y correctivo en las instalaciones; así como, una buena organización, necesaria para el fortalecimiento y desarrollo de las instalaciones físicas del instituto.

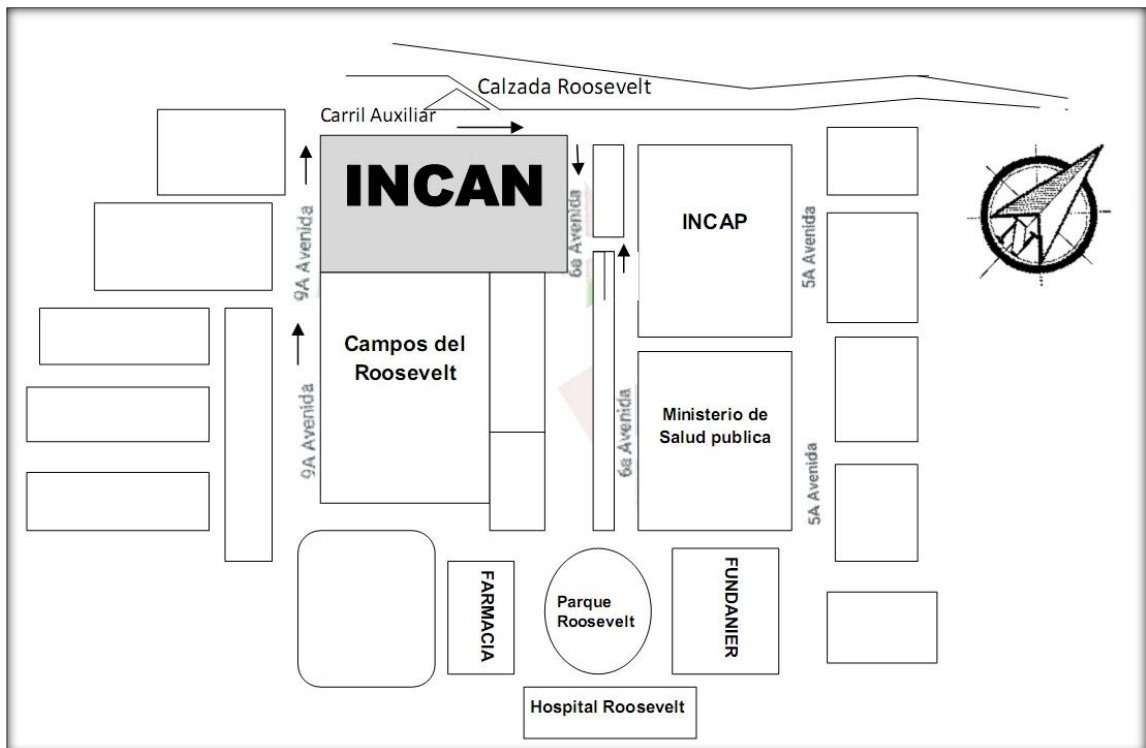
Se realizará un diagnóstico, derivado de la observación directa, preguntas y retroalimentación de información obtenida del personal que integra todo el departamento para proceder con el desarrollo de la investigación y del trabajo con el objetivo de proponer soluciones objetivas, reales y efectivas, con el objetivo de mejorar en la medida de lo posible.

El estudio plantea soluciones factibles, viables y lógicas con el fin de satisfacer las necesidades del departamento de mantenimiento; por lo tanto, se desarrollan métodos de trabajo mejorados, como se menciona en el párrafo anterior, en conjunto con el personal relacionado, que busca elevar los niveles de desempeño del Instituto Nacional de Cancerología, a partir de técnicas y herramientas de ingeniería.

1. GENERALIDADES DEL INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGÍA (INCÁN)

A continuación, se presenta información sobre el Instituto Nacional de Cancerología: historia, ubicación actual, políticas, valores, recursos, estructura organizacional, organigrama y las actividades actuales a nivel nacional. El instituto se ubica en la 6a avenida 6-58 zona 11, calzada Roosevelt, Guatemala.

Figura 1. Mapa de ubicación del Incán



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

1.1. Descripción

Es una institución privada de sentido social, comprometida con brindar calidad de vida, educación, prevención, diagnóstico y tratamiento de cáncer.

1.2. Antecedentes

La Liga Nacional contra el Cáncer se fundó en el año de 1952 y sus primeros directores se encargaron de redactar sus estatutos y obtener la personería jurídica e inmediatamente se pensó en buscar la manera de dar algún servicio con respecto al cáncer.

A esta finalidad obedeció el establecimiento en el Hospital General San Juan de Dios, de una clínica para la detección del cáncer, cuyo presupuesto y personal fue sostenido por la liga. Asimismo, se hizo adquisición de material radioactivo (Radium) el cual fue cedido para el tratamiento de pacientes cancerosos en el mismo hospital.

A estos primeros pasos, sucedió una intensa campaña encaminada a la creación del Instituto de Cancerología, con la aspiración de que pudiera llenar su cometido de la mejor manera posible: brindar instalaciones apropiadas y de personal médico, debidamente capacitado para tan trascendental función.

En terrenos próximos al Hospital Roosevelt, al Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá y a la Escuela Nacional de Enfermería, se obtuvo de parte del gobierno, la concesión de un predio que mide 121 metros de norte a sur y 112 metros de oriente a poniente; por lo tanto, con un área de 13 552 metros cuadrados.

Los trabajos de construcción se iniciaron en octubre de 1954, conforme a planos que cubrían las edificaciones necesarias para alojar las instalaciones destinadas al tratamiento de los pacientes ambulatorios.

Con igual colaboración de todas las fuerzas vivas del país, se reunieron los fondos necesarios para la obra, así como para la dotación de equipo: muebles e instrumental para clínicas, instalaciones de laboratorios, rayos X para diagnóstico, equipo de terapia por radiación, unidad estomatológica y todo el mobiliario y material destinado a las funciones administrativas en un área de 1 650 metros de construcción de una sola planta. En el mes de julio de 1958 se hizo la inauguración con un costo aproximado de Q 200 000,00 quetzales.

Durante 10 años se atendió en las instalaciones mencionadas todos los casos ambulatorios. Los casos que requerían hospitalización tenían necesariamente que ser referidos a los Hospitales Nacionales.

Estos 10 años transcurridos, permitieron a la Liga Nacional contra el Cáncer, mediante sus campañas, ir reuniendo y acumulando fondos con miras a la

construcción de un hospital que complementara las funciones desempeñadas por los consultorios.

Se contrató la elaboración de un proyecto a un costo de Q 25 000,00. Dicho proyecto con todos sus planos y especificaciones, fue sometido a revisión y estudio por quienes más experiencia tenían en el ramo dentro del país; asimismo, se sometió a la consideración de entidades especializadas del exterior.

El proyecto comprende, debidamente integrado con los consultorios, un hospital de cuatro plantas para 180 camas con posibilidades de extensión a 200.

Es importante conocer que entre las especificaciones exigidas por la liga, estaba que el proyecto fuera realizable en dos etapas, con la mira de que al lograr realizar la primera, principiará a darse el servicio en el país.

A fines de 1968 estaba realizada esta primera etapa y el hospital, con dos plantas, se encontraba preparado para dar cabida a 80 pacientes.

Las fuertes erogaciones necesarias para la instalación de los servicios generales, que desde luego son planeadas para atender las necesidades del proyecto total se financiaron con ayuda de todos, como lo atestiguan las numerosas placas de reconocimiento que a perpetuidad, se mantendrán en los muros de las dependencias.

Los servicios de lavandería, cocina, cafetería, subcentral eléctrica, caldera, bombas y depósitos de agua, etc., quedaron instalados y con capacidad de suplir todas las necesidades futuras.

Se proveyeron camas, camillas, sillas de ruedas, almohadas, etc. Por su parte el Comité Femenino de la Liga Nacional contra el Cáncer, trabajó tesoneramente para lograr toda la ropería del hospital. Así se había cumplido una etapa más en la interminable tarea.

En estas circunstancias, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y el Director del Hospital General San Juan de Dios, haciendo uso de su espíritu comprensivo y amplio y con la idea prevalente del bien a los enfermos, entablaron pláticas con directores de la liga, a fin de encontrar la forma más beneficiosa de servir a los pacientes cancerosos.

Se llegó a la celebración de un contrato entre el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social por una parte y la Liga Nacional contra el Cáncer por otra, por el cual los pacientes cancerosos del Hospital General San Juan de Dios, fueran trasladados al Instituto de Cancerología para ser atendidos allí, mediante el aporte de la misma suma que dichos pacientes tenían asignada en el presupuesto del Hospital General.

Fue pues mediante este convenio, que en enero de 1969 se hizo la inauguración del Hospital de Cancerología y principió esta fase de servicio que persiste hasta el presente¹.

¹ Incán. *Historia*. <http://www.ligacancerguate.com/about/>. Consulta: 10 de junio de 2017.

1.3. Atribuciones

- Formular planes generales y específicos de trabajo para el desarrollo de la lucha contra el cáncer.
- Organizar campañas para hacer conciencia nacional, en cuanto al cáncer y sus manifestaciones, la importancia de su diagnóstico precoz, métodos de tratamiento y sus posibilidades de éxito, mediante la colaboración pública. Con tal objeto, elaborará programas de educación profesional y de divulgación relativos a sus fines.
- Colaborar con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y con entidades oficiales y privadas afines para lograr la unificación de métodos y la coordinación de los trabajos a fin de evitar la duplicación innecesaria de esfuerzos.
- Gestionar la emisión reforma y derogatoria de las normas legales que puedan influir favorablemente o desfavorablemente en el buen éxito de la lucha contra el cáncer.
- Promover la fundación de centros de diagnóstico, tratamiento y de asistencia y prestarles la colaboración requerida para el éxito y progreso de sus labores.
- Elaborar estadísticas de interés para el éxito de la lucha contra el cáncer.
- Mantener constante información al público de las actividades desarrolladas por la liga y de sus programas de acción.
- Establecer y mantener relaciones con sociedades y entidades análogas del país y del extranjero y promover el desarrollo y la coordinación de la lucha contra el cáncer².

1.4. Financiamiento

Cuenta con un convenio suscrito ante el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, por prestación de servicios de salud a los pacientes referidos de la red hospitalaria nacional, por un monto de 21,7 millones de quetzales.

Se cuenta con los ingresos que se obtienen por servicios prestados a pacientes, que una vez estudiados por el servicio social, están en capacidad económica para hacer algún aporte. Su presupuesto es de 80 millones de quetzales al año, aproximadamente.

² Incán. *Historia*. <http://www.ligacancerguate.com/about/>. Consulta: 10 de junio de 2017.

Las cantidades apuntadas sirven para llenar los gastos de funcionamiento, pago de personal, medicinas, alimentación, etc.

Para la realización de mejoras de importancia como nuevas construcciones, ampliación de las existentes e instalación de nuevas dependencias o secciones; se hace necesaria la financiación a través de la Liga Nacional contra el Cáncer, que por medio de su campaña anual de conscripción, mediante programas especiales o bien obteniendo donativos específicos, aporta los fondos que han de dedicarse a tales gastos extraordinarios³.

1.5. Visión

Ser una institución líder en la región, en investigación y atención integral del cáncer, con la más alta tecnología, personal capacitado, con sensibilidad social, desarrollando estrategias para nuestra mejora continua.

Que el registro hospitalario sea parte del sistema de información en la vigilancia epidemiológica del cáncer en nuestro país para la planificación de estrategias en los servicios de salud según las necesidades de la población atendida por el Incan y sea fuente importante de información para registros poblacionales según codificaciones y estándares internacionalmente aceptados⁴.

1.6. Misión

Somos una institución privada no lucrativa, comprometida en brindar calidad de vida en servicios de educación, prevención, diagnóstico y tratamiento de cáncer en jóvenes y adultos en Guatemala.

Recolectar generar y analizar información sobre los casos nuevos de cáncer de los pacientes atendidos en el Incan y determinar los cambios y tendencias de los diferentes tipos de cáncer, cuantificar las demandas que los pacientes oncológicos generan tanto de recurso económico, físico y humanos, y el intercambio de información a nivel nacional e internacional⁵.

1.7. Estructura organizacional

El instituto está ligado con la Liga Nacional Contra el Cáncer como se dijo anteriormente; cuenta con una junta directiva que tiene a su cargo distintos departamentos y direcciones; en este caso el departamento de mantenimiento

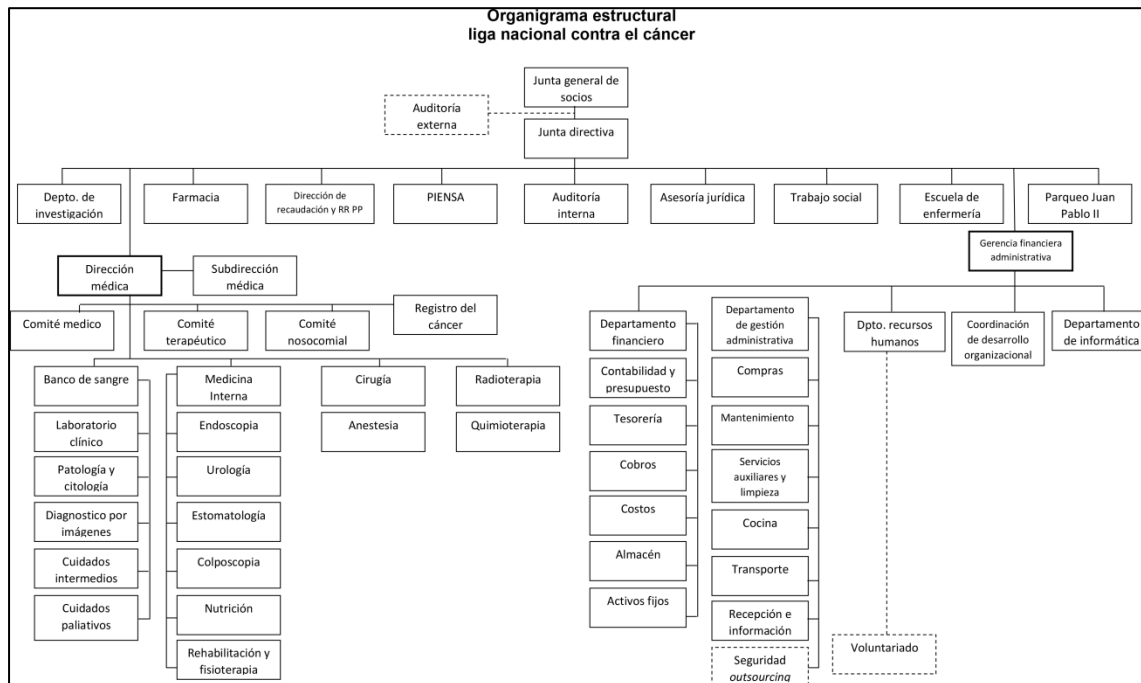
³ Incán. *Historia*. <http://www.ligacancerguate.com/about/>. Consulta: 10 de junio de 2017.

⁴ *Ibíd.*

⁵ *Ibíd.*

pertenece al departamento administrativo como se describe en el siguiente diagrama:

Figura 2. Organigrama del Incán

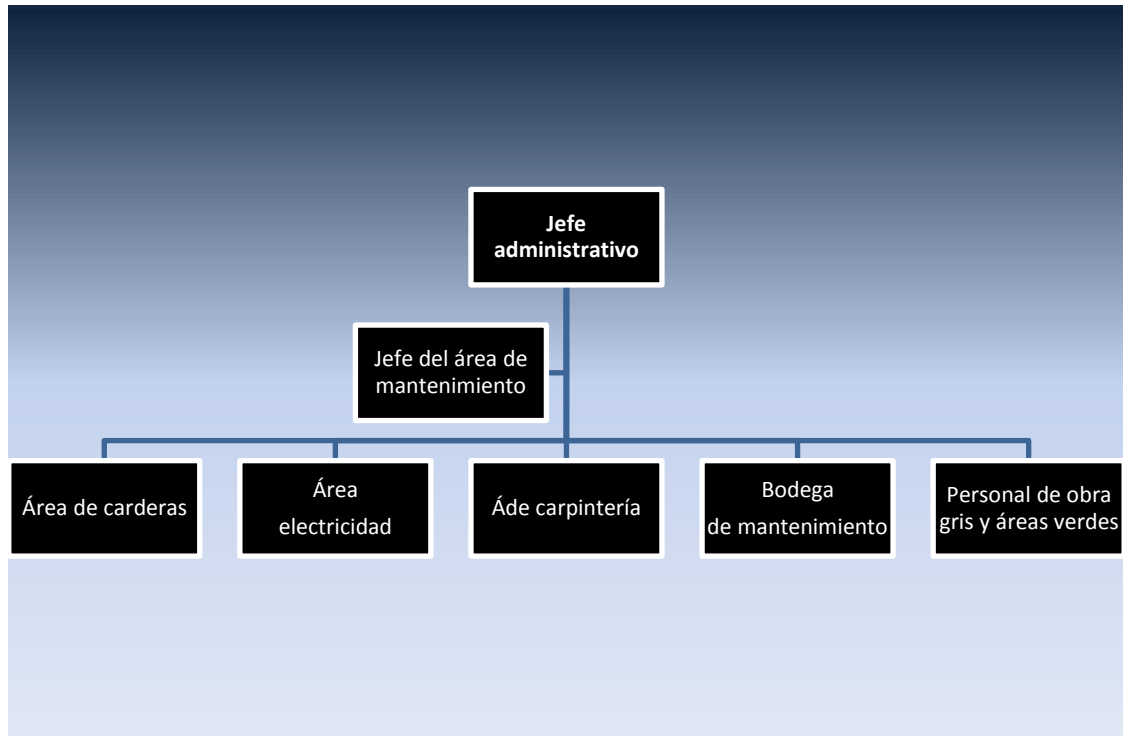


Fuente: elaboración propia.

1.8. Estructura del departamento de mantenimiento

El departamento está constituido por un jefe de mantenimiento, como responsable, de él depende el personal directo de las 5 áreas, agrupados en dos categorías: encargados y ayudantes. Los departamentos de servicios y limpieza y compras dan apoyo al departamento, sin depender de este ni jerárquica ni funcionalmente.

Figura 3. Organigrama del departamento de mantenimiento, Incán



Fuente: elaboración propia.

1.8.1. Funciones del departamento de mantenimiento

La función del departamento de mantenimiento del Instituto Nacional de Cancerología es la realización de un conjunto de actuaciones que garanticen el correcto funcionamiento del edificio, las instalaciones y los equipos, para ello se desarrollan observaciones continuas, cuyos objetivos básicos son los siguientes:

- Limitar el deterioro de los equipos y las instalaciones y, en consecuencia, la degradación del servicio prestado.

- Reducir costos debidos a paradas que suponen pérdidas del servicio, por averías accidentales de los equipos o por el propio mantenimiento.
- Minimizar los costes de explotación durante la vida útil de la inversión. Conseguir que la vida útil de las instalaciones, las máquinas y los edificios sea lo más prolongada posible que permita que el valor de las inversiones permanezca activo durante el tiempo de amortización e incluso después.
- Proporcionar conocimientos y asistencia a partir de la experiencia adquirida, en proyectos y gestión de nuevas instalaciones.

Para conseguir dichas funciones, el departamento de mantenimiento se desglosa en los siguientes campos:

- Mantenimiento correctivo de maquinaria
- Obras de remodelaciones de instalaciones del hospital
- Dirección, control y gestión del departamento

1.9. Actividades que realiza el Incán

Instituto de Cancerología y Hospital "Dr. Bernardo del Valle S". (INCAN) - Patronato - Departamento de Prevención, Investigación y Educación en Salud (PIENSA) - Farmacia Somos el único hospital especializado contra el cáncer en Centroamérica y el caribe. Pertenece a la asociación de ligas nacionales contra el cáncer de Latinoamérica (alicc). Ser un hospital escuela en la especialización de cirugía oncológica en Guatemala. Pioneros como el primer hospital de vacunación permanente contra el virus del papiloma humano (VPH) en Latinoamérica.

Los servicios médicos que se prestan en el Instituto Nacional de Cancerología se listan a continuación:

- Clínicas de consulta
- Prueba de papanicolaou

- Rayos X
- Mamografía
- Ultrasonido
- Laboratorio clínico
- Banco de sangre
- prostático, CA 125, ACE, etc.)
- Colonoscopia
- Citología
- Laboratorio de Patología
- Endoscopia
- (esófago-gastroscopia, colposcopia,
- nasofibro laringoscopia, etc.)
- Electrocardiograma
- Ortopedia Oncológica
- Neurocirugía
- Urología oncológica
- Proctoscopías
- Implante Curietron
- Cirugía mayor
- Cirugía menor
- Cirugía radical mayor
- Quimioterapia
- Radioterapia externa
- Nutrición
- Dermatología
- Clínica del dolor
- Banco de sangre
- Farmacia
- Trabajo social
- Albergue
- Otros⁶

⁶ Incán. *Actividades y funciones*. <http://www.ligacancerguate.com/about/>. Consulta: 20 de octubre de 2017.

2. REESTRUCTURACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DEL INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGÍA (INCÁN)

Se suele denominar reestructuración a cualquier intento de reorganización o de reingeniería. Si bien estos términos suelen interpretarse de la misma manera, su ámbito de aplicación cambia.

Por tal motivo y según el ámbito donde se encuentre la institución, se muestra una comparación de dichas definiciones, para la mejor comprensión de este capítulo, para detallar su razón.

2.1. Marco teórico

A continuación, se presenta la teoría referente a temas de reestructuración, el empleo del mismo.

2.1.1. Reestructuración

Son los procedimientos que lleva a cabo una empresa a fin de reasignar actividades y responsabilidades, suprimir tareas improductivas e introducir cambios en sistemas o procesos. La reestructuración consiste en el mejoramiento del diseño actual, generalmente, supone la realización de cambios parciales efectuados en forma incremental.

En otros términos, reorganizar es adoptar nuevos sistemas prescindiendo de los viejos manteniendo la estructura organizacional actual en gran medida.

Se corrigen dificultades encontradas en procesos y programas dentro de los límites de la organización actual.

2.1.2. Reorganización

Consiste en un proceso de estudio de las perspectivas de la organización, basado en la comparación constante entre la estructura organizacional y los objetivos fijados. Implica analizar en qué grado la estructura actual contribuye al logro de los objetivos para introducir los cambios necesarios en todos los niveles organizacionales cuando los resultados no son los esperados.

2.1.3. Reingeniería

La reingeniería implica cambiar de manera fundamental la organización que ignora el diseño actual.

La reingeniería es empezar de nuevo. No quiere decir chapucear con lo que ya existe ni hacer cambios incrementales que dejan intactas las estructuras básicas. No se trata de remendar nada, de hacer componendas en el sistema existente para que funcione mejor; rediseñar una empresa significa echar a un lado sistemas viejos y empezar otra vez.

2.1.4. Reestructuración del departamento de mantenimiento

Una reestructuración tiene como objetivo la modificación de determinado tipo de actividades y responsabilidades, que se aplicarán en el departamento de mantenimiento del Incán, donde se describirán nuevos programas de reestructuración: planes de operaciones, sistemas de prevención y control, guías, rutinas, propuestas de mejora continua, servicios técnicos, optimizaciones, etc., dirigida a las áreas que componen dicho departamento.

La reestructuración se aplica para una mejor recolección de la información de acuerdo a las necesidades que se requiere; su elaboración es de mucha importancia para mejorar lo que actualmente posee, ya que actualmente se encuentra en forma precaria, y los que aun hacen falta para un mejor manejo del equipo y los procedimientos que se deben seguir para el cumplimiento de todas estas actividades: por ejemplo, falta de análisis mecánico de caldera, falta de mantenimiento de los equipos, controles de registros, etc.

Reestructuración no es comenzar de cero, es un cambio de modificaciones hechas ordenadamente; además ordena la empresa alrededor de las operaciones. También, requiere que los procesos fundamentales sean observados y obtenga una mejora de costos de la institución.

La institución tiene que ser capaz de deshacerse de las reglas y políticas convencionales que aplicaba con anterioridad y estar abierta a los cambios por medio de los cuales sus operaciones puedan llegar a ser más rentables.

La reestructuración también significa el abandono de viejos procedimientos; se basa en crear procesos que agreguen mayor valor a la institución.

La reestructuración es el replanteamiento fundamental y el rediseño radical de los procesos del negocio para lograr mejoras dramáticas dentro de medidas críticas y contemporáneas de desempeño como costo, calidad, servicio y rapidez.

Como todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida.

2.1.5. La reestructuración como única posibilidad de ciertas mejoras

Incrementarlas en rendimiento sería la única manera de igualar o superar la rapidez del cambio en el mundo actual; lograr avances decisivos, discontinuos. Antes se creía que la automatización era la solución, pero esto lo único que hace es hacer más rápidos los procesos actuales, lo cual está mal si el proceso es inadecuado y peor aun si ni siquiera hay necesidad de realizarlo, lo que a la larga sería una ligera mejora a expensas de una inversión sumamente fuerte.

Por eso, la única forma de afrontar este nuevo mundo es conociendo como hacer mejor el trabajo actual, lo cual se podrá realizar al analizar dicho trabajo.

Lo anterior lleva a la raíz de la reestructuración: olvidarse de que es obligatorio organizar el trabajo de acuerdo a los principios de la división del trabajo y hacerse de la idea que es necesario organizar el trabajo alrededor de los procesos.

2.1.6. Análisis de mejoras en la reestructuración

El mantenimiento modificativo intenta eliminar la causa del fallo claramente; esto implica una acción de ingeniería en vez de mantenimiento, pero habitualmente es responsabilidad del departamento de mantenimiento.

Es una política habitual en áreas de alto costo de mantenimiento que existen debido a su mal diseño o porque el equipamiento está siendo utilizado fuera de sus especificaciones de diseño; con este nombre se conocen las acciones que lleva a cabo mantenimiento para modificar las características de

las instalaciones, máquinas o equipos y para lograr de ésta forma una mayor fiabilidad o mantenibilidad de los mismos.

Este mantenimiento puede aparecer en tres épocas de la vida de estos componentes:

La primera oportunidad es cuando se pone en funcionamiento por primera vez. Las instalaciones, los sistemas, los equipos y las máquinas estándar, en ocasiones, necesitan ser adaptados a las necesidades propias de la empresa ya sea por razones del producto o bien por ajustar el costo o posibilidades de mantenimiento. Una instalación durante su diseño con un análisis desde el punto de vista de mantenimiento, evitará problemas posteriores que, en ocasiones, pueden ser difíciles de solucionar, se estaría ante un mantenimiento de proyecto.

La segunda época cuando puede aparecer es durante su vida útil. Se trata de modificar las instalaciones, las máquinas o los equipos para eliminar las causas más frecuentes que producen fallas. El análisis de las causas de las averías es el origen de este tipo de mantenimiento y supone la eliminación total de ciertas fallas; es prevención del mantenimiento.

Por último este mantenimiento se utiliza cuando una máquina entra en la época de vejez. En esta ocasión se lo trata de reconstruir para asegurar su utilización durante un intervalo de tiempo posterior a su vida útil.

Uno de los motivos por el cual no es muy común de encontrar este tipo de mantenimiento es por los costos y el tiempo que demanda realizar trabajos de ésta naturaleza; ya que al realizarlo se estaría rediseñando de alguna forma la máquina a utilizar, sabiendo la complejidad que esto implica.

2.2. Diagnóstico de la situación actual

La primera etapa para la implementación de la restructuración se realizará en la investigación de las necesidades y en la evaluación de cada una de las áreas del departamento de mantenimiento para la recolección de datos por medio de entrevistas hecha al operador de caldera que lleva más de 18 años de servicio en la institución; quien permitió conocer más a fondo problemáticas actuales y pasadas.

2.3. Análisis FODA

Se utiliza el FODA para este estudio, porque es una herramienta de análisis, que ayuda a comprender situaciones externas e internas de la institución, ya que en ella se comprenderá la situación actual del Instituto Nacional de Cancerología y con ello aplicar la matriz FODA del departamento de mantenimiento, para tener una resolución del problema bien claro para planificar estrategias oportunas y mejorar el departamento de mantenimiento.

Para ello se identifican las oportunidades y las amenazas departamento.

Primero, en el análisis externo del departamento, se dificulta ya que se trae en una de las áreas empresa de servicios muy antigua y otra nueva que no cuenta con control adecuado; solo se cuenta con la experiencia de ellos. Por tal motivo, se analizarán estos puntos ya que no se requiere que interfieran en el desarrollo de la restructuración.

La matriz FODA para el departamento divide para el análisis externo en oportunidades y en amenazas:

2.3.1. Oportunidades

Estas representan para el instituto una nueva mejora en los servicios de mantenimiento que presta actualmente el departamento de mantenimiento, puede ser un factor positivo. Estas son

- Optimización de la disponibilidad del equipo
- Disminución de los costos de mantenimiento
- Optimización de los recursos humanos
- Maximización de la vida de las máquinas
- Reingeniería en métodos de mantenimiento

2.3.2. Amenazas

Pueden poner en peligro la funcionalmente del instituto. Por eso es importante identificarlos. Estos son:

- Falta de comunicación e información con los proveedores.
- Falta de control de las empresas que brindan servicios.
- Falta de tareas y objetivos de mantenimiento para alcanzar nuevas oportunidades tecnológicas.
- Excesiva tardanza en decisión en materias claves de mantenimiento.
- Incremento de las necesidades de mantenimiento por tiempo de vida de la maquinaria y el equipo.

- Aumento de la exigencia interna y externa del cumplimiento de objetivos con el menor tiempo y coste posibles.

2.3.3. Fortalezas

Se muestran todas aquellas capacidades y recursos del instituto para explotar las oportunidades y conseguir ventajas competitivas:

- Buena relación entre los empleados.
- oportunidad de aprender nuevas formas de mantenimiento
- Poseer personal, cursos y certificaciones
- Apoyo y deseo de mejoramiento
- Algunos operarios conocen bien su equipo, solucionan fallas rutinarias

2.3.4. Debilidades

Carencias que existen, y pueden mejorarse. Estos son:

- Falta de comunicación entre superiores y subordinados
- Equipo de instrumentación en mal estado
- Equipos muy antiguos
- Poca señalización
- Poco mantenimiento de las máquinas
- Poca planificación
- Falta de normas y lineamientos en funciones del departamento
- Escaso control del mantenimiento
- Falta de un adecuado *stock* de repuestos
- Falta de documentación de mantenimiento (registros)
- Falta de comunicación entre superiores y subordinados

Tabla I. Matriz FODA

<p style="text-align: center;">Factores Internos</p> <p style="text-align: center;">Factores Externos</p>	<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Buena relación entre los empleados. • Oportunidad de aprender nuevas formas de mantenimiento. • 50 % Conocimiento del equipo y maquinaria. • Preocupación por tener en óptimas condiciones las instalaciones. • Poseer personal cursos y certificaciones. • Apoyo y deseo de mejoramiento. • Algunos operarios conocen bien su equipo, solucionan fallas rutinarias. 	<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equipo de Instrumentación en mal estado. • Equipos muy antiguos. • Poca señalización. • Poca mantenimiento a las máquinas. • Poca planificación. • Falta de normas y lineamientos en funciones del departamento. • Escaso control del mantenimiento. • Falta de un adecuado <i>stock</i> de repuestos. • Falta de documentación de mantenimiento (registros). • Falta de comunicación entre superiores y subordinados.
<p style="text-align: center;">Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Optimización de la disponibilidad del equipo. • Disminución de los costos de mantenimiento. • Optimización de los recursos humanos. • Maximización de la vida de las máquinas. • Reingeniería en métodos de mantenimiento. 	<p style="text-align: center;">FO (maxi-maxi)</p> <p style="text-align: center;">Uso de fortalezas para aprovechar oportunidades.</p> <p>Integrar las habilidades personales a conocimientos.</p> <p>Mantener una actitud positiva y responsable dentro de las áreas.</p>	<p style="text-align: center;">DO (mini-max)</p> <p style="text-align: center;">Vencer debilidades, aprovechando oportunidades</p> <p>Distribuir recursos en equipos que verdaderamente lo ocupen, para que trabajen de manera eficiente y evitar gastos.</p> <p>Establecimiento de planes de mantenimiento de máquinas con métodos actualizados.</p> <p>Establecer reuniones para mejoramiento de la comunicación entre los empleados.</p>
<p style="text-align: center;">Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de comunicación e información con proveedores. • Falta de control de las empresas que brindan servicios. • Falta de tareas y objetivos de mantenimiento para alcanzar nuevas oportunidades tecnológicas. • Excesiva tardanza en decisión en materias claves de mantenimiento. • Incremento de las necesidades de mantenimiento por tiempo de vida de maquinaria y equipo. • Aumento de la exigencia interna y externa del cumplimiento de objetivos. 	<p style="text-align: center;">FA (maxi-mini)</p> <p style="text-align: center;">Usar fortalezas para evitar amenazas</p> <p>Emplear métodos para el control de empresas que brindan servicios.</p> <p>Responsabilidad y la capacidad de trabajar en equipo para evitar desarticulaciones.</p> <p>Necesidad de capacitación en áreas que empleados aun no dominan o no comprenden.</p> <p>Fortalecimiento de conocimiento mayor al que ya se posee.</p>	<p style="text-align: center;">DA (mini-mini)</p> <p style="text-align: center;">Reducir a un mínimo las debilidades y evitar las amenazas</p> <p>Poner el mejor empeño del operario para realización de operaciones internas dentro del instituto.</p> <p>Evitar que sistemas y equipos caigan por la falta de observaciones dentro del instituto.</p>

Fuente: elaboración propia.

2.4. Área de calderas

En los procesos de energía del instituto Nacional de Cancerología, Incán, la intervención del vapor es indispensable, para la reducción de costos y trabajo eficiente. Actualmente, cuenta con dos calderas pirotubulares, que utilizan como combustible el búnker y la otra diesel, las cuales se alternan; la bunker por un mes y la diesel por una semana por el alto costo de diesel. El precio de estos dos ha ido en aumento, haciendo que la generación de vapor con base en estos combustibles no sea rentable o muy caro. Solamente, se analiza la bunker, ya que la diesel no cuenta con mucha información.

El vapor se distribuye para los servicios de lavandería (2 lavadoras industriales), cocina (2 marmitas y una sancochadora), central de equipos (3 autoclaves) y un calentador de agua (capacidad 1000 gls), trabajando estos 8 horas diarias de lunes a sábado en horario de 7:00 am a 15:00 pm.

Actualmente, la institución carece de programas de mantenimiento; solo cuenta con una empresa que se encarga de mantenimientos correctivos; otra empresa que se encarga de análisis de agua, y se tiene más de 5 meses sin mantenimiento, la cual se describirá en que condición se encuentra:

2.4.1. Descripción general de la caldera Cleaver Brooks

Primero se dará una identificación técnica de la caldera Cleaver Brooks, guiados por la que posee el equipo, se ilustra en la siguiente tabla:

Tabla II. **Placa de características**

Clever Brooks Caldera integrada CB			
Modelo	CB600-70	núm. de serie	L-61205
Presión max.	10,5 kg/cm ² / 150 PSI	Fecha	12/09/1975
Cap. de evap.	9390 Kg/h . 20700 Lb/h	tipo de caldera	Horizontal /3 pasos
Peso de cal	17000 lb (vacía) / 31541 inundada / 23425 Lb (a nivel)		
Combustible	Bunker	presión req. de gas	12,5 bar
Requisitos eléctricos			
Energía principal	230	voltios	3 Fase 60 HZ 29 AMP
Mínima capacidad del circuito	31	AMP	
Capacidad máxima de protección de circuito	116	AMP	
Motor soplador	2	HP.	
Motor compresor	2	HP	
Calentador de aceite	5	KW	
Control circuito			
120 voltios 1 fase	60	HZ	7 AMP
Motor bomba de aceite			
60	VOLTIOS	3 FASE	60 HZ 1 AMP

Fuente: elaboración propia.

2.4.1.1. Cálculo de la capacidad de producción de caldera núm. 1 Cleaver Brooks (área de calderas)

La potencia de la caldera viene dada por HP de caldera (BHP), tal como fue establecida en 1889 por la ASME. Esta medida estaba basada en una máquina de vapor que empleaba 13,62 kg (30 lb) de vapor por HP hora a una presión relativa de 4.9 kg/cm² (70psi) y con el agua de alimentación de la caldera a 38,5 °C (101 °F). Esto corresponde a la evaporación de 15,65 kg (34.5 lb) de agua por hora a 100 °C (212 °F), lo cual significa la conversión de 15.65 kg de agua por hora a 100 °C en vapor saturado a 100 °C, a la presión atmosférica normal (1,033 kg/cm²).

Además, este proceso de transmisión de calor, que tiene lugar en la caldera, es un proceso de flujo constante, en el cual, el calor transmitido es igual a la variación de la entalpía del vapor generado y la del agua de alimentación.

Por consiguiente, la capacidad de una caldera podrá expresarse de la siguiente forma:

$$\text{HP de caldera (BHP)} = \frac{ms(hg - hf)}{(2\,257)(15,65)}$$

Donde:

- ms = peso del vapor producido por la caldera, en kg/hr.
- hg = entalpía de vapor saturado en kJ/kg, a presión absoluta de generación.

- h_f = entalpía del agua de alimentación en las condiciones a las que esa agua llega a la caldera en kJ/kg.

Tabla III. **Condiciones actuales**

Toma actual	
Presión	90 psi
	6,32781 Kg / cm ²
	6,20 bar
Entalpia vapor saturado h_g	2756,8 KJ / KG
Entalpia vapor liquido h_f	670,56 KJ / kg
Peso del vapor producido	1500 kg/h

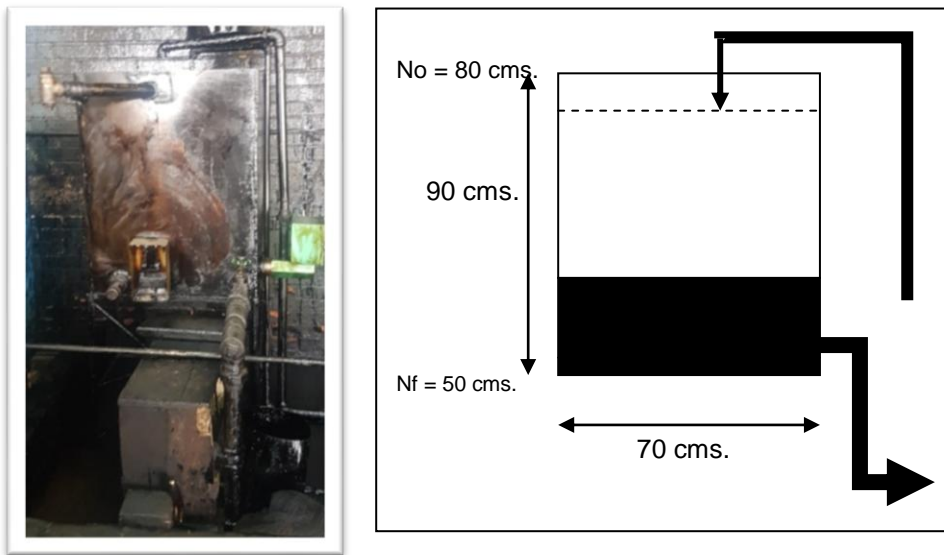
Fuente: elaboración propia.

$$\text{HP de caldera (BHP)} = \frac{1\,500 (2756,8 - 670,56)}{(2\,257)(15,65)}$$

$$\text{HP de caldera (BHP)} = 70,87 \text{ BHP}$$

2.4.1.2. Consumo de combustible (bunker) de caldera núm. 1 Cleaver Brooks

Figura 4. Tanque auxiliar de bunker



Fuente: elaboración propia.

Las calderas Cleaver Brooks instaladas en la institución utilizan el bunker como combustible de la siguiente manera: la caldera está en operación 8 horas diarias de lunes a sábado; el tanque normal de combustible tiene la capacidad de 3 000 gal; el tanque auxiliar es de forma rectangular con medidas 70 cms de ancho y 90 cms de altura, con lo cual el nivel del combustible dentro del tanque disminuye a razón de 30 cms por día.

Para encontrar el volumen del combustible consumido (V_{cc}) se realiza la siguiente operación matemática:

$$V_{cc} = A_t * (N_o - N_f)$$

Donde:

- V_{cc} = volumen de combustible consumido
- A_t = área del depósito de combustible = $b * h$
- N_o = nivel inicial
- N_f = nivel final

Para encontrar el volumen de combustible consumido:

Tabla IV. Consumo diario de vapor

Día regular (8 horas)	Demanda (mas 8 horas)
$V_{cc} = b * h (N_o - N_f)$ $V_{cc} = (70*90) (80-60)$	$V_{cc} = b * h (N_o - N_f)$ $V_{cc} = (70*90) (80-50)$
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; background-color: #e0e0e0;"> $V_{cc} = 126\ 000\ \text{cm}^3/\ \text{día}$ </div>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; background-color: #e0e0e0;"> $V_{cc} = 189\ 000\ \text{cm}^3/\ \text{día}$ </div>

Fuente: elaboración propia.

Día regular (6 horas)

$$\frac{126000\ \text{cm}^3}{1\ \text{día}} * \frac{1\ \text{día}}{8\ \text{hrs}} = \frac{23\ 625\ \text{cm}^3}{1\ \text{h}} = \frac{1\ \text{gal}}{3785\ \text{cm}^3} = \boxed{4,16\ \text{gal / hora}}$$

Día largo (8 horas)

$$\frac{189000\ \text{cm}^3}{1\ \text{día}} * \frac{1\ \text{día}}{8\ \text{hrs}} = \frac{23\ 625\ \text{cm}^3}{1\ \text{h}} = \frac{1\ \text{gal}}{3785\ \text{cm}^3} = \boxed{6,24\ \text{gal / hora}}$$

La caldera consume 4,16 galones de bunker por hora y en total 33,88 galones de bunker por día, en día regular; en día largo hace en demanda 6,24 galones de bunker por hora y en total 49,92 galones de bunker por día.

Tabla V. **Tabla de consumos**

	Precio	Consumo Diario (8 horas)	Consumo semanal (6 días)	Total costo semanal	%
Bunker	Q 12,56	41,9 galones	251,4 gal	Q 3 157,58	40 %
Diesel	Q 19,43	39,8 galones	238,8 gal	Q 4639,88	60 %

Fuente: elaboración propia.

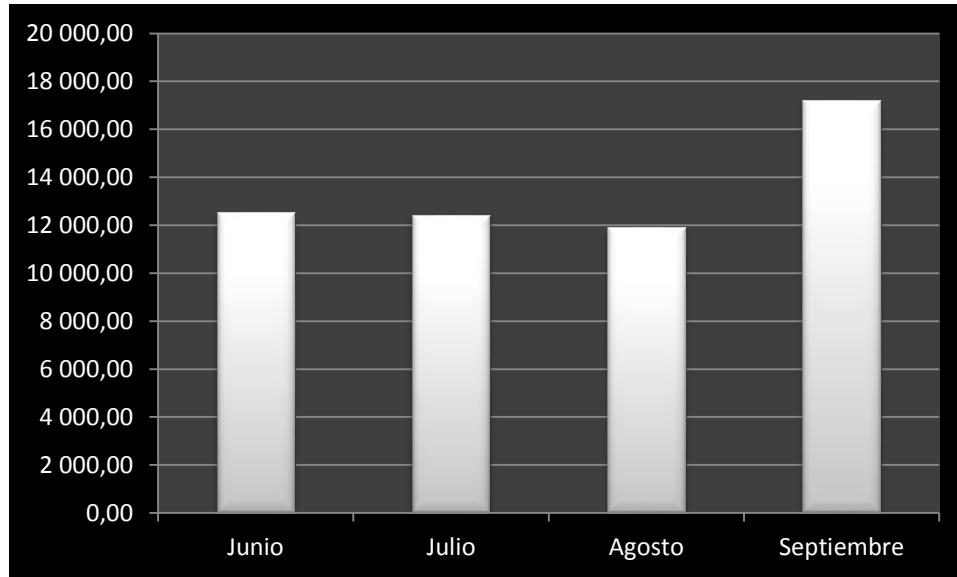
El valor porcentual representativo del consumo real de combustible dentro de la institución por medio de las calderas refleja de manera directa su nivel de desarrollo. Este porcentaje se obtiene a partir del control del libro de ingresos de combustible forma H-1 que la Contraloría General de Cuentas exige y supervisa cada año. El mayor costo de consumo, lo tiene la caldera diesel con un 60 %; en este caso no conviene tenerla activa por mucho tiempo, a un 40 % que consume la caldera bunker, que en cuestión de costo sí valdría la pena mantenerla por más tiempo en proporción al costo.

Tabla VI. **Diferencia de consumo**

	Consumo total de combustible mensual								Totales
	Junio		Julio		Agosto		Septiembre		
	gal.	Q	gal.	Q	gal.	Q	gal.	Q	
Bunker	998	12534,88	990	12434,40	668	8390,08	0	0	33359,35
Diesel	0	0	0	0	282	3536,26	945	17195,55	20731,81
	998	12534,88	990	12434,40	950	11926,34		17195,55	54091,16
dif.		608,54		508,06		0		5 269,21	

Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Gráfica de consumo mensual**



Fuente: elaboración propia.

Agosto fue el mes más óptimo, por lo cual se sugiere que se trabaje en forma simultánea con la caldera diesel, como lo habían propuesto, 3 semanas bunker y una semana diesel, para mantener las dos calderas en funcionamiento y no se deterioren con el paso de tiempo. Por otro lado, al mantenerse la caldera bunker sin operación, los costos de caldera diesel son muy elevados por lo cual no le convendría al instituto.

2.4.1.3. Eficiencia de caldera núm.1 Cleaver Brooks

Anteriormente se calculó uno de los parámetros de entrada; en este caso, la eficiencia es uno de los parámetros de salida, por lo cual se calcularán y evaluarán condiciones que se tienen establecidos: presión de la caldera 100 psi, temperatura de agua de alimentación 35 °C, el

rango de alimentación es de 100 a 1c500 kg/h; el valor calorífico del bunker es de 2 551,36 kcal/ kg. Con eso se calcula su eficiencia:

$$\eta_{\text{caldera}} = \frac{(m_f - m_b) (h_w + 0,98 Ah)}{M_f \cdot h_f} = \frac{(1500-100) (2\ 551,36 - 0,98(2\ 551,36))}{(41-2\ 251,36)} = 58,80 \%$$

- m_b : rango de *blow-down* de la caldera (promedio) (kg/h)
- m_{fw} : rango de agua de alimentación (kg/h)
- h_f : valor calorífico del combustible (valor bajo) (kJ/kg)
- m_f : consumo de combustible (kg/h)
- m_{fwmax} : rango de flujo máximo de agua de alimentación (kg/h)
- η_{caldera} : eficiencia de la caldera (%)

Factor de carga de la caldera está dada por la siguiente ecuación:

$$LF = 100 \frac{(m_f - m_b)}{M_{fmax}} = 100 \frac{(1500-100)}{2\ 551,36} = 6,67 \%$$

- LF : factor de carga de la caldera (%)
- ΔH : calor latente del vapor (kJ/kg)
- h_w : entalpía específica de agua saturada (kJ/kg)
- h_{fw} : entalpía específica del agua de alimentación (kJ/kg)

La importancia de conocer la eficiencia térmica con que operan las calderas radica en evaluar el grado de aprovechamiento de la energía del combustible para producir vapor. Además, se pueden cuantificar las cantidades de calor que ingresan y egresan de una caldera. La eficiencia de una instalación puede obtenerse del balance de energías, considerando la energía aprovechada y la energía entregada.

2.4.1.4. Principio de operación de caldera núm.1 Clever Brooks

La operación de la caldera se da por transmisión por convección térmica, que es la transferencia de calor entre una superficie sólida y un fluido. Se trata de una modalidad combinada, ya que el calor en la interfiere con sólido-fluido; se transfiere por conducción mediante las colisiones o choques entre las moléculas del sólido y las del fluido. Como resultado de estas acciones se produce en el fluido un cambio de temperatura, y en consecuencia, una variación de densidad, de lo que resulta un movimiento del fluido. Ocurre un proceso de mezcla de las diversas porciones a alta y baja temperatura en dicho fluido; se transfiere así la energía térmica por transporte de masas de fluido.

Cuando al agua se le comunica energía calorífica varía su entalpía y su estado físico. A medida que tiene lugar el calentamiento, la temperatura del fluido aumenta y por lo regular su densidad disminuye. La rapidez de la vaporización depende de la velocidad con la cual se transmite el calor al agua y de su movimiento en el recipiente en donde está confinado. El vapor así formado, si bien se halla en el estado gaseoso, no sigue enteramente las leyes de los gases perfectos. La temperatura a la cual se produce la ebullición depende de la pureza del agua y de la presión absoluta ejercida sobre esta. Para el agua pura la temperatura de ebullición tiene un valor determinado para cada presión y es menor a bajas que a altas presiones.

Vapor de agua saturado es el vapor producido a la temperatura de ebullición correspondiente a su presión (absoluta) se denomina saturado. El vapor saturado puede estar exento completamente de partículas de agua sin vaporizar o puede llevarlas en suspensión. Por esta razón, el vapor saturado puede ser seco o húmedo.

Caldera Cleaver Brocks Modelo CB 600-70, está trabajando actualmente en un tiempo de jornada de 8 horas 6 días de la semana. El consumo que se tiene es de aproximadamente 36 galones diarios (bunker). Posee un sistema semiabierto en algún momento se quiso hacer cerrado

El tratamiento químico es proporcionado por la empresa UNISER S:A: , la cual lleva un año con 18 meses brindando este servicio, el tratamiento actual consta de 4 productos: FUELL 900 y Boiler S-3

Las personas encargadas de calderas son dos; las cuales trabajan en turnos rotativos de 7 horas, con más de 28 años de laborar en dicha empresa, con los conocimientos técnicos necesarios para operar una caldera, uno cuenta con estudios relacionados con el tema de calderas, todo lo que saben lo han aprendido a través de los años.

El agua de alimentación: el sistema es alimentado con agua suave y se cuenta con un bajo retorno de condensado de un sistema semicerrado, lo que ayuda a despojar del agua de alimentación mucha de la dureza que contiene el agua cruda o agua dura.

La combustión en una caldera se realiza con el fin de obtener energía; es obvio que para una mejor rentabilidad es preciso recuperar, del modo más posible, la energía química contenida en potencia en el combustible.

Esta energía química va a liberarse bajo la forma de calor en las reacciones de la combustión. Este calor va a ser recuperado en la caldera para producir vapor y recalentarlo. La diferencia entre la energía en potencia, contenida en el combustible, y la energía absorbida por el vapor constituye la energía perdida (calorías perdidas).

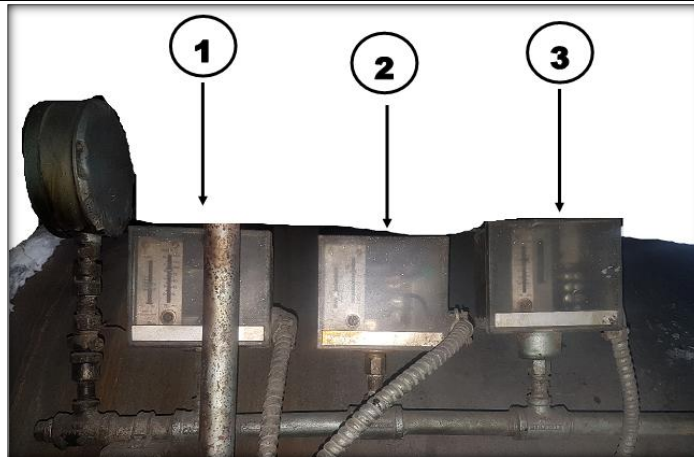
El rendimiento de la combustión es, pues, función de estas pérdidas. Las causas de estas pérdidas son numerosas.

La producción de un generador de vapor se da frecuentemente en kilogramos de vapor por hora, pero como quiera que el vapor a distintas presiones y temperaturas posea diferentes cantidades de energía, aquel sistema no mide exactamente la energía producida. La capacidad de una caldera de vapor se expresa más concretamente en forma del calor total transmitido por las superficies de caldeo en kcal por hora. Debido a que este valor numéricamente es grande, la ASME recomienda como unidades la kilo Btu (= 1 000 Btu = 254 kcal) por hora o la mega Btu (= 1 000 000 Btu = 254 000 kcal) por hora. El proceso de transmisión de calor que tiene ocasión en un generador de vapor es un proceso de flujo constante, en el cual el calor transmitido es igual a la variación de la entalpía del fluido.

2.4.1.4.1. Controles de vapor de caldera

Es uno de los elementos de seguridad más importante para la operación de la caldera de vapor; permite mejorar la seguridad en la operación de las calderas de vapor mediante controles manuales.

Figura 6. **Controles de presión**



1. Control de la presión límite de funcionamiento:

Circuito que sirve para el funcionamiento del quemador en un aumento de la caldera. Se ajusta para detener o iniciar El quemador a presión preseleccionada. Condición actual: está en perfecto estado.

2. Control de presión de límite alto:

Rompe un circuito para detener el funcionamiento del quemador en un aumento de la presión encima de un ajuste seleccionado. Se ajusta para detener el quemador una presión preseleccionada por encima del límite operativo controlar. Control de presión de límite alto es normalmente equipado con un manual de restablecimiento. Condición actual: está en perfecto estado.

3. Control de presión modulante

Cambia las presiones de la caldera y transmite la información al motor de modulación para cambiar la velocidad de disparo del quemador cuando el interruptor manual-automático está ajustado en automático. Condición actual: está en perfecto estado.

Fuente: elaboración propia.

2.4.1.4.2. **Válvulas de seguridad**

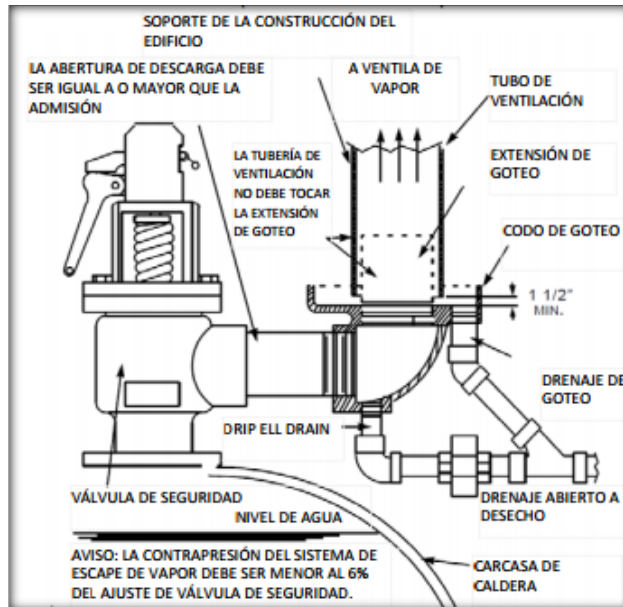
Previene un aumento por sobre la presión diseñada del contenedor de presión. El tamaño, la velocidad y el número de válvulas en una caldera se determina por el código de calderas ASME.

Las válvulas de seguridad y las tuberías de descarga deben estar instaladas de acuerdo a los requerimientos del código ASME.

La instalación de una válvula es de importancia para su vida útil. La válvula debe montarse en posición vertical de tal modo que las tuberías de descarga y tuberías requeridas por código pueden instalarse apropiadamente para prevenir el aumento de presión trasera y acumulación de material extraño alrededor del área de la válvula. Aplique solo una cantidad moderada de compuestos de tuberías a roscas macho y evite apretar demasiado, pues esto puede distorsionar las bases.

Solo debe usarse llave inglesa plana en las superficies que se proveen. Cuando se instale una válvula con brida para conexión, se debe usar una junta nueva y colocar los pernos de conexión de manera pareja. No instalar o retirar las válvulas de salida laterales usando una tubería o llave inglesa en la desembocadura. Condición actual: está en perfecto estado lo utilizan cada semana, necesita que en mantenimientos generales se haga limpieza de las válvulas.

Figura 7. Partes de una válvula de seguridad

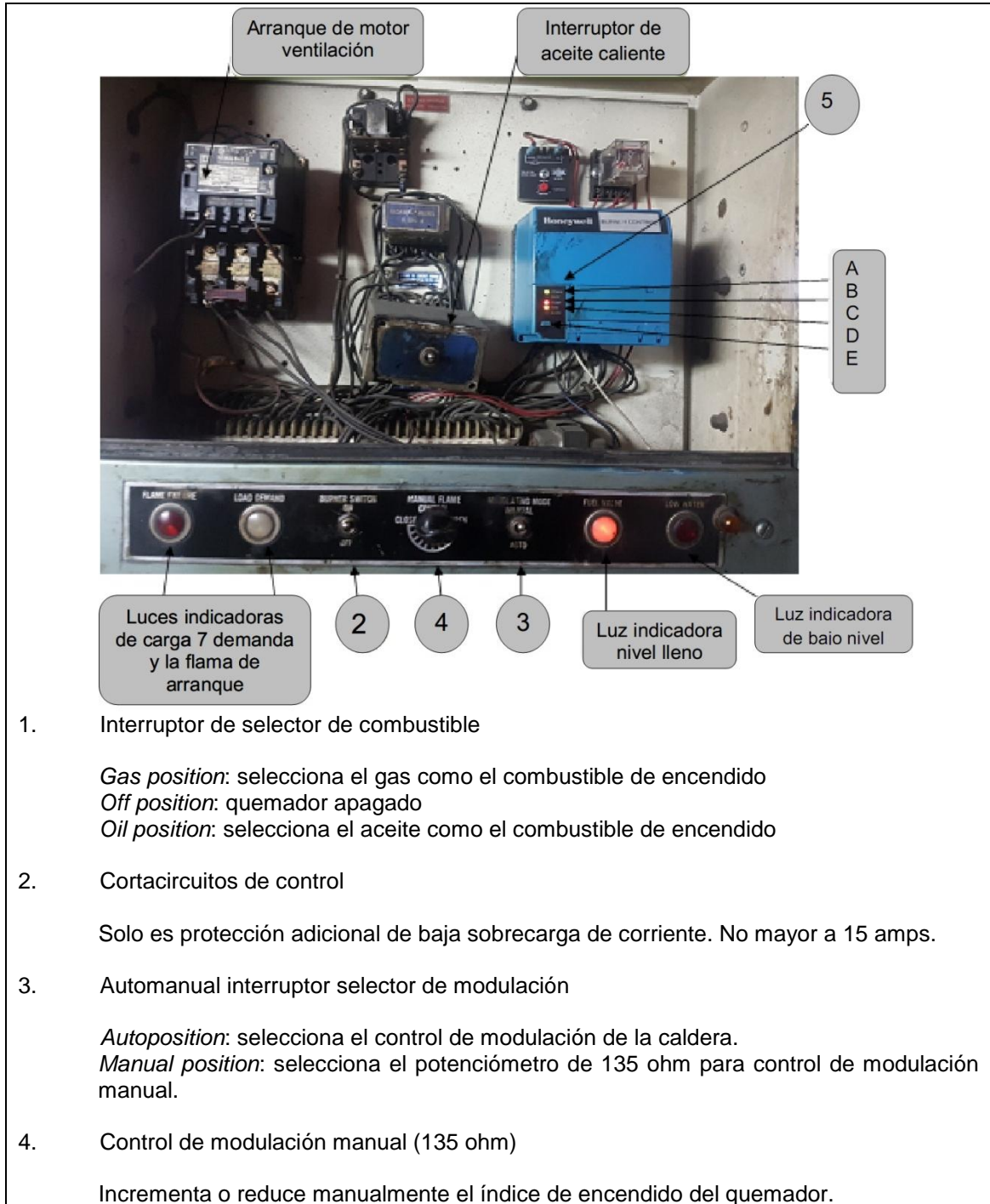


Fuente: Cleaver Brooks. *Manual de calderas CB*. p. 6.

2.4.1.4.3. Panel de control

El panel de control contiene un control de programación de la salvaguarda de flama, arrancadores de motor, relevadores, retrasos de tiempo y tablilla de conexiones montada internamente en una sub-base del panel. Montados externamente en el panel están las luces, los interruptores, los potenciómetros, un cortocircuito de control y los indicadores de salvaguarda de flamas, como se muestra a continuación:

Figura 8. Panel de control



Continuación de la figura 8.

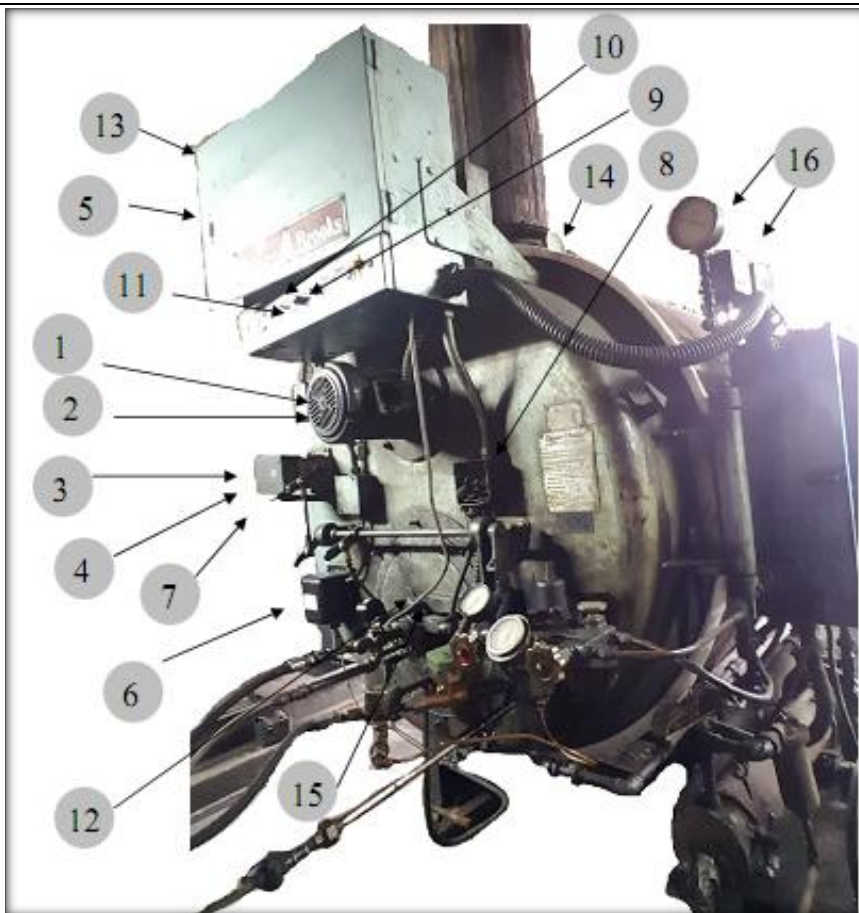
5.	Luz de señal
a)	<i>POWER ON</i> (blanca): se ilumina cuando el circuito de control es energizado.
b)	<i>IGNITION</i> (ámbar): se ilumina cuando el transformador de ignición es energizado, y la válvula de piloto de gas es energizada (abierta).
c)	<i>MAIN FUEL</i> (verde): se ilumina cuando la válvula o válvulas (gas o aceite) principal de combustible son energizadas (abiertas).
d)	FALLA DE FLAMA (rojo): se ilumina cuando el sistema de salvaguarda de flama no detecta el piloto o flama principal.
Condición actual: debe tenerse cuidado con la tarjeta que está floja por la vibración y suele desprenderse de su caja, limpieza y ajuste de cajas y piezas que lo conforma.	

Fuente: elaboración propia.

2.4.1.4.4. Componentes comunes

Debido a que cada caldera dispone de componentes comunes, dependiendo del tipo, de partes características, es muy difícil atribuir a todas ellas un determinado componente. En razón de lo anterior, se analizarán las partes principales de la caldera Cleaver Brooks, en forma general, especificando en cada caso el tipo de caldera que dispone de dicho elemento. Para tal análisis se usa el esquema de la caldera frontal que está en el instituto.

Figura 9. Partes de caldera Cleaver Brook, Incán



1. Motor de Ventilador de borrón forzado

El ventilador de tiro directamente proporciona aire de combustión y también se utiliza como un motor de soplador. Condición actual: está en perfecto estado.

2. Ventilador de tiro forzado

Proporciona todo el aire, bajo presión, para la combustión del combustible piloto y del combustible principal, y para purgar. Condición actual: está en perfecto estado.

3. Motor de modulación

Funciona el aire giratorio, se utiliza como amortiguador; las válvulas dosificadoras de combustible se mueven a través de una leva. Proporciona una relación de aire / combustible adecuada en todas las condiciones de carga de la caldera. Condición actual: está en perfecto estado.

Continuación de la figura 9.

4. Transformador de motor de modulación

Reduce la tensión del circuito de control (115 V) a la tensión requerida (24 V) para el funcionamiento del motor de modulación. Condición actual: está en perfecto estado.

5. Arrancador de motor de ventilador de aire forzado

Energiza el motor del ventilador de tiro forzado (soplador). Condición actual: está en perfecto estado.

6. Transformador de encendido

Proporciona alta tensión chispa para la ignición del piloto del gas o del piloto ligero del aceite. Condición actual: está en perfecto estado se cambió y está nuevo.

7. Interruptor de bajo nivel de incendio

Un interruptor auxiliar interno, excéntrico accionado por el motor eje, que debe estar cerrado para indicar que el aire amortiguador y válvula de dosificación de combustible están en el fuego bajo antes de que se produzca un ciclo de ignición. Condición actual: perfecto estado.

8. Interruptor de prueba de aire de atomización

Un sensor sensible a la presión interruptor accionado por la presión de aire, del aire de la bomba. Sus contactos cercanos para demostrar la presencia de atomización aire. Las válvulas de combustible no se pueden activar a menos que el interruptor esté satisfecho. Condición actual: está en perfecto estado.

9. Interruptor manual automático

Cuando se ajusta en automático, la operación posterior está a cargo del control de modulación, que regula la posición de la modulación del motor de acuerdo con la demanda de carga. Cuando se ajusta en manual, el motor de modulación, control manual de la llama, puede colocarse a una del quemador. El objetivo principal del manual es probar y ajustar la relación aire-combustible a través de toda la zona de cocción. Condición actual: perfecto estado.

10. Control de llama manual

Permite el posicionamiento del motor de modulación a una tasa de disparo del quemador deseada cuando el interruptor manual-automático está ajustado en manual. Utilizan principalmente para el ajuste inicial o posterior del combustible entrada en todo el rango de cocción. No tiene control sobre la velocidad de disparo cuando el interruptor manual-automático está ajustado en automático. Condición actual: si funciona bien.

11. Interruptor del quemador

Es un interruptor accionado manualmente, diseñado para detener directamente funcionamiento del quemador. Condición actual: switch en buen estado.

Continuación de la figura 9.

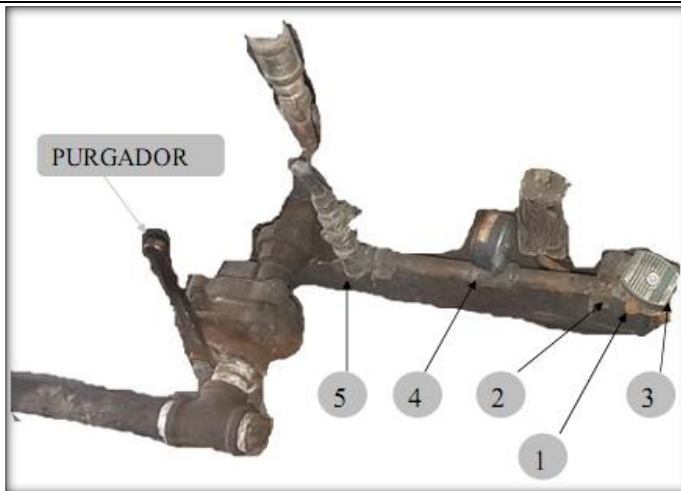
12.	Detector de llama	Monitorea el piloto de gas o aceite y energiza el relé de llama del programador en respuesta a una señal de llama. Continúa monitoreando la llama principal (aceite o gas) después de la expiración del período de suministro del piloto. Un estándar equipado tiene un sulfuro de plomo (sensible al infrarrojo) detector. Condición actual: indicador en buen estado.
13.	Alarma	Sonidos para notificar al operador de una condición que requiere atención. La alarma está disponible como equipamiento opcional. Condición actual: en buen estado.
14.	Termómetro de chimenea	Indica la temperatura de gases de escape ventilados. Condición actual: está muy dañada y se necesita cambiarla.
15.	Difusor	Una placa circular, situada en la extremo del horno del cajón del quemador, que imparte un movimiento de remolino al aire de combustión inmediatamente su entrada en la llama, que proporciona una eficiente con el combustible. Condición actual: en buen estado.
16.	Programa relé y control de salvaguardia de llama	Automáticamente programa cada inicio, operación y período de apagado en combinación con el límite de dispositivos de interbloqueo. Incluye, de forma cronometrada y adecuada, el funcionamiento del motor del soplador, el encendido el sistema, las válvulas de combustible y el motor del amortiguador. Condición actual: en buen estado. La secuencia incluye períodos de purga de aire antes del encendido ya pagado del quemador. La parte del detector de llama del control monitorea el aceite y las llamas de gas y proporciona protección en caso de pérdida de una señal de llama. El control se recicla automáticamente durante el funcionamiento normal o después de una interrupción de energía.

Fuente: elaboración propia.

2.4.1.4.5. Inyección de gas

También llamado sistema de gas, sincroniza la entrada de gas a la caldera por medio de inyección secuencial sincronizada a una presión de rango de 12 a 16 psi.

Figura 10. Sistema de gas



1. Válvula piloto de gas

Es una válvula solenoide que se abre durante la ignición para admitir el combustible al piloto; cierra, después, se establece la llama principal. La secuencia de activación y la energización es controlada por la programación relé. Una segunda válvula piloto de gas puede ser requerida por regulaciones de seguros.

2. Válvula de ventilación del piloto de gas

Es una válvula de ventilación, normalmente abierta; se cierra cuando las válvulas piloto están activadas.

3. Cierre del piloto de gas

Para abrir o cerrar manualmente el suministro de gas a la válvula piloto de gas.

4. Indicador de presión de gas

Indica la presión del gas al piloto.

5. Válvula reguladora de presión de gas

Reduce el gas entrante presión para adaptarse al piloto.

- Purgador principal

Para abrir y cerrar manualmente el suministro principal del gas- combustible; está abajo del regulador de presión de línea de gas; proporciona un medio de cerrar la línea de gas siempre que la prueba se haya para la fuga a través de la válvula principal del gas. Condición actual: todo el conjunto de inyector de gas está en buenas condiciones.

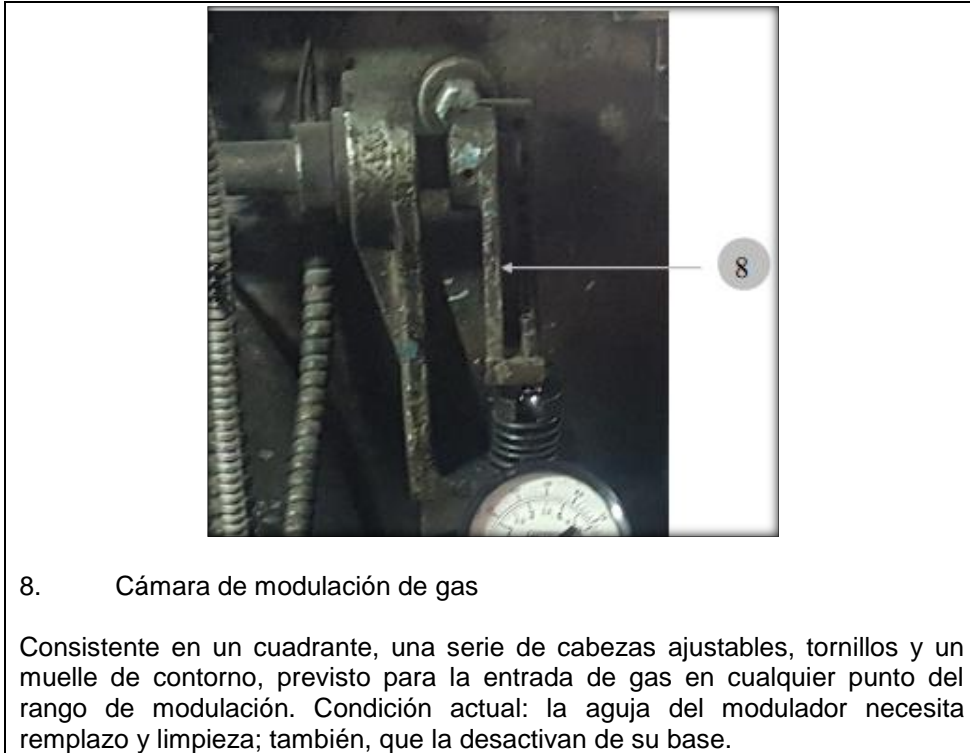
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Inyector de gas a caldera**



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Modulación de caldera**

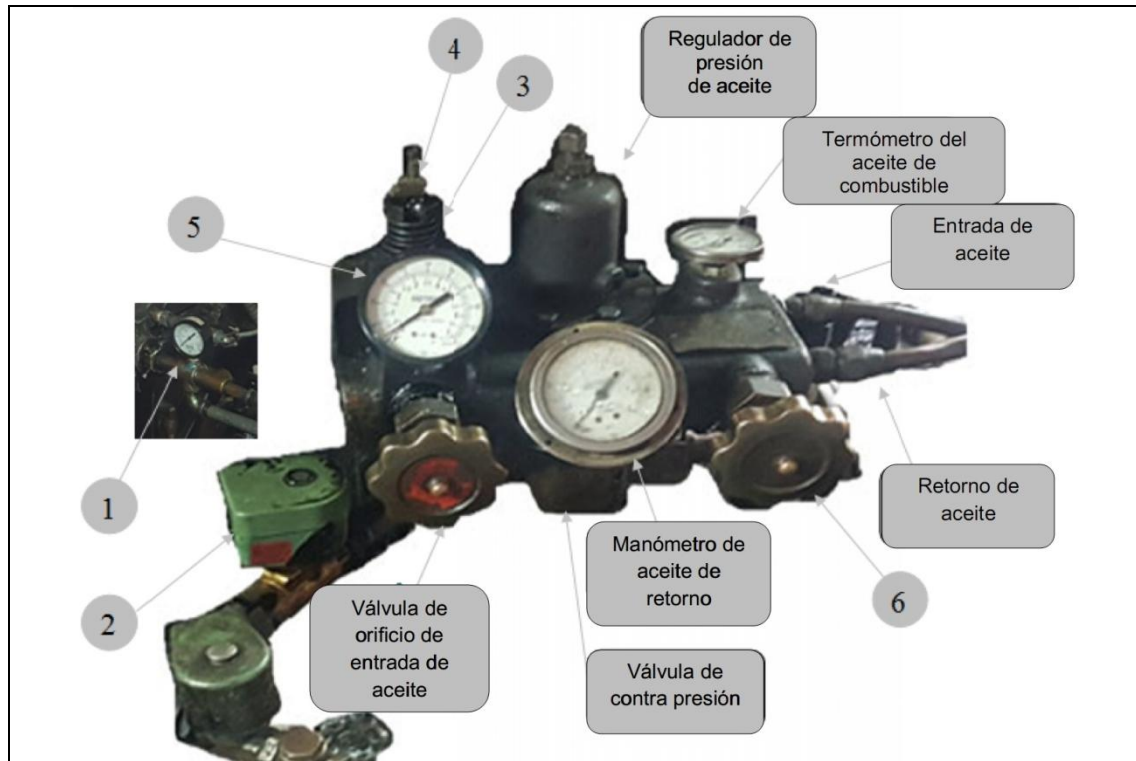


Fuente: elaboración propia.

2.4.1.4.6. Controles del aceite combustible

Son controles básicos para el proceso de combustión; es una forma que combina con elementos combustibles. Se necesita una mezcla adecuada de combustible y aire; así como, una temperatura de ignición para que el proceso de combustión continúe. El combustible debe prepararse de forma que se haga posible dicho proceso a través de la mezcla de combustible y aire.

Figura 13. Sistema de aceite-combustible



1. Manómetro de presión de aire de atomización

Indica la presión del aire de atomización en la pistola del quemador. Condición actual: se encuentra en perfecto estado, se cambió.

2. Válvula solenoide de aceite

Se abre cuando está energizado a través de contactos en el programador y permite desde la válvula dosificadora de aceite hasta la tobera del quemador. Un quemador de aceite ligero utiliza dos válvulas que funcionan simultáneamente. Condición actual: en algunas ocasiones se tapa por residuos de combustible; hay que estar pendiente de ello.

3. Válvula de medición de aceite

El vástago de medición de la válvula se mueve al aumentar o disminuir el área del orificio para regular el suministro de combustible a la boquilla del quemador con variaciones de carga de la caldera. El movimiento del tallo es controlado por el motor de modulación a través de la conexión y la leva dosificadora de aceite. Condición actual: necesita limpieza constante.

Continuación de la figura 13.

4. Cámara de modulación de aceite

Es una serie de tornillos allen de cabeza ajustable y un resorte de contorno provisto para el ajuste de la entrada de aceite, en cualquier punto del rango de modulación. Condición actual: se encuentra en buenas condiciones.

5. Indicador de presión del quemador de aceite:

Indica la presión del combustible en la válvula dosificadora. Regulador de presión. Condición actual: buen estado.

6. Oil

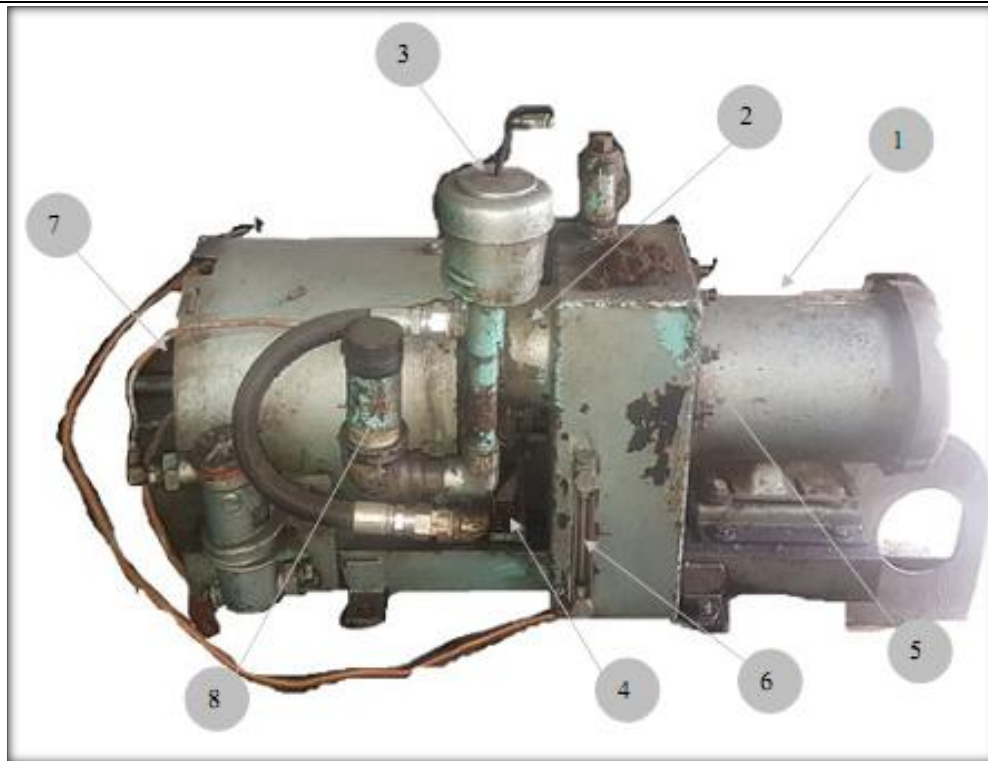
Para el ajuste de la presión de aceite en la válvula dosificadora. Condición actual: en buen estado.

Fuente: elaboración propia.

2.4.1.4.7. Bomba de aceite

Es el elemento principal de un sistema de fluido térmico ya que lubrica la caldera.

Figura 14. **Bomba de aceite**



1. Motor de la bomba de aire

Acciona la bomba de aire y un aire ventilador. El motor se pone en marcha y se detiene simultáneamente con el motor de ventilador de tiro forzado. Condición actual: trabaja bien, necesita mantenimiento semestral.

2. Bomba de aire

Proporciona aire para la atomización del combustible. Condición actual: le falta la malla protectora.

3. Filtro de aire

El filtro limpia el suministro de aire de la bomba. Condición actual: tiene tiempo de no cambiarla.

4. Válvula cheque

Evita que el aceite lubricante y la compresión del aire regrese. Condición actual: trabaja bien.

Continuación de la figura 14.

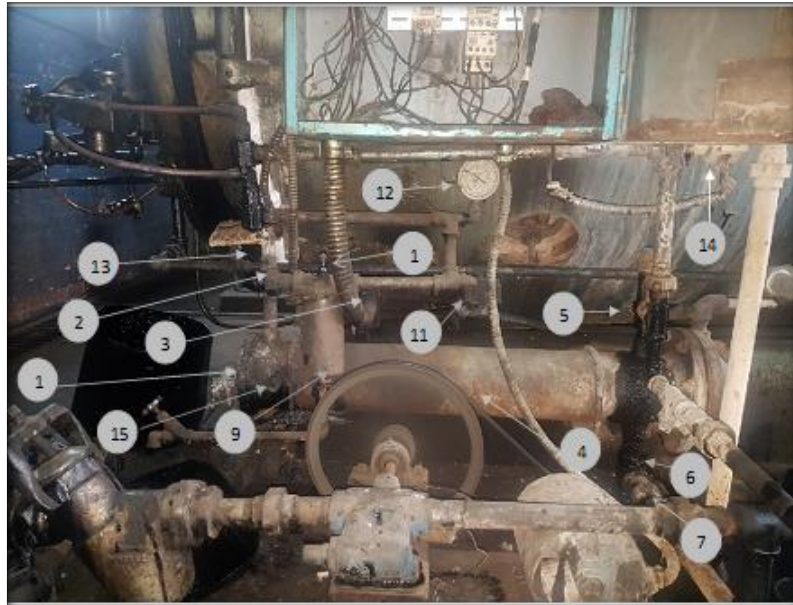
5.	Tanque receptor aire-aceite	Sostiene un suministro de aceite para lubricar la bomba de aire. El tanque receptor también separa el aceite lubricante del aire de atomización antes de la entrega a la boquilla. Condición actual: está bien en su funcionamiento.
6.	Visor de nivel de aceite lubricante	Indica el nivel de aceite lubricante en el tanque receptor aire-aceite. Condición actual: marca bien.
7.	Bobina de enfriamiento del lubricante	Enfría el aceite lubricante antes de entrar en la bomba de aire. Un ventilador impulsado por el motor de la bomba hace circular el aire de refrigeración sobre la bobina. Tubo y colador de llenado de aceite. Condición actual: tubos de cobre que están el muy mal estado.
8.	Lube	Utilizado cuando se agrega aceite al tanque receptor aire-aceite. Condición actual: trabaja bien.

Fuente: elaboración propia.

2.4.1.4.8. Controles adicionales

El calentador de aceite es otra bomba, donde un combustible líquido es calentado y transferido para aportar energía a diferentes componentes dentro de un circuito cerrado.

Figura 15. **Precalentado de aceite**



El calentador de aceite se suministra para calentar aceite hasta el punto en que puede ser atomizado y quemado. La mayoría de los calentadores de aceite pesado utilizan un calentador eléctrico para reducir la viscosidad del aceite pesado hasta el punto donde sea vapor o agua caliente. Calentadores de aceite pesado con funcionamiento con agua caliente tendrán controles adicionales. Interruptor del calefactor (no se muestra, se perdió): proporciona sistema de calentador de aceite.

1. Calentador de aceite (eléctrico)

Se utiliza para calentar combustible suficiente para un flujo bajo de fuego durante arranques en frío. El calentador debe girarse durante la prolongación de la caldera o en cualquier momento. Condición actual: necesita limpieza y un buen mantenimiento

2. Termóstato eléctrico del calentador del aceite

Sensor de temperatura; energiza o desenergiza el calentador de aceite eléctrico para mantener la temperatura requerida del combustible. Condición actual: necesita cambiarse, ya que el actual no funciona.

3. Termóstato del calentador de aceite de vapor

Detecta el combustible, su temperatura y controla la apertura y cierre de la válvula del calentador de vapor para mantener la temperatura requerida del combustible. Condición actual: actualmente, no lo tiene y es muy necesario.

Continuación de la figura 15.

4. *Shell* del calentador del aceite (vapor / agua caliente)

Calienta el combustible a través de vapor o agua caliente. El calentador eléctrico es alojado en el calentador de vapor. Los calentadores de aceite de vapor en calderas de 15 psi funcionan a la presión de la caldera. Calentadores de aceite de vapor, las calderas de alta presión deben funcionar a menos de 15 psi. El funcionamiento se realiza con una presión de vapor válvula reguladora. Condición actual: actualmente no lo tiene.

5. Regreso de aceite al tanque

El exceso de aceite lo devuelve al tanque de suministro de combustible. Condición actual: actualmente no lo tiene.

6. Entrada de aceite del tanque de suministro

Entrada de combustible del tanque de suministro. Condición actual: trabaja bien.

7. Válvula de retención del calentador de vapor

Previene la contaminación por aceite de la caldera de vapor. Condición actual: se necesita cambiar.

8. Trampa de vapor

Drena el condensado y previene la pérdida de vapor del calentador de aceite de vapor. El condensado debe ser tubería a un punto seguro de descarga. Condición actual: No lo posee

9. Válvula de retención (descarga del calentador de vapor)

Previene la acumulación de aire durante períodos de parada cuando la acción de enfriamiento crea vacío en el calentador de vapor. Condición actual: no lo posee

10. Regulador de presión del calentador de vapor

Se Ajusta para proporcionar presión de vapor reducida (normalmente menos de 15 psi) al calentador para mantener adecuadamente el combustible a temperatura. El regulador y el manómetro están en unidades de 15 psi. Condición actual: en mal estado.

11. Válvula solenoide del calentador de vapor

Un solenoide normalmente abierto; esta válvula siempre se mantiene abierta por el termostato del calentador de aceite. Condición actual: trabaja bien.

12. Calibrador de presión de vapor

Indica la presión de vapor que entra al calentador. Condición actual: en mal estado.

Continuación de la figura 15.

13.	Válvula de alivio de aceite	Permite liberar presión excesiva el lado de retorno de la tubería de aceite conducida al tanque. Condición actual: trabaja bien.
14.	Interruptor de baja temperatura del aceite	Interruptor termostático que evita que arranque o detenga el quemador; si la temperatura del mismo es menor que la requerida. Condición actual: no lo posee.
15.	Indicador de presión de suministro de aceite	Indica la presión del aceite del calentador y la presión del suministro al combustible. Condición actual: no lo posee.

Fuente: elaboración propia.

2.4.1.5. Suavizador de agua

Este aparato tiene la función de la suavización o el ablandamiento del agua: la eliminación de calcio y magnesio del agua dura. Los aditivos mejoran notablemente la cantidad de espuma, evita incrustaciones en equipos y tuberías de la caldera por lo que aumenta su tiempo de vida.

El agua dura es agua que tiene un alto contenido de minerales de calcio y magnesio, en contraste con agua blanda o suavizada. El agua dura se forma cuando corre a través de depósitos de calcio y minerales que contienen magnesio, como la piedra caliza, creta y dolomita.

Los fabricantes de calderas recomiendan suavizar el agua cuando la dureza supera los 50 ppm. Un suavizador de zeolita medio económico para reducir la dureza del agua. Sin embargo, es importante que parte del agua cruda se desvíe del suavizador (intercambiador iónico) para mantener la dureza

entre 15 y 30 ppm. Esto último es necesario para evitar que ocurra corrosión debido a la agresividad que caracteriza un valor de dureza igual a cero.

En los casos en los que el agua a ser suavizada requiera filtración, puede utilizarse un filtro de arena normal o un filtro de placas. Si se añade cloro, la concentración debe mantenerse a 2 ppm de cloro libre disponible, con el mayor tiempo de retención posible. Confirmar si la zeolita del suavizador puede soportar este nivel de cloro. Si no, el cloro deberá ser agregado después del suavizador.

En lo que respecta al agua dura, se tiene el suavizador de la compañía Sysa, equipo que ablanda el agua por el proceso de intercambio iónico, es decir, sustituye o intercambia minerales duros (como calcio, magnesio, sílice, etc.), por suaves (como sodio) a través de su carga eléctrica. El efluente atraviesa una cama de resina con carga iónica que remueve los minerales contenidos en el fluido. Actualmente, el suavizador se encuentran en malas condiciones, ya que no se le ha hecho ninguna clase de mantenimiento ni de calibración teniendo como problema el paso de dureza a la caldera; este equipo tiene la siguiente característica:

Tabla VII. Características de suavizador de agua




Fuente: elaboración propia.

2.4.1.6. Análisis de agua de caldera

Es importante que la entrada de agua utilizada por las calderas para la producción sea sometida a un análisis del agua. Cuando el agua proviene de una fuente superficial; es importante realizar esos análisis a intervalos regulares para estudiar los cambios estacionales; se hacen cada mes por la empresa Uniser S.A., que da como análisis los siguientes resultados:

Figura 16. Análisis de agua de caldera



Uniser, S.A.
Licencia Sanitaria
LS-LAB-425-2010
LS-LAB-11-04-2015

**LABORATORIOS QUIMICOS
E HIGIENICOS, S. A.**

PBX: 2220-2121
E-MAIL: uniser@intenet.net.g

INFORMACION TECNICA

REPORTE DE ANALISIS AGUA DE CALDERA

Compañía: INCAN Fecha: 03/05/2017

Atención: JULIO VALDEZ Realizado por: EDGAR BURBANO

Boleta de Servicio No. _____ Fecha de Boleta: _____

Caldera A) YS 70 HP B) _____ C) _____

OTROS: _____

Tratamiento aplicado: _____

1) _____ 2) _____ 3) _____




ANALISIS EFECTUADOS		A	B	C	VALORES RECOMENDADOS
pH		10.6			10.0 - 12.0
T.D.S.	ppm microbanos	2500			3000 Max 4000 Max
ALKALINIDAD PARCIAL	Gr/Gal ppm CaCO ₃	290			120 - 560
ALKALINIDAD TOTAL	Gr/Gal ppm CaCO ₃	360			200 - 700
FOSFATOS	Gr/Gal ppm PO ₄	20			20 Min.
SULFITOS	Gr/Gal ppm SO ₃	30			20 Min.
SILICA	Gr/Gal ppm SiO ₂	80			90 Max
CLORUROS	Gr/Gal ppm NaCl	3 CICLOS			7-8 Ciclos Max
SOLIDOS SUSPENDIDOS	microbanos	—			300 Max
DUREZA TOTAL	Gr/Gal ppm CaCO ₃	0			0

Observaciones: BUENAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.

EN QUIMICOS INDUSTRIALES LA CALIDAD, EL SERVICIO Y LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA

Fuente: Instituto Nacional de Cancerología. Área de calderas.
<http://www.ligacancerquate.com/about/>. Consulta: 10 de junio de 2017.

Tabla VIII. **Aditivos utilizados para la caldera**

Aditivo	Descripción	Procedimiento de uso
<p>Boiler S-3</p> 	<p>Aditivo para caldera</p> <p>Reduce las incrustaciones y depósitos minerales en las calderas y circuitos de conducción de vapor.</p> <p>Previene las picaduras y corrosiones en las superficies en contacto con el vapor de agua.</p> <p>Reduce la formación de barros y lodos.</p> <p>No contamina de cromo las aguas al estar exento de cromatos.</p>	<p>Un litro de aditivo Boiler S-3, por día.</p>
<p>Fuel 900</p> 	<p>Aditivo para combustible</p> <p>Ahorrar de un 12% a un 15 % del combustible por quemar.</p> <p>Evita la incrustación en las áreas implicadas con alta y baja temperatura.</p> <p>Incrementar la eficiencia de la caldera, al mantenerla más libre de escorias, y permitiendo mayor intercambio de calor;</p> <p>Evitar la emisión de partículas ácidas;</p>	<p>Un litro de Aditivo fuel 900, por cada mil litros de combustible.</p>
<p>Expleltre 100</p> 	<p>Aditivo para agua sin uso</p> <p>Tratamiento del agua sin trabajar.</p> <p>Evitar problemas de incrustaciones, corrosión, lodos.</p>	<p>Una libra de Expleltre 100, por cada semana.</p>

Fuente: elaboración propia.

2.4.1.7. Retorno de condensado

La alimentación del agua a la caldera se hace desde el tanque de alimentación, que está conectado un sistema de bombas para suministrar el agua a la caldera a la presión necesaria. El tanque de condensado dispone actualmente de un filtro suavizador que se necesita calibrar y de un desgasificador para eliminar el aire y los gases disueltos en el agua, que se encuentran en el interior del tanque. Este desgasificador está conectado a la red de condensados.

El porcentaje de retorno de condensado que se tiene es bajo, ya que no se cuenta con un circuito para retornar todo el condensado generado por las máquinas hacia el tanque de alimentación de la caldera; además, las tuberías se están oxidando debido al ácido carbónico que se forma en las mismas, por la descomposición de los carbonatos que forman CO_2 y al mezclarse con el agua forman el ácido carbónico. El condensado es conveniente aprovecharlo al máximo para obtener agua de alimentación de mayor pureza mineral y con alto contenido energético que favorezca la evaporación y disminuya el consumo de combustible.

Las purgas a las calderas se realizan basándose en el análisis semanal que realiza la persona encargada de proveer el químico para protección de las calderas. Dicho análisis se basa en analizar la cantidad de sólidos disueltos en el agua y de este factor dependen las purgas; actualmente, se purga una vez al día. El tipo de purga que se utiliza es purga intermitente de fondo, esto se realiza a primera hora del turno de día. El procedimiento para purgar se basa en abrir las llaves ubicadas en la parte baja de la caldera por un tiempo máximo de 20 segundos, luego se vuelven a cerrar. Esto se realiza con el objetivo de mantener el nivel de sólidos disueltos en un máximo de 2 500 ppm.

2.4.2. Sistema de tubería de vapor

En este caso se analizará la tubería actual de vapor; tiene como elemento principal la sala de calderas que consta de 2 calderas situada en la parte interior del edificio en el lado sur; la red de distribución de vapor consta de 178 metros lineales aproximadamente con accesorios de eliminación de aire y condensado, lo cual algunas están accesibles y visibles en su recorrido y otra no. Cuenta también con una red de retorno de condensados, lo cual es semi-cerrada y en algunos puntos ciegos no se está seguros que haya retorno, pero si existe.

De dichas tuberías están algunas partes aisladas y se distribuyen por las zonas donde se necesite el vapor. El vapor de agua de salida de la caldera es vapor saturado; es decir, en equilibrio con el agua líquida a la presión de trabajo. El vapor saturado es idóneo para este sistema ya que está listo para ceder el calor latente de condensación.

En este proceso las caldera deberán suministrar la suficiente cantidad de vapor a los siguientes aparatos: dos marmitas, una sancochadora (elaboración de alimentos), 2 lavadoras industriales (desinfección de ropa de cama y ropa de pacientes) y 3 autoclaves (instrumentos quirúrgicos).

El vapor producido es conducido por la tubería de alta presión, desde donde se distribuye mediante tubos de alta presión (SCH 40) fabricados con acero al carbono de calidad estructural, a los distintos aparatos consumidores.

El vapor saturado, al avanzar por las tuberías hasta el punto de utilización, sufre pérdidas de calor al ambiente que se traducen en una condensación parcial en forma de microscópicas gotas de agua que acompañan al vapor que forman una neblina. El resultado es el denominado vapor húmedo. En realidad, se puede considerar que todo vapor saturado que abandona la caldera

empieza, en mayor o menor grado, a ser vapor húmedo. La entalpía específica del vapor húmedo disminuye con el aumento de la fracción condensada.

Las tuberías pasan por el pasillo subterráneo que actualmente no garantiza un buen funcionamiento donde no se puede pasar o maniobrar, la sustentación de dichas tuberías los esfuerzos que pudiesen producirse debido a las dilataciones, contracciones y posibles golpes de ariete.

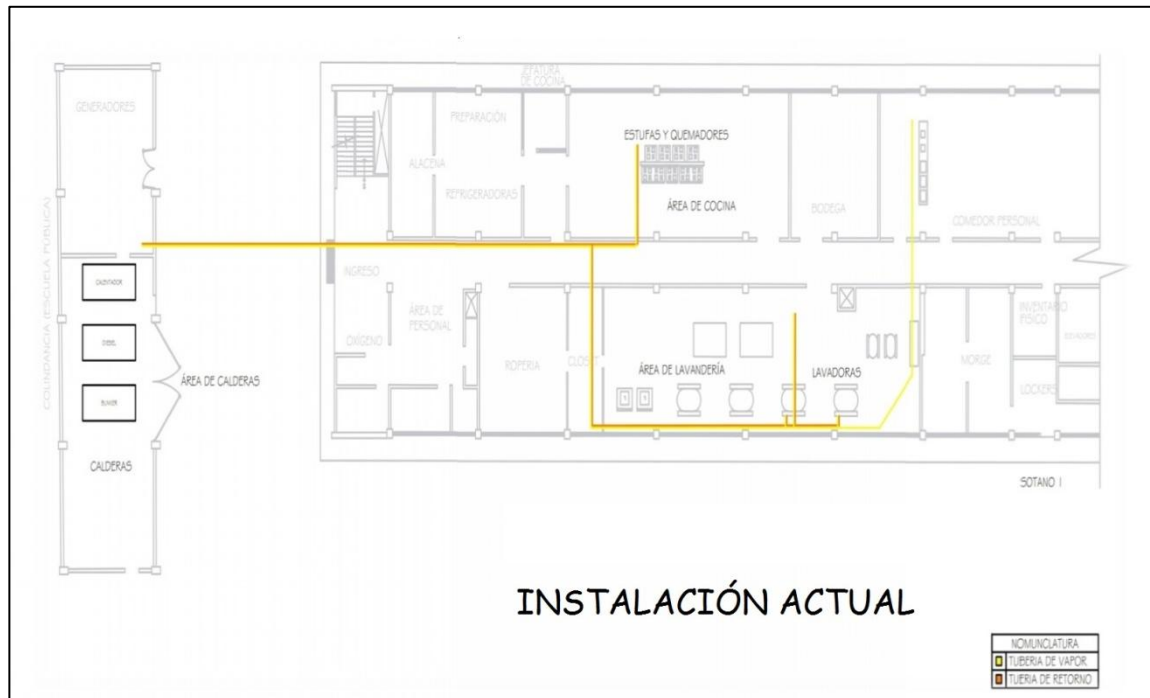
El consumo de vapor de las máquinas que se utilizan en la institución se ha calculado con los manuales de sus fabricantes: flujo másico, presiones de trabajo y demás características propias de cada equipo. La necesidad a satisfacer, para la producción de vapor, es de 2180 kg/h de vapor, como se observa en la tabla adjunta:

Tabla IX. **Consumo actual de vapor por máquina**

Maquinaria	Caudal vapor (kg/h)	Presión N° Vapor (bar)	Aparatos	Kg/h
Marmitas	230	20	2	460
Sancochadora	210	30	1	270
Autoclaves	210	25	3	630
lavadoras	200	30	2	400
Calentador	380	30	1	530
Producción total de vapor:				2180Kg/h

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Plano de tubería de vapor Incán**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.4.2.1. **Cálculo hidráulico de la red de vapor**

Para llevar a cabo el cálculo de la línea de proceso de vapor del instituto, se realizará en un solo tramo, ya que se carece de planos y de instrumentos que en un tiempo funcionaron en la red de distribución.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta es la velocidad del fluido por el interior de las conducciones. Dicha velocidad viene determinada por el caudal y el diámetro de la sección interna de la conducción; para cada fluido tiene un valor máximo que no debe ser sobrepasado; de lo contrario, puede producirse

un deterioro del producto por tratamiento mecánico inadecuado. Los valores aproximados que se usan en esta red está en el rango de 9-15 m/s.

2.4.2.1.1. Cálculo de las pérdidas de carga

El rozamiento de un fluido con las paredes de la tubería por la que circula provoca una caída de presión. Conocer el valor de esta caída de presión es necesario para comprobar que el diámetro elegido para la conducción es suficiente, pues de ser este muy pequeño la pérdida de carga que se produzca será muy elevada.

Cuando un fluido (gas o líquido) circula por una tubería rectilínea, su circulación puede ser de dos tipos: régimen laminar o régimen turbulento según el valor del número de Reynolds.

El número de Reynolds (R) es un número adimensional que viene dado por la expresión:

$$R = \frac{4 Q}{3,6 \pi D^3} = \frac{4 (993,683)}{3,6 (3,1416) 30 (0,281)}$$

$$R = 41,69 < 2300 \longrightarrow \text{Flujo laminar}$$

Donde:

- V = velocidad en m/s
- D = diámetro interior en mm
- Q = caudal en m³/h

- ν = viscosidad cinemática en centistokes
- Si $R < 2300$ se trata de flujo laminar
- Si $R > 2300$ se trata de flujo turbulento

Para calcular la pérdida de carga que sufre un fluido en el interior de una tubería se pueden utilizar fórmulas empíricas cuya precisión y ámbito de aplicación está restringido tipo de tuberías y fluido ensayado.

$$H_f = \frac{L/D (V^2)}{2g} = \frac{178}{50,8} \cdot \frac{15}{2(9,8)} = 2,6815 \text{ m}_c \text{ fluido}$$

Donde:

- h_f es pérdida de carga debida a la fricción
- L/D es la relación entre la longitud y el diámetro de la tubería
- V es la velocidad en la tubería

2.4.3. Descripción de maquinaria que utiliza vapor

A continuación, se describen las máquinas que utilizan vapor en la red de vapor de la institución.

2.4.3.1. Olla marmita Vulcan – Hart

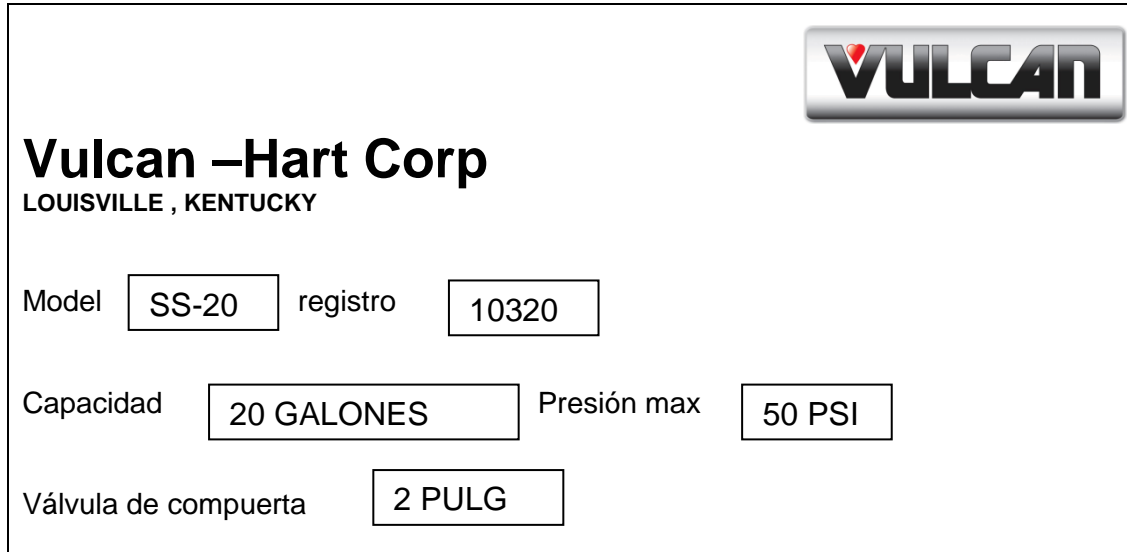
Efectúa el cocimiento de alimentos sólidos y líquidos con el vapor que recibe. Utiliza válvula reguladora de presión, filtro, válvula de entrada, manómetro, válvula manual, trampa para vapor y cheque. Las que están instaladas son marca Vulcan con capacidad para 20 galones cada una.

Figura 18. **Marmita de vapor**



Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Placa de características de marmita marca Vulcan**

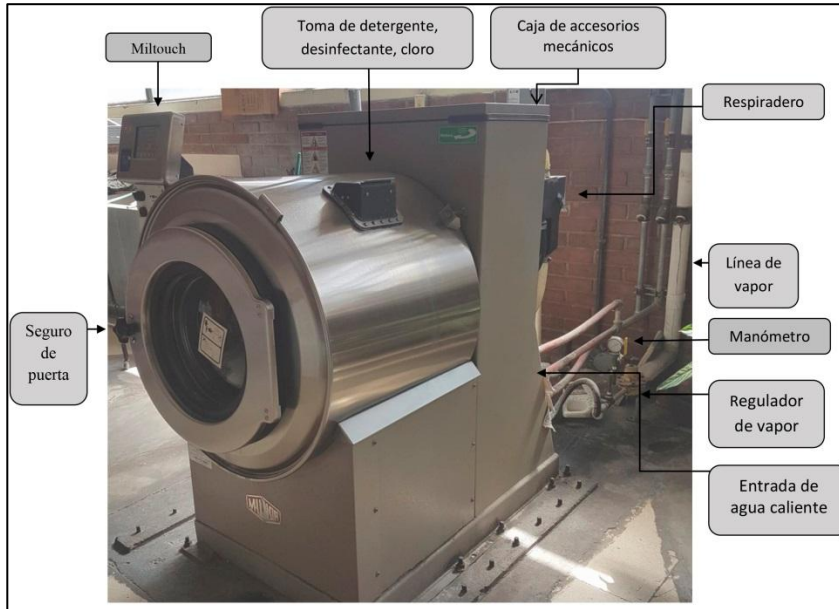


Fuente: elaboración propia.

2.4.3.2. Lavadora-centrifugadora de carga frontal, para suelo, profesional

Utiliza el calor del vapor que reciben en su parte superior, al mezclarlo con el agua caliente de alimentación y a la cual le comunica una temperatura por contacto directo de 27°C. Posteriormente, el agua caliente ingresa a la cámara en donde se encuentra la ropa sucia y con adición de un detergente (que genera poca espuma) hace la limpieza de la ropa en un ciclo que dura 23 minutos ciclo corto y 45 minutos ciclo largo (ropa manchada de residuos quirúrgicos). Las lavadoras no tienen retorno de condensado.


Figura 19. Lavadora industrial a vapor, marca Milnor



Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Placa de características de lavadora marca MILNOR

Pellerin milnor corporation			
Kenner, la, u.s.a.			
Modelo	30022V8	Code	AAF
		Serial	13844643
Date code	13033	Year mfg.	2013
Capacidad	60 Lbs. / 27 Kg	Controlador	Miltouch
Válvula de drenaje	3 PULG.	Motor	6 HP (4,47 Kw)
Presión de agua	10-75 PSI	Presión de vapor	30-115 PSI
Rpm	839	Voltaje	208/240 V
		Wire awg	12

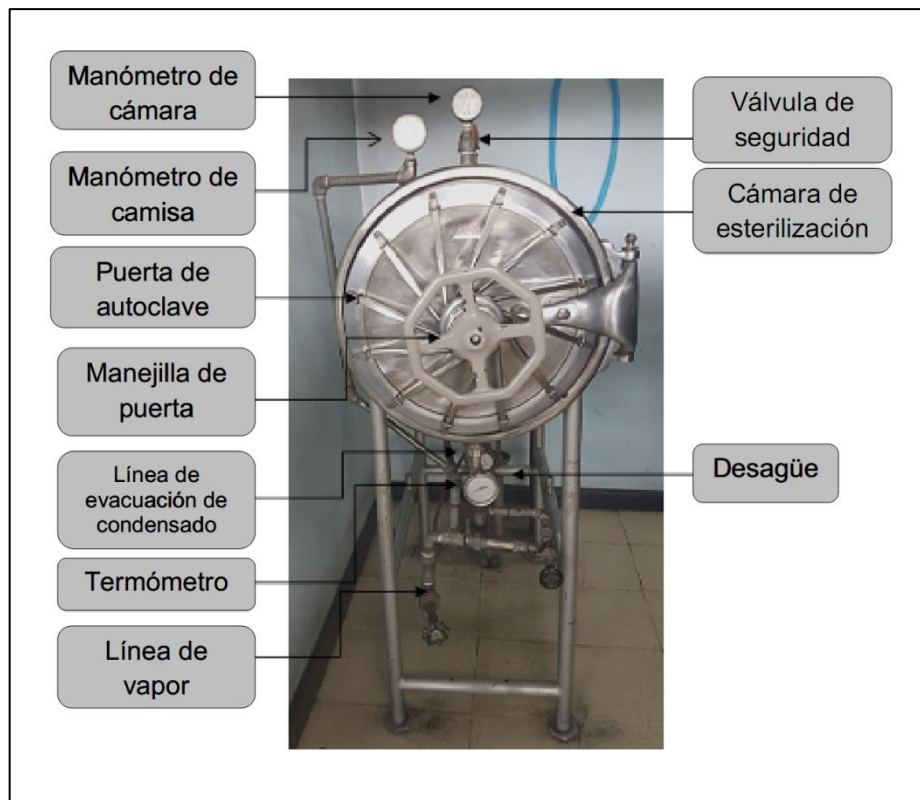


Fuente: elaboración propia.

2.4.3.3. Autoclaves


Es un equipo que opera a presiones superiores a la atmosférica (40 PSI) con altas temperaturas; se basa en el principio de esterilización por calor húmedo y seco a 250°F (121°C). Se usa para destruir la vida microbiana de equipos y materiales reusables de salas quirúrgicas o laboratorios.

Figura 20. **Marmita de vapor, Incán**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Placa de características de autoclave Incán**

American Sterilizing Company Sterilizer Autoclave Model J			
Código	AT 278F		
Capacidad	33 LBS.	Presión	30 PSIG

Fuente: elaboración propia.

2.5. **Área de carpintería**

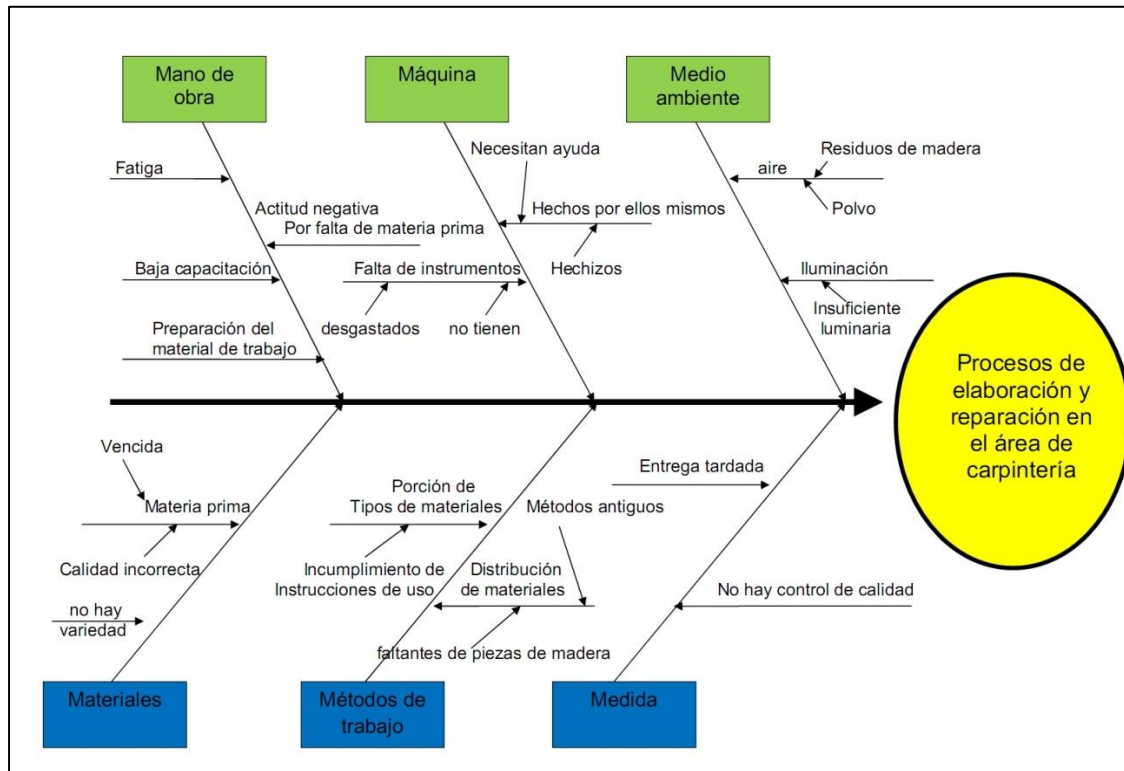
Área encargada de llevar a cabo trabajos de carpintería asignados; se distribuye en las instalaciones del hospital; cambio y reparación de piezas y/o accesorios de las instalaciones del área, a fin de contribuir con el mantenimiento de la planta física de la institución; taller encargado de la organización y elaboración de los trabajos y elementos de construcción, el montaje e instalación en obra de los elementos de madera propios del instituto.

- Funciones específicas
 - Organización y planificación del proceso y la mecánica de los trabajos.
 - Organización de los espacios de trabajo, maniobra y almacenaje.
 - Control de interferencia con otros trabajos.
 - Control de la materia prima.
 - Realización de mediciones de material, sobre plano o en la obra.
 - Control de los croquis alternativos en función de los requerimientos.

- Selección de los materiales básicos y las piezas auxiliares.
- Control de la mecanización de piezas de madera y tablonés.
- Verificación del ajuste en obra de los elementos de carpintería
- Control de los elementos accesorios, complementos y elementos de acabado.
- Control de los tratamientos protectores de la madera.
- Colaboración en la realización de los trabajos.
- Mantenimiento de las herramientas, la maquinaria y los equipos de trabajo.
- Manipulación de los elementos, las herramientas, los materiales, medios auxiliares, las protecciones colectivas e individuales necesarios para desarrollar el trabajo.

En esta área existen también algunos parámetros que se analizarán con un diagrama de Ishikawa; para ello se utilizará el método de observación el cual permitirá visualizar las causas que explican un problema; lo cual servirá como una herramienta de análisis de trabajo; que orientará a la toma de decisiones.

Figura 21. Diagrama Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

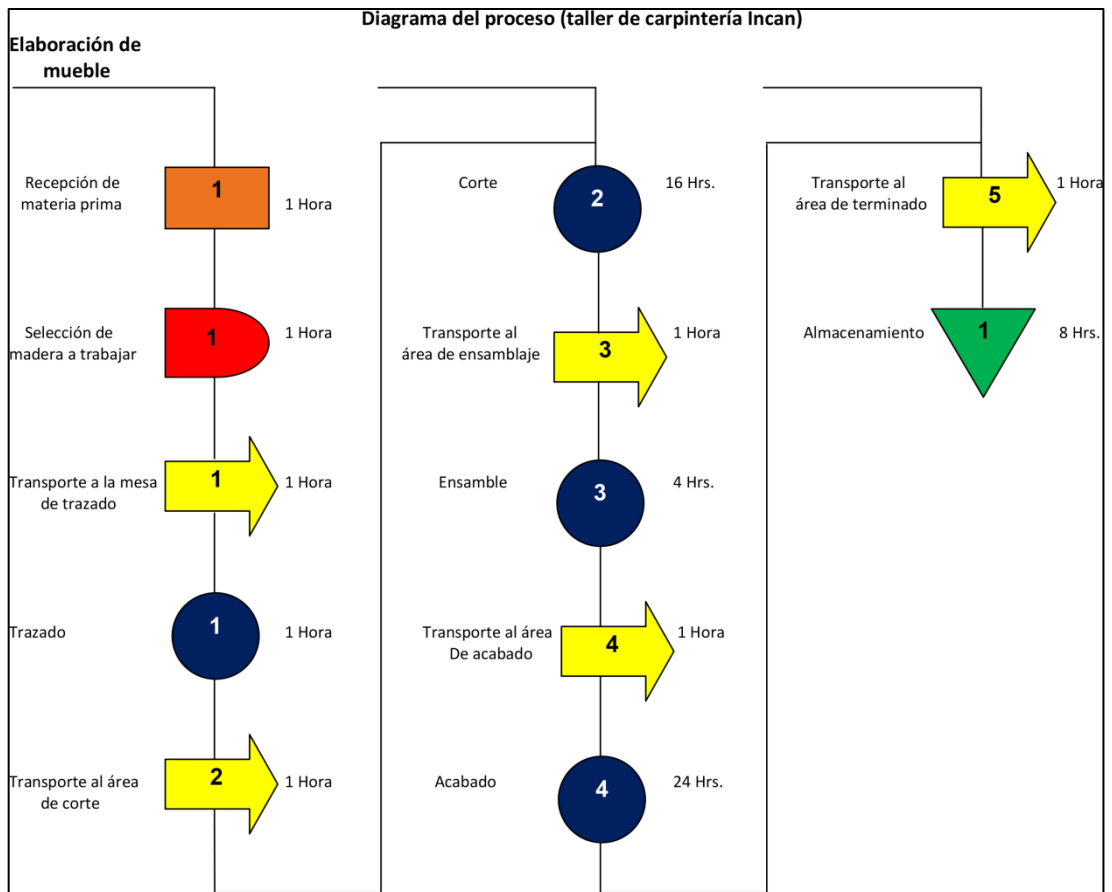
Otro método empleado para recabar información fue de entrevista, ya que no se tiene una estructura definida; existen 3 operadores trabajando en el taller donde se pueden deducir algunas cosas:

- Tiempo de laborar en el taller de carpintería: entre 10 a 20 años
- Tienen carencia de plan de trabajo
- No hay metodología de elaboración de muebles
- Falta de maquinaria y equipo
- Higiene y seguridad deficiente
- Desconocimiento de funciones

- No hay capacitación
- No hay metodología de evaluación
- Área de trabajo sin señalización e identificación

El siguiente diagrama explicará el proceso productivo del taller de carpintería, mediante un diagrama de proceso de la elaboración de un mueble para el personal de limpieza, con sus respectivas puertas y pintada. También, se dará teniendo en cuenta las medidas que se dibujó.

Figura 22. Diagrama de proceso



Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Diagrama de flujo de proceso de fabricación carpintería

Resumen		Operación	Trasporte	Almacenamiento	Demora	Inspección
Cantidad total	13	4	5	1	1	1
Distancia total	132	0	72	0	0	0
Tiempo total	56	45	5	8	1	1

Actividad		Símbolo	T (Hrs)	DIST (MTS)	Observaciones
1	Recepción de materia prima	○ → ▽ ▭ ■	1	60	Se recibe la madera del almacén de mantenimiento
2	Selección de madera a trabajar	○ → ▽ ▭ □	1		
3	Transporte a la mesa de trazado	○ → ▽ ▭ □	1	2	Transportada entre al área de trabajo
4	trazado	● → ▽ ▭ □	1		
5	Transporte al área de corte	○ → ▽ ▭ □	1	2	
6	Corte	● → ▽ ▭ □	16		
7	Transporte al área de ensamblaje	○ → ▽ ▭ □	1	2	
8	Ensamble	● → ▽ ▭ □	4		
9	Transporte al área de acabado	○ → ▽ ▭ □	1	6	
10	Acabado(rustica, pintura, sellador, pulido, lijado)	● → ▽ ▭ □	24		
12	Transporte al área de terminado	○ → ▽ ▭ □	1	60	
13	almacenado	○ → ▽ ▭ □	8		




Fuente: elaboración propia.

2.5.1. Equipo del taller de carpintería



En la mayor parte del taller de carpintería se encuentra herramienta manual, que es la más utilizada; la otra estaría en equipo eléctrico que se utiliza como auxiliar dentro del taller; en lo demás, estaría en herramientas y

accesorios de acabado para protección de madera; dichas herramientas y accesorios se describen a continuación:





Tabla XIV. **Esquemática de herramientas de taller (Incán)**

1		<p style="text-align: center;">Mesa de sierra</p> <p>Esta sierra puede recortar piezas relativamente pequeñas con ángulo muy pronunciadas. Es utilizada para realizar, puede cortar hasta un espesor de 45 mm.</p>
2		<p style="text-align: center;">Serruchos</p> <p>Serrucho universal: se utiliza especialmente para cortes rectos.</p> <p>Serrucho de punta o aguja: está indicado para cortes curvos y rectos, y también para poder realizar cortes interiores.</p> <p>Serrucho de costilla: con este serrucho se hacen cortes de precisión.</p>
3		<p>Formones: Herramienta de corte y para ahuecar.</p> <p>Destornilladores: utilizado para la introducción y extracción de tornillos</p> <p>Escoplo: corte y canto fuerte para trabajos duros.</p> <p>Gubia: realiza cortes en aro o círculo.</p> <p>Escofina: se utiliza para desbastar, en especial para perfilar curvas y rectas.</p> <p>Lima: su finalidad es acabar de perfilar y quitar las asperezas dejadas por la escofina.</p> <p>Lija: quitar aspereza de la madera.</p>


Continuación de la tabla XIV.

<p>4</p>		<p style="text-align: center;">Tornillos y clavos</p> <p>Las puntas y los clavos: se utilizan para la unir de todo tipo de piezas de madera, cuando éstas se quieren afianzar con seguridad. Las puntas son clavos pequeños, utilizadas para trabajos delicados y finos.</p> <p>Los tornillos para madera maciza: trabajos que requieran un mejor acabado y un futuro desmonte, se preferirán los tornillos a las puntas.</p> <p>Los tornillos para aglomerado: asegurar la sujeción de muebles pesados.</p> <p>Las grapas: se utilizan como medio auxiliar para el encolado, acoplamiento o cualquier otro tipo de unión.</p>
<p>5</p>		<p>Barnices: para acabar de proteger la madera.</p> <p>Base acuosa: usan como disolvente base el agua y secan por la evaporación del agua.</p> <p>Base oleaginosa: para dureza y brillo. Estos secan por oxidación del aceite.</p> <p>Base piroxilina: sellador de madera y diferentes terminaciones que se desee laca.</p> <p>Base poliméricas: usado en la terminación muebles de fina.</p> <p>Barniz brillante: de óptima transparencia, impermeabiliza y da protección a cualquier material ya pintado.</p> <p>Sellador: su función evitar la penetración de polvo, fuego y líquidos a través de la barrera sellada.</p> <p>Pintura: usado para darle aspecto mate, satinado o brillante.</p> <p>Thinner: rebajador de pinturas, diseñado para disolver pintura de esmalte o basada en aceites, los aceites y las grasas. Secado rápido.</p> <p>Solventes: es rebajador de pintura también pero de secado más lento.</p>

Continuación de la tabla XIV.

6		<p style="text-align: center;">Adhesivos para madera</p> <p>Cola blanca: es muy resistente y penetra muy bien en la madera. pegado durante dos horas mínimo.</p> <p>Pegamento de contacto: utilizado para materiales porosos.</p> <p>Superglue: secado rápido y capaz de soportar gran peso.</p>
7		<p style="text-align: center;">Esmeriladora</p> <p>Herramienta usada para cortar, esmerilar y para pulir.</p>
8		<p style="text-align: center;">Prensa</p> <p>Utilizada para presionar objetos con el fin de unión o desmontaje.</p>
9		<p style="text-align: center;">Cepillo de carpintero</p> <p>Su función es la de devastar la superficie arrancando viruta.</p>
10		<p style="text-align: center;">Martillos</p> <p>Martillo de carpintero: también llamado martillo de uña cuya función es la de servir de palanca para la extracción de clavos.</p> <p>Martillo de pena: con forma de cuña, sirve para golpear en zonas de difícil acceso.</p> <p>Mazo: se utiliza para golpear piezas que necesiten ensamblaje; su construcción es de madera dura.</p>

Continuación de la tabla XIV.

11		<p>Tipos de maderas utilizadas en el taller de carpintería Incán</p> <p>Pino: es considerado una madera blanda y posee una textura uniforme, es menos costoso que las maderas duras y es fácil de trabajar</p> <p>Plywood: es un tablero elaborado con finas chapas de madera pegadas con las fibras transversalmente una sobre la otra con resinas sintéticas mediante fuerte presión y calor. Grosos: 1/8"(4mm), 3/16"(4mm), 1/4"(6mm), 3/8"(9mm), 1/2"(12mm), 5/8"(15mm), 3/4"(18mm)</p>
----	---	--

Fuente: elaboración propia.

2.6. Área de electricidad

Área en cargada de mantener en condiciones operativas los equipos y artefactos eléctricos de la institución y de otras dependencias que lo requieran; ejecuta actividades de reparación y mantenimiento de equipos y artefactos eléctricos, a fin de garantizar su buen funcionamiento.

- Funciones
 - Realizar la distribución e instalación de líneas eléctricas de baja tensión y líneas especiales.
 - Montar, instalar, mantener y reparar líneas eléctricas interiores y exteriores de baja tensión.
 - Instala, mantiene y repara máquinas y motores eléctricos monofásicos.

- Instala lámparas de todos los tipos requeridos.
 - Conecta los cables a las redes respectivas.
 - Repara *breakers* principales.
 - Chequea las condiciones eléctricas de equipos y artefactos.
 - Ubica el cableado adecuado para la instalación de equipos y/o aparatos eléctricos.
 - Realiza mantenimiento y reparaciones de equipos.
 - Mantiene en orden equipo y sitio de trabajo; reporta cualquier anomalía.
 - Elabora informes periódicos de las actividades realizadas.
 - Realiza cualquier otra tarea afín que le sea asignada.
- Acerca del taller
 - Tiempo de laborar en el taller de carpintería: entre 10 a 20 años
 - Tienen carencia de plan de trabajo
 - No hay metodología de funciones de trabajo
 - Falta de maquinaria y equipo
 - Higiene y seguridad deficiente
 - Desconocimiento de funciones
 - No hay capacitación

- No hay metodología de evaluación
- Área de trabajo sin señalización e identificación






2.6.1. Equipo del taller

El taller de electricidad dispone de las herramientas y equipos que se utilizan en las instalaciones y la maquinaria hospitalaria del Incan. Las herramientas manuales empleadas para desmontar y montar los componentes eléctricos; también, se utilizan herramientas de sujeción, amarre y extracción que se describen y se definen a continuación.

Tabla XV. **Esquemática de herramienta eléctrica (Incán)**

		<p>Destornilladores: sirven para apretar y aflojar tornillos. Existen varios tipos de cabeza entre los que están los de cabeza redonda con ranura, cabeza de estrella, cabeza plana, etc.</p>
		<p>Alicates: sirven para sujetar, doblar o cortar. Hay varios tipos pero destacan:</p> <p>Planos: tienen la boca cuadrada con estrías en su interior y con los brazos algo encorvados que sirven para doblar alambre, sujetar piezas, etc.</p> <p>Redondos: su punta es cilíndrica o cónica. Para doblar alambre en forma de anillo.</p> <p>De corte: su boca son dos dientes afilados de acero templado. Para cortar alambre y piezas metálicas. Combinados.</p>

Continuación de la tabla XV.

		<p>Detector de tensión: mejor conocido como busca polos. Es una especie de destornillador pero que sirve para comprobar la tensión en los enchufes.</p>
		<p>Pelacables y remachadores: sirven para pelar cables y remachar terminales especiales para su posterior unión eléctrica.</p>
		<p>Tijera de electricista: sirven para cortar cables finos y pelar cables conductores</p>
		<p>Tester: es un instrumento eléctrico portátil para medir directamente magnitudes eléctricas activas, como corrientes y potenciales (tensiones), o pasivas, como resistencias, capacidades y otras.</p>
		<p>Cinta métrica: se usa para medir distancias mayores, que pueden ir de 3 a 10 m de este tipo.</p>

Fuente: elaboración propia.

2.7. Área de bodega

Área encargada de recibir, direccionar o almacenar la materia prima o repuestos que llegan al departamento de mantenimiento ligada a suministros


del instituto; también, tener suficientes repuestos para disponibilidad de emergencias en equipo ya sea accesorio eléctrico o accesorios de agua para las instalaciones.

- Funciones
 - Almacenar herramientas, materiales y repuestos.
 - Entrada y salida de materiales, repuestos y herramientas para el mantenimiento.
 - Relación con los diferentes técnicos de las diferentes áreas para la entrega de materiales y repuestos.
 - Otras que en el ámbito de sus funciones le sean asignadas por el coordinador del departamento de mantenimiento.

2.7.1. Inventario de materiales

Este inventario sirve como auxiliar del departamento de mantenimiento, es de cantidades mínimas, se pueden cuantificar de forma exacta, y sirve como suministro de accesorios y obra gris de la institución; se detalla a continuación:

Tabla XVI. **Inventario de bodega departamento de mantenimiento
(Incán)**

		Inventario de materiales de bodega	Departamento de mantenimiento Incán
Núm.	Descripción		
	Accesorios de plomería		
1	Manguera flexible para baño 3/8" x 7/8" x 16"		
2	Manguera flexible para lavamanos 1/2" x 7/8" x 24"		
3	Manecillas para tanque de inodoro		
4	Accesorios para tanque de baño		
5	Reposaderas de 1 1/2"		
6	Reposadera de 2"		
7	Llaves de regadera doble de cobre de 1/2"		
8	Llave globo cobre 1"		
9	Llave globo cobre 3/4"		
10	Llave globo cobre 1/2"		
11	Codos de aluminio 3/4"		
12	Codos de aluminio 1/2"		
13	Llaves de lavamanos de 1/2"		
14	Chorro de 1/2"		
	PVC		
1	Unión de transición 3/4"		
2	Unión de transición 3"		
3	Unión de transición 1 1/4"		
4	Unión de transición 2"		
5	Unión de transición "		
6	Codos 90° de 1 1/4"		
7	Codos 90° de 1"		
8	Codos 90° de 3/4"		
9	Codos 90° de 1/2"		
10	Codos 60° de 1 1/4"		
11	Codos 60° de 1"		
12	Tee de 1 1/4"		
13	Tee de 3/4"		
14	Tee de 1/2"		
15	Unión lisa 1"		
16	Unión lisa 3/4"		
17	Unión lisa 1/2"		
18	Unión rosca 3/4"		
19	Unión rosca 1/2"		

Continuación de la tabla XVI.

20	Unión rosca 3"
21	Tapón liso de 1/2"
22	Tapón liso de 3/4"
23	Tapón liso de 1"
24	Reductor 1/2"-3/4"
25	Reductor 3/4"-1"
Electricidad	
1	Caja de flipón de 8
2	Cable AWG 14
3	Cable AWG 12
4	Cable AWG 10
5	Cable AWG 8
6	Cable AWG 6
7	Flippones 20A
8	Tomacorriente doble
9	Apagador simple
10	Lámpara fluorescente de 40W de 48"
Pintura	
1	Galón de solvente
2	Galón de thinner
3	Rodillos de felpa
4	Brocha de 2"
5	Brocha de 3"
6	Brocha de 4"
7	Removedor de pintura
8	Pegamento de contacto
Material de construcción	
1	Saco de cemento
2	Saco de cal

Fuente: elaboración propia.

2.8. Reestructuración del departamento de mantenimiento

El plan de reestructuración es un instrumento que permitirá la institución, a resolver de manera eficiente los problemas; para que las áreas del departamento de mantenimiento trabajen en forma eficaz; facilita los procesos de mantenimiento y controles de rutinas.

2.8.1. Nuevo sistema de operación y riesgos de caldera Cleaver Brooks del área de calderas

Es muy importante establecer un programa bien estructurado, no solo del rescate de la caldera que tiene 42 años (1975-2017) de trabajo; también, hay que tener en cuenta los riesgos existentes, viabilidad y la eficacia de las medidas de control para la reducción de problemas dentro del área de calderas.

El mayor riesgo de mayor impacto lo constituye la contaminación, que no solamente afectan a los operarios de la zona de calderas, también, a su área de influencia. Por ello se establecen parámetros a seguir, para la efectividad de la producción dentro del área de calderas.

2.8.1.1. Caldera

Debe poseer de forma obligatoria:

- Nivel de agua que indique en cada instante la cantidad de agua contenida dentro de la caldera.
- Válvula de seguridad que se abre automáticamente cuando la presión del vapor pasa de cierto límite, que está fijado por las condiciones de seguridad de presión máxima timbre.
- Si la caldera posee recalentador, este deberá estar provisto de manómetro y válvula de seguridad.
- La capacidad de la caldera se expresa en general por su evaporación, que es el peso de vapor producido por hora. Igualmente, la temperatura y la presión de trabajo (máxima).

- La capacidad de la caldera está caracterizada por la intensidad de vapor expresada en kg por metro cuadrado de superficie de calefacción por hora (Kg/h).
- La actividad del hogar está caracterizada por la capacidad de quemar combustión que puede ser:
 - todas las calderas calentadas con combustible, el peso de combustible quemado por metro de superficie de calefacción por hora, el valor máximo de combustión debe ser de 6,5 Kg/h.
- El rendimiento de la caldera es la relación entre el calor cedido al agua vaporizada y eventualmente recalentada y el calor que puede desarrollar el carbón quemado sobre el emparrillado. Este rendimiento es diferente en cada caldera y por otra parte hay que tener en cuenta las pérdidas que se pueden presentar como:
 - Pérdidas por el combustible no quemado, sólidos o gases, que representa el calor que no se desprendió en el hogar y que se hubiera desprendido si la combustión hubiera sido completa.
 - Pérdidas por radiación y conductividad que representa el calor perdido en la atmósfera por las paredes de la instalación.
 - Pérdidas de calor sensible de los gases en la chimenea que representa el calor disipado en la atmósfera.
 - La pérdida por calor sensible de los gases es la más importante y se puede reducir activando el intercambio entre los gases y la

superficie, por elevación de temperatura de los gases (combustión con poco exceso de aire). Igualmente, para lograr este objetivo se utilizan los intercambiadores de calor intermedios.

- Desde el punto de vista de ubicación de las calderas y su equipo auxiliar deberá colocarse en donde exista el mínimo peligro de sufrir daños por explosión o fuego de materiales inflamables.
- Debe prestarse atención a la estructura que ha de soportar la caldera, teniendo en cuenta las tensiones que le serán transmitidas por el peso que ha de soportar y por la construcción y expansión debida a las variaciones de temperatura.
- Los requisitos a cumplir por la forma de construcción, materiales a emplear y por los dispositivos de seguridad y regulación, aumentan en función de la presión de diseño. Esto mismo puede decirse de los procedimientos de prueba y control.

2.8.1.2. Riesgos en la operación de calderas y la salud humana

Así como se presta cuidadosa atención a los aspectos técnicos para que una caldera cumpla con el propósito para el cual fue construida e instalada; también, se requiere examinar en detalle, los efectos que su operación tiene sobre la salud del personal. Tales efectos pueden y deben ser controlados a fin de evitar todas las consecuencias adversas.

Esta área de calderas se debe encontrar ubicada en una sala con acceso restringido, y características locativas de seguridad, donde laborarán operarios

expertos en turnos de ocho horas (que es el horario normal de operación dentro del Incán); al igual el personal de mantenimiento ingresará para su respectiva rutina de control, inspección con lista de chequeo de caldera.

2.8.1.2.1. Riesgos de enfermedad

Los operadores de la caldera y personal de mantenimiento, están expuestos a varios agentes químicos (partículas, gases y vapores) que producen afecciones de las vías respiratorias. Pueden alcanzarse altas concentraciones de partículas procedentes de las cenizas. Los residuos de la combustión de los derivados pesados de petróleo son más peligrosos que los de otros combustibles (CO, CO₂).

El contacto de la piel no protegida con las cenizas produce afecciones como el eccema, debido a la acción combinada de los compuestos de níquel, vanadio y ácido sulfúrico.

Los riesgos para los trabajadores encargados del mantenimiento de las calderas se presentan especialmente cuando se realizan las operaciones de limpieza; estas sustancias usadas para la limpieza química de los conductos de agua, además de afectar la piel, pueden dar origen a la emisión de vapores o de gases tóxicos.

Cuando se realiza una limpieza por métodos físicos como el cepillado, se origina una nube de partículas que serán perjudiciales para la salud por inhalación y por ingestión. En la limpieza de los conductos de gas se presentan riesgos de lesión para los ojos por las partículas proyectadas a gran velocidad. Por esta razón, la limpieza en seco produce una atmósfera polvorienta.

Al lavar con agua y detergentes, se presentan salpicaduras con compuestos que afectan la piel y puede haber reacciones alérgicas. Dentro de las principales enfermedades encontradas entre el personal encargado del mantenimiento de las calderas pueden mencionarse las de naturaleza respiratoria al inhalar partículas que pueden contener: asbesto, óxido de silicio cristalino, arsénico y vanadio. Pero el riesgo no se limita a las lesiones pulmonares sino que pueden resultar afectados el hígado, los riñones, la vejiga y otros órganos.

Puede haber exposición a temperaturas altas si no se ha permitido un enfriamiento suficiente del interior de la caldera. Como consecuencia se presentarán desórdenes de la termorregulación, calambres por calor.

La enfermedad depende directamente del tiempo de exposición y por el tipo de caldera (automática, semiautomática o manual) y por su uso requiere que el personal esté controlando directa o indirectamente y cuando realizan la inspección rutinaria y el mantenimiento programado (interno de la caldera), el cual se debe ejecutar mediante contratación con el proveedor en caso necesario o por el personal experto de mantenimiento.

2.8.1.2.2. Riesgos de accidente

Por ser el área de calderas, zonas aisladas, en los eventos de accidentes de trabajo de los operadores, por lo general, no se cuenta con la asistencia oportuna; por tanto, se deben prevenir y controlar los factores causantes, de tal forma que no se potencialice; sin embargo se presentan; entre los más frecuentes los siguientes:

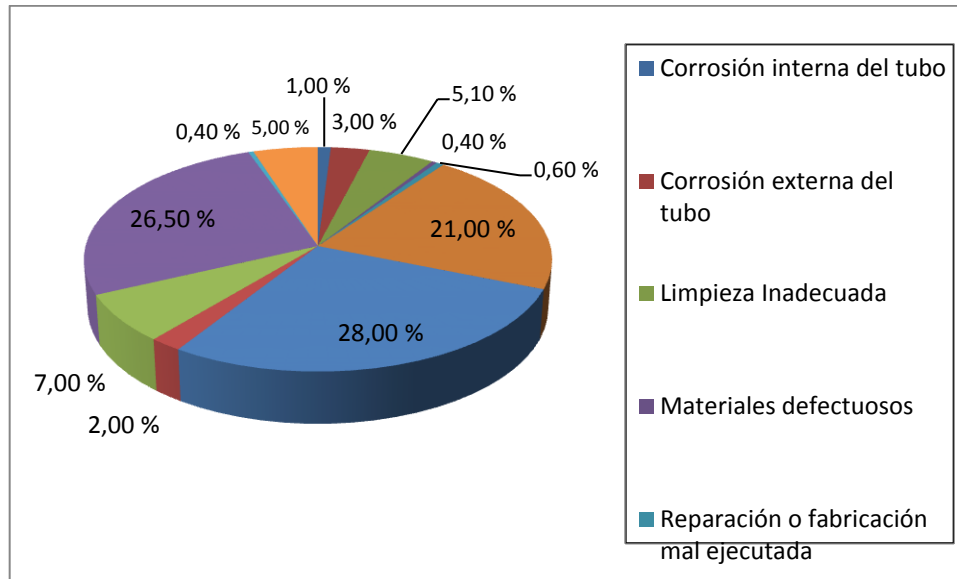
- Para el personal de mantenimiento los riesgos serán mayores y más variados por las especiales condiciones en que deben desarrollar su trabajo.
- Se presenta riesgo de asfixia por deficiencia de oxígeno o por altas concentraciones de gases nocivos, cuando se realice trabajo interno en la caldera.
- Las condiciones locativas, como pisos, paredes, techos, entre otros, del área de calderas igualmente pueden generar accidentes; por tanto, deben mantenerse en buen estado.
- Teniendo en cuenta el factor humano y las condiciones de vida útil de los componentes o estructura de las calderas. A continuación, se presentan las causas más comunes de accidentes de trabajo, con aplicabilidad en este medio:

Tabla XVII. **Porcentajes de accidentes de mantenimiento**

Causas de accidentes de trabajo	%
Corrosión interna del tubo	1,0 %
Corrosión externa del tubo	3,0 %
Limpieza Inadecuada	5,1 %
Materiales defectuosos	0,4 %
Reparación o fabricación mal ejecutada	0,6 %
Falta de normas de mantenimiento	21,0 %
Falla de control en la ejecución del mantenimiento	28,0 %
Encendido mal graduado	2,0 %
Niveles de agua mal controlados	7,0 %
Tratamiento del agua inadecuado o ausente	26,5 %
Expansiones o contracciones no previstas	0,4 %
Fallas de ingeniería civil	5,0 %
	100%

Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Gráfica de accidentes



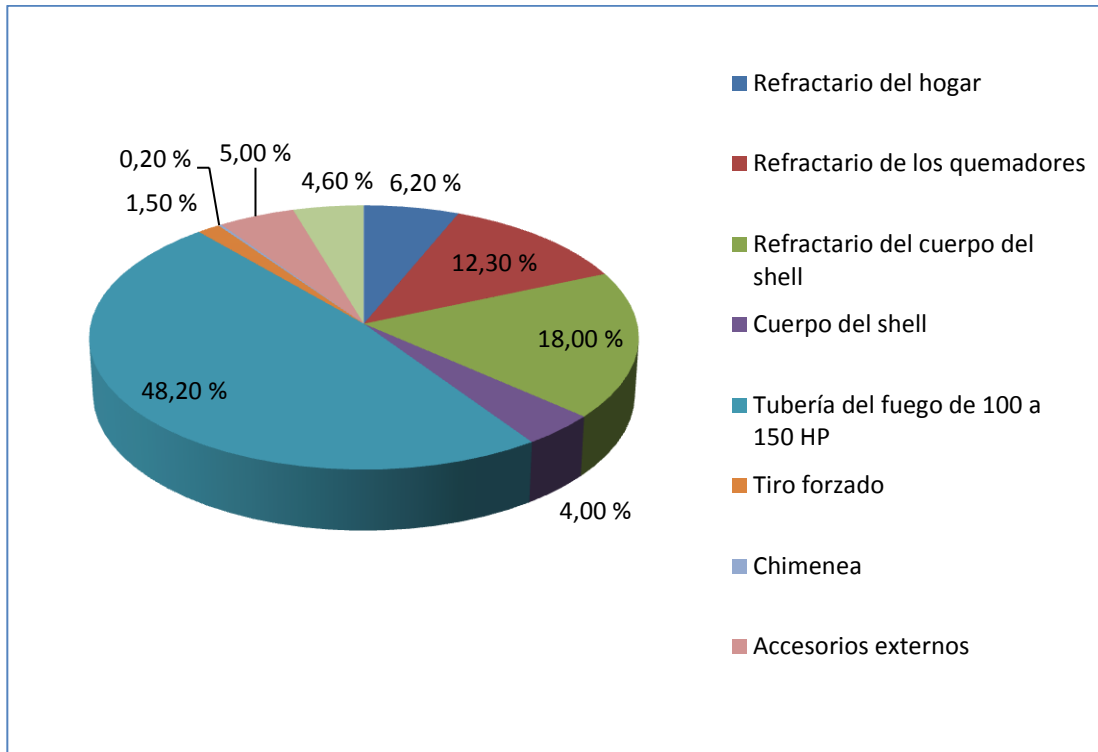
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Accidentes de maquinaria

Fallas en los componentes	%
Refractario del hogar	6,2 %
Refractario de los quemadores	12,3 %
Refractario del cuerpo del <i>shell</i>	18,0 %
Cuerpo del <i>shell</i>	4,0 %
Tubería del fuego de 100 a 150 HP	48,2 %
Tiro forzado	1,5 %
Chimenea	0,2 %
Accesorios externos	5,0 %
Quemadores	4,6 %
	100 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Gráfica de riesgo de accidente de maquinaria**



Fuente: elaboración propia.

2.8.1.2.3. Riesgos de incendio y de explosión

El gran riesgo potencial por explosión que encierran los recipientes térmicos a presión como las calderas; se debe a la liberación violenta de la energía del agua líquida al pasar por descompresión brusca, a la fase de vapor. El grado de violencia de la transformación dependerá de la presión y de la temperatura de operación.

De acuerdo a la potencialidad de destrucción en caso de explosión, el análisis de vulnerabilidad indica el grado de sensibilidad de ser afectado por riesgos de explosión, en función de la frecuencia y severidad del mismo. Teniendo como resultado los siguientes valores:

Tabla XX. **Accidentes por explosión e incendio**

Consecuencias	%
Derrames de bunker	37 %
Peligro por no tener tapadera tanque auxiliar	32 %
Exposición de calor térmico	6 %
Limpieza de pisos	10 %
Tanque de agua caliente	15 %
	100%

Fuente: elaboración propia.

Por ello se hace necesario la implementación de las siguientes alternativas inmediatas:

- Sensibilizar y capacitar a los trabajadores del Incán en la segura actuación.
- Preparación inmediata frente a las necesidades de prevención y control de los riesgos de explosión en calderas.
- Se debe establecer un sistema de control mediante el cual se pueda distinguir el equipo que está en operación del que se encuentra inoperando, mediante:
 - Etiquetas de precaución que indique 'no se opere' sujetadas al equipo en cuestión.

- Sistemas de clausura o cierres, para las válvulas e interruptores, con candado bajo la responsabilidad del jefe de mantenimiento.
- Control diario en el que aparezca la fecha, la parte o dispositivo, las causas de su no disponibilidad y las personas responsables de su mantenimiento o reposición.

La caldera por estar alimentadas automáticamente se considera en general más susceptible de experimentar explosiones en el horno, por encendido inadecuado, fallas en la ignición y una interrupción en la llama o en la energía.

2.8.1.2.4. Riesgos de contaminación atmosférica

El uso de combustibles necesariamente da origen a diversidad de agentes que, al ser lanzados al aire por las chimeneas, tienen oportunidad de dispersarse y de llegar a distancias considerables desde el punto de emisión.

Dentro del personal que labora en el instituto, se presentan grupos hipersensibles a la acción de muchos agentes de contaminación atmosférica: niños, ancianos y afectados por enfermedades crónicas de las vías respiratorias y del corazón. Los que por ningún motivo deben estar expuestos en especial cuando se realice mantenimiento interno de la caldera.

En las salas de calderas, también, se presentan contaminaciones ambientales por exposición a ruido de los procesos de combustión y de equipos en funcionamiento y del tiempo de exposición, con riesgo para el operador de adquirir una enfermedad como ya lo hemos descrito anteriormente. Por lo

general, el operador no permanece en la sala de calderas sino el tiempo suficiente para realizar los controles y rutinas. Dependiendo del estado general de la caldera, se puede estar expuesto igualmente a fugas de gases combustibles, que afectan las vías respiratorias.

En algunos casos donde la edificación o instalaciones locativas del área de calderas no cumple con las normas de distribución de áreas y especificaciones técnicas necesarias, el calor radiante no se puede evacuar por medios naturales (ventilación general) puede ocasionar stress térmico en el operador.

El control se logra parcialmente mediante el uso de chimeneas de suficiente altura física, mínimo 15 metros. Para retener las partículas producidas en la combustión (cenizas, hollín) pueden utilizarse desde colectores ciclónicos y filtros de tela hasta colectores electrostáticos, dependiendo del grado de control exigido por la entidad competente.

Además del equipo de recolección con sus accesorios, será necesario considerar el proceso de disposición de los materiales recogidos (partículas, lodos, soluciones, etc.).

Figura 24. **Humo de chimenea**



Fuente: elaboración propia.

2.8.1.3. Sistema contra incendio

Es el conjunto de procedimientos y acciones a seguir por las personas amenazadas ante un peligro cualquiera. La finalidad principal es proteger su vida e integridad física mediante un desplazamiento hasta y a través de rutas lógicas o de menor riesgo.

Hay que tener un especial interés en proteger la infraestructura y el recurso humano e interponer una ordenada evacuación de las instalaciones al momento de un siniestro provocado por la presencia de un incendio, explosión, contaminaciones con materiales radioactivos, gases y materiales peligrosos o tóxicos, etc. En Guatemala, según estudios y archivos estadísticos de los bomberos voluntarios, los accidentes mencionados anteriormente ocurren un 47% de día y un 53% de noche.

En Guatemala, aún no existen leyes específicas con respecto a este tema, sin embargo, actualmente se cuenta con algunos reglamentos que tratan acerca de este contenido, por ejemplo, el *Código de trabajo*, Decreto No. 1441, artículo 197, dice que “todo patrono está obligado a adoptar las precauciones necesarias para proteger eficazmente la vida, la salud y la moralidad de los trabajadores”⁷; en el *Código civil*, Decreto No. 106 artículo 1650, se habla también que “la persona o empresa que habitual o accidentalmente ejerciere una actividad en la que hiciere uso de mecanismos, instrumentos, aparatos o sustancias peligrosas por sí mismos, por la velocidad que desarrollen, por su naturaleza explosiva o inflamable, por la energía de la corriente eléctrica que conduzcan o por otras causas análogas, está obligada a responder del daño o perjuicio que cause, salvo que pruebe que ese daño o perjuicio se produjo por dolo de la víctima”⁸; y el artículo 1671, “el propietario de un edificio es responsable del daño o perjuicio causado por la ruina total o parcial del mismo si la ruina se debió a defecto de construcción, la responsabilidad del dueño será solidaria con la del constructor pero el propietario podrá repetir contra aquel para rembolsarle de lo que hubiere pagado por perjuicios sufridos”⁹.

El *Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo* del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), artículo 14, dice lo siguiente: “los edificios que se construyan o se destinen para lugares de trabajo deben llenar en lo relativo a emplazamiento, construcción y acondicionamiento, los requisitos de higiene y seguridad que establecen en el reglamento y otras

⁷ *Código de trabajo*. <http://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/gt/gt015es.pdf>. Consulta: 10 de junio de 2017.

⁸ *Código civil*. https://www.oas.org/dil/esp/Codigo_Civil_Guatemala.pdf. Consulta: 10 de junio de 2017.

⁹ *Ibíd.*

disposiciones legales o en su defecto, los que aconseje la técnica generalmente aceptada”¹⁰.



Estos artículos son una referencia al sistema contra incendios de una edificación, que se deben tomar en cuenta.

Tabla XXI. **Equipo contra incendios**

<p>Detectores de humo</p>	<p>Es una alarma que detecta la presencia de humo en el aire Detectores detección de gases y humos de combustión que no son visibles a simple vista. Ubicación: propuesta.</p>	
<p>Sensores de humo</p>	<p>Detectan los humos visibles mediante la absorción o difusión de la luz. Ubicación: propuesta.</p>	
<p>Manguera contra incendio</p>	<p>es una manguera que se utiliza para el transporte de agua para extinción de incendios fines Ubicada: a 16 m del área de caldera al frente.</p>	
<p>Extinguidores</p>	<p>Un extinguidor es un aparato creado para combatir el fuego cuando este está recién comenzando a provocar un incendio. Área de calderas: 300 m² núm. de extinguidores: 2 Tipo: núm. según el área: 3 propuestas. Ubicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A la par del del suavizador. • En la mesa de soldadura. • Entrada del area de calderas (propuesta) 	

¹⁰ Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, IGSS. *Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo.* http://www.igssgt.org/ley_acceso_info/pdfs/Ley/inciso_6/ReglamentodeSeguridadeHigiene.pdf. Consulta: 10 de junio de 2017.

Continuación de la tabla XXI.

<p>Detectores de co y co²</p>	<p>El detector GC es un detector portátil de fugas de CO Y CO² con seguridad intrínseca (detector en lo sucesivo), monitorea continuamente la densidad de los gases. Ubicación: No se tiene actualmente (propuesta) va enganchado al operador.</p>	
<p>Arena</p>	<p>Ocupados para incendios y absorción de combustibles. Ubicados en el ala izquierda de área de calderas, necesita pintura y que esté a la vista.</p>	

Fuente: elaboración propia.

2.8.1.4. Prevención y control (sala de calderas)

Lo más deseable es que la caldera sea instalada en un compartimiento o edificación separada, en este caso se encuentre una con la otra. La ubicación será cerca del punto de uso del vapor para evitar el tendido de redes de distribución muy largas y el aislamiento respectivo. Ha de considerarse la sala como algo permanente de mayor duración que la caldera.

Por esta razón, deberán preverse espacios y facilidades para retirar la caldera y reemplazarla por otra, sin dañar la edificación. Igualmente, debe tenerse en cuenta que el ancho de los pasillos no debe ser inferior a 1,52 metros actualmente es de 70 cm; lo anterior con el fin de que exista suficiente espacio alrededor de la caldera, para permitir el acceso a todos sus componentes y realizar labores de mantenimiento.

Se dispondrá de suficiente espacio para realizar sin dificultades las tareas de limpieza, mantenimiento y reparaciones. Las paredes del local se construirán con materiales resistentes al fuego y que no permitan el paso de gases de una sección a otra.

Figura 25. **Caldera Cleaver Brooks**



Fuente: elaboración propia.

2.8.1.5. Salidas

En el piso principal de la sala de calderas, debe haber por lo menos una salida localizada a su extremo; las puertas deben abrir hacia afuera o a los lados, deberá conducir hacia sitios seguros y libres de obstáculos.

Ningún desfogue debe descargar sobre las vías de circulación de personal. Las salas de calderas y los demás sitios atravesados por conductos o tuberías de vapor de mediana o alta presión, donde exista posibilidad de explosión, estarán provistos de salidas de emergencia libres de obstáculos.

Figura 26. **Área de calderas**



Fuente: elaboración propia.

2.8.1.5.1. Los pisos

Tendrán superficies antideslizantes tanto en el área de trabajo, pasillos y plataformas.

2.8.1.5.2. Ventilación

Por lo general se requiere ventilación forzada o natural para asegurar una buena aireación. El suministro debe ser suficiente para lograr una combustión eficiente y para mantener la temperatura ambiente dentro de límites cómodos.

Se prestará tanta atención a las entradas como a las salidas de aire. La tasa volumétrica debe ser tal que garantice una renovación completa del aire así:

Tabla XXII. **Tabla de ventilación**

Sala de calderas y sala de máquinas	4 a 60 cambios / hr
Corredores de acceso o de salida	1 a 10 cambios / hr
Oficina de operador	1 a 6 cambios / 1 hr

Fuente: elaboración propia.

2.8.1.5.3. La iluminación

Debe ser adecuada para evitar riesgos de caídas y para leer sin equivocación, los diversos instrumentos de medida y de control (lista de chequeo). Los niveles de iluminación pueden estar entre 150lux a 500lux.

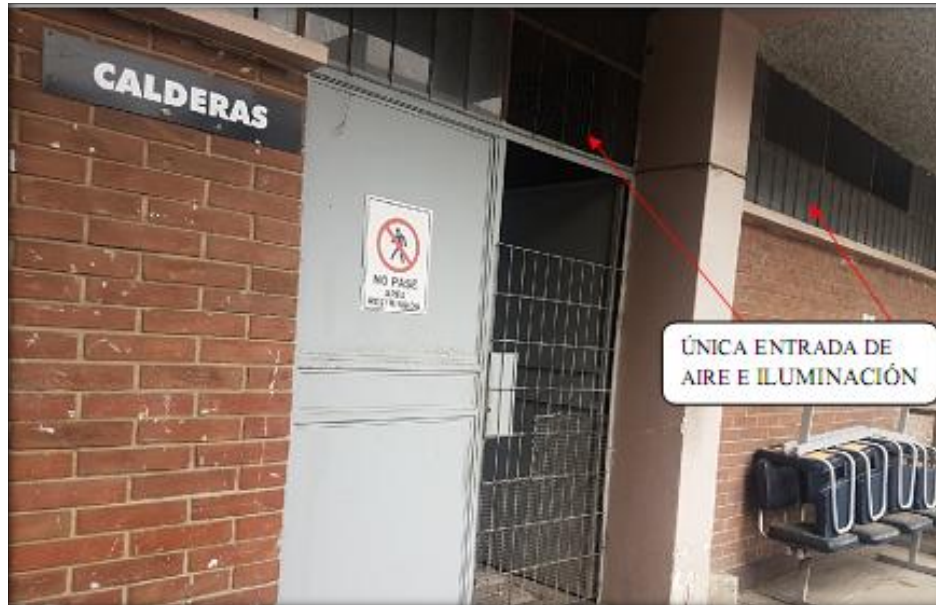
Niveles de iluminación recomendados por la Illuminating Engineering Society of North América.

Tabla XXIII. **Tabla de Iluminación**

Plataformas de las calderas	150 - 200 - 250 luxes
Plataformas quemadores	200 - 225 – 250 luxes
Manipulación carbón	75 - 100 – 150 luxes
Tableros de control	200 - 300 - 500 luxes (máximo)
Área de suavizador	200 - 300 – 500 luxes
Oficina de operador	150 - 175 – 200 luxes
Iluminación de emergencia	100 - 150 – 200 luxes
Exterior de la sala de calderas	120 - 150 – 200 luxes
Escaleras y plataforma de acceso	75 - 100 – 150 luxes
Tanques de almacenamiento	100 - 150 – 200 luxes

Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Entrada al área de calderas**



Fuente: elaboración propia.

2.8.1.5.4. Control de las pérdidas de agua

Los controles en las calderas están diseñados para que el nivel del agua no alcance el límite mínimo. A pesar que toda caldera debe estar dotada con no menos de dos indicadores independientes de nivel de agua, esta es una causa frecuente de avería.

En la caldera pirotubular sino hay bastante agua, puede reventarse el casco de ésta. En caso de escasez de agua, deberá pararse inmediatamente la combustión, se cerrarán las llaves y se desalojará la sala; bajo ninguna circunstancia se alimentará con agua ni aligerarán las válvulas, ni se dará salida al vapor, porque la caldera explotará.

2.8.1.5.5. Control de la pérdida de espesor de la pared

Se debe a corrosión o a erosión interna o externa. El grado de ataque de las superficies exteriores o interiores de los tubos y la cantidad de abrasión mecánica de los tubos debido a los gases que contienen partículas incombustibles depende de la calidad del agua de alimentación y de la composición de los combustibles.

Como norma la disminución de espesor de la pared es un fenómeno localizado; da lugar a fisuras a través de las cuales escapan pequeñas cantidades de vapor.

Si esto se detecta a tiempo, debe pararse la caldera para reemplazar los tubos cuyas paredes hayan adelgazado más de lo admitido. Por el contrario, si el daño no se detecta a tiempo, se agravará rápidamente con alto riesgo de explosión.

2.8.1.5.6. Almacenamiento y manejo de combustibles

Las medidas preventivas que deberán adoptarse dependerán en parte de las características del combustible y de la cantidad que va a ser almacenada y consumida en un determinado período.

Características del combustible directamente relacionadas con el riesgo de explosión: Punto de ignición (*flash point*) y gravedad específica.

Deberá estudiarse cuidadosamente cual puede ser la cantidad mínima que requiere ser almacenada y no se pretenderá sobrepasar ese mínimo, a fin de reducir el riesgo potencial.

Los tanques horizontales enterrados o colocados en superficies seguras con dispositivos de contención de derrames (muro de contención y recolección) fuera de las edificaciones o sala de calderas, constituyendo el método más seguro de almacenar líquidos inflamables. Se ubicarán a distancia no menor de 1.5 metros de los cimientos de las edificaciones, ni menores de 0,6 metros de otros tanques y tuberías. Tendrán un anclaje para prever su flotación. Se impermeabilizarán para protegerlos de la corrosión.

El espacio libre que se deje entre un tanque superficial y las demás instalaciones dependerá de:

- La susceptibilidad a los daños
- la cantidad de combustible almacenada
- las características de inflamabilidad del combustible
- El valor relativo de las instalaciones
- El área necesaria para actuar eficientemente en caso de incendio

Los tanques auxiliares se instalarán sobre terreno inclinado, en forma que si ocurre un escape del líquido, este fluya descendiendo hacia el lado opuesto.



Se proporcionarán canales y conductos de drenaje para conducir combustible que escape de los recipientes de almacenamiento y también el agua que utilice en la extinción de incendios.

Finalmente, será preciso seleccionar un sistema adecuado para el control y la extinción de incendios; también, un plan y brigada bien estructurada y capacitada.

2.8.2. Tanque auxiliar de bunker

Tanque instalado en la parte de adentro del área de calderas, destinado para suministro diario de combustible bunker.

Tabla XXIV. Nueva propuesta de problemática de tanque auxiliar

Actual	Propuesta
	
<p style="text-align: center;">Tanque auxiliar rectangular</p> <ul style="list-style-type: none"> • Derrames de combustible por no poseer tapadera. • No tiene cierre automático. • Poca fluidez de fluido. • No tiene nivel de combustible. • Expuesto a agentes contaminantes de combustible. 	<p style="text-align: center;">Tanque auxiliar cilíndrico</p> <ul style="list-style-type: none"> • No hay derrames de combustible ya que es directo su alimentación. • Contiene flotador de cierre. • Mayor fluidez de combustible por el diseño que posee. • Posee toma de nivel. • No está expuesto a agentes contaminantes.

Fuente: elaboración propia.

2.8.2.1. Guía y rutinas de mantenimiento preventivo para calderas

El mantenimiento preventivo es aquel que se realiza de manera anticipado con el fin de prevenir el surgimiento de que no exista averías en los artefactos, equipos electrónicos, motores, accesorios y equipo de la caldera. La importancia del mantenimiento preventivo radica en que un programa de mantenimiento bien planeado que evite interrupciones innecesarias o reparaciones costosas.

Entre las ventajas que se pueden citar al implementar un mantenimiento preventivo están:


- Se conserva en condiciones óptimas de trabajo que permite que la producción continúe su función normal sin interrupciones y los niveles de productividad suban considerablemente.
- Las personas que laboran con estos equipos se sentirán más satisfechas y trabajarán con un alto grado de motivación.
- Los equipos no sufrirán un deterioro mayor cuando han sido sometidos continuamente a un mantenimiento preventivo.
- Se llevaran a cabo con el único objetivo de un mejor control del funcionamiento de caldera el cual las dividiremos en rutinas de control: diario, semanal, quincenal, mensual, trimestral, semestral y anual.

2.8.2.1.1. Diario

- Limpiar las boquillas del quemador de la caldera.
- Comprobar el nivel de lubricantes para el compresor en el tanque aire-aceite. Debe de estar a 1/2 de nivel, esto es, dentro del tercio medio y si está más bajo, ponerlo a nivel.
- Purgar la caldera por lo menos cada ocho horas de trabajo, tanto de la purga de fondo como de sus columnas de control de nivel. esto se hace subiendo el nivel de agua a 1/2 cristal y purgando hasta que arranque la bomba de alimentación. Se recomienda consultar a su experto en tratamiento de aguas al respecto y es muy importante se sigan sus instrucciones; también, colocar las instrucciones que sobre purgas de fondo y control de nivel, envía la fábrica con el manual de operación. leer y seguir las instrucciones de la placa de advertencia que aparece a un costado de la caldera.
- Comprobar así mismo que la presión indicada por los manómetros de entrada al combustible, la presión en la válvula medidora y la presión de salida de combustible, son las fijadas en su manual de operación.
- Comprobar si la presión de aire de atomización es la correcta. Lectura de manómetro de presión de aceite del quemador de combustible en un rango de 48 a 52 Psi.
- Comprobar y registrar la temperatura de los gases de la chimenea. Lectura de termómetro de chimenea en un rango de 250 °C a 300 °C para analizar si tenemos buena combustión.

- Tomar análisis de gases de combustión. Lectura de termómetro de aceite de combustible de un rango de 80 a 100 °C.
- Válvula reguladora de vapor de 90 a 110 °C.
- Manómetro de gas de 12 a 15 psi.

Tabla XXV. **Formato de rutina diaria (Incán)**

Instituto Nacional de Cancerología (Incán) Departamento de mantenimiento Área de calderas						
						
Control de rutina diaria						
Nombre de operador:				Fecha:		
				Al del 20		
Firma:		Turno:		Hora:		
						observaciones
Manómetro de presión (48 Psi a 52 Psi)						
Temperatura de chimenea (250 °C a 300 °C)						
Termómetro de aceite de (80 °C a 100 °C)						
Manómetro de aceite (48 Psi a 52 Psi)						
Termómetro de vapor (90 °C a 110 °C)						
Manómetro de gas (12 Psi a 15 Psi)						
Limpia boquilla de quemador						
Nivel de aceite						
Nivel de agua de caldera						
Nivel de tanque agua						
Purgar caldera						

Fuente: elaboración propia.


2.8.2.1.2. Semanales

A continuación, se mencionan todas las rutinas que deben programarse semanalmente en el cuarto de calderas del instituto; queda a criterio del encargado de mantenimiento programar varias rutinas en un día. En una ficha de control se debe indicar con detalle lo realizado en cada rutina y el tiempo que le tomó realizarla.

- Niveles de operación en el control del nivel de agua.
- Válvula de purga del nivel de agua.
- Revisión de la línea de alimentación de combustible limpieza de conductos de combustible.
- Filtros de la línea de alimentación de combustible.
- Limpieza del tanque principal de agua.
- Revisión de la secuencia de operación del sistema de distribución de agua.
- Revisión del funcionamiento de bombas y motores para distribución de agua.
- Fugas en el tanque de condensados.
- Comprobar que no hay fugas de gases ni de aire en las juntas de ambas tapas y mirilla trasera.

- Comprobar la tensión de la banda al compresor.
- Limpiar el filtro de lubricante, que está pegado al compresor.
- Lavar los filtros, tanto el de entrada a la bomba como el de entrada de agua al tanque de condensados.
- Limpiar el electrodo del piloto de gas.
- Comprobar que los interruptores termostáticos del calentador de combustible operen a la temperatura a que fueron calibrados al hacer la puesta en marcha. Consúltese el manual de operación.
- Inspeccionar los prensa-estopas de la bomba de alimentación de agua.

Tabla XXVI. Formato de rutina semanal

Instituto Nacional de Cancerología (Incán) Departamento de mantenimiento Área de calderas					
					
Control de rutina semanal					
Nombre de operador:				Mes de: del 20	
Firma:		Turno:		Hora:	
	S1	S2	S3	S4	Observaciones
Purgar nivel de agua					
Limpieza de conductos de combustible					
Limpieza de tanque de agua					
Revisión de sistema de agua					
Revisión de bombas de agua					
Fugas de tanque de condensados					
Fugas de vapor en juntas de tapas y de mirilla trasera					
Limpieza de filtros					
Revisar faja de compresor					
Limpieza electrodo de piloto de gas					
Inspeccionar los prensa estopas de la bomba de alimentación de agua					

Fuente: Elaboración propia.


2.8.2.1.3. Mensuales

La programación de un departamento de mantenimiento es vital para el desarrollo de la labor que se ejecuta, puesto que esta es la encargada de la ejecución del programa de mantenimiento y dependiendo si la labor del programador es eficiente o no, así serán los resultados obtenidos con este programa.

En las rutinas mensuales al igual que en las semanales, deben establecerse día, hora, tiempo estimado y encargado de realizar la rutina de mantenimiento. Las abajo citadas son las rutinas de mantenimiento mensuales:

- Revisión de boquillas del quemador.
- Chequeo del quemador.
- Electrodo de ignición.
- Limpieza fotocelda.
- Limpieza del ventilador.
- Limpieza cápsulas de mercurio del McDonnell.
- Válvulas en general.
- Empaques y sellado hermético en el tanque de condensados.
- Bridas y uniones en el sistema de tubería y accesorios del tanque de condensados.
- Revisión del nivel de combustible en el tanque principal.
- Revisión del porcentaje de gas existente en el tanque.
- Revisión de empaques de bomba de alimentación de agua a la caldera.

Tabla XXVII. Formato de control de rutina mensual

Instituto Nacional de Cancerología (Incán) Departamento de mantenimiento Área de calderas							
							
Control de rutina mensual							
Nombre de operador:					Semestre:		
					del 20		
Firma:		Turno:		Hora:			
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	Observaciones
Revisión de boquillas del quemador							
Chequeo del quemador							
Electrodos de ignición							
Limpieza fotocelda							
Limpieza del ventilador							
Limpieza cápsulas de mercurio del McDonnell							
Válvulas en general							
Empaques y sellado hermético en el tanque de condensados							
Bridas y uniones en el sistema de tubería y accesorios del tanque de condensados							
Revisión del nivel de combustible en el tanque principal							
Revisión del de gas existente en el tanque							
Revisión de empaques de bomba de alimentación de agua a la caldera							

Fuente: elaboración propia.

2.8.2.1.4. Trimestrales

Conseguir la realización de la tarea o rutina en el tiempo más corto y con la mano de obra disponible es el objetivo principal. El número de operarios de mantenimiento dependerá del tamaño de la planta. Al igual que todas las rutinas anteriores deben programarse el día, hora, tiempo estimado y encargado para

la rutina. Las rutinas trimestrales para el cuarto de calderas se mencionan a continuación:

- Limpieza del cuerpo del quemador
- Revisión de terminales en el sistema eléctrico
- Limpieza en el control programador
- Control de presión de vapor
- Revisión de termostatos
- Válvula de seguridad
- Aisladores de electrodos de ignición
- Anclajes, juntas y cimentación de las bombas de alimentación de agua,
- distribución de combustible y alimentación a la caldera
- Limpieza interior de la caldera del lado de agua
- Limpieza interior de la caldera del lado de fuego

Tabla XXVIII. Formato de control de rutina trimestral

Instituto Nacional de Cancerología (Incán) Departamento de mantenimiento Área de calderas					
					
Control de rutina trimestral					
Nombre de operador:				Año:	
Firma:		Turno:		Hora:	
	T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	Observaciones
Limpieza del cuerpo del quemador					
Revisión de terminales en el sistema eléctrico					
Limpieza en el control programador					
Control de presión de vapor					
Revisión de termostatos					
Válvula de seguridad					
Aisladores de electrodos de ignición					
limpieza de tortugas y en medio y la parte inferior					
Limpieza interior de la caldera del lado de fuego					
Limpieza interior de la caldera del lado de agua					
cambiar empaques					

Fuente: elaboración propia.


2.8.2.1.5. Semestrales

De igual forma que todas las rutinas anteriores, las rutinas semestrales también deben establecerse y programar el día, hora, tiempo estimado para

realizar el trabajo y el encargado de realizarlo. La lista siguiente menciona las diferentes rutinas semestrales establecidas:

- Lubricación de cojinetes de bombas de agua
- Conexiones de la línea de alimentación
- Revisión del material refractario
- Revisión de empaques en el cuerpo de la caldera
- Revisión de pernos y tuercas de puertas de la caldera
- Fajas de transmisión en el sistema de combustible
- Alineación de motor y bomba del sistema de agua
- Limpieza del tanque de condensados
- Chequeo de válvulas solenoide
- Lubricación del motor ventilador
- Chequeo de temperatura de cojinetes en el sistema de aire
- Fajas de transmisión en el sistema de aire
- Filtro de válvula de flotador
- Iluminación y ventilación
- Pintura y limpieza

Tabla XXIX. Formato de control de rutina semestral

Instituto Nacional de Cancerología (Incán) Departamento de Mantenimiento Área de calderas			
			
Control de rutina semestral			
Nombre de operador:		Año:	
Firma:	Turno:	Hora:	
	S. 1	S. 2	Observaciones
Lubricación de cojinetes de bombas de agua			
Revisión de empaques en el cuerpo de la caldera			
Fajas de transmisión en el sistema de combustible			
Alineación de motor y bomba del sistema de agua			
Limpieza del tanque de condensados			
Chequeo de válvulas solenoide			
Lubricación del motor ventilador			
Chequeo de temperatura de cojinetes en el sistema de aire			
Fajas de transmisión en el sistema de aire			
Filtro de válvula de flotador			
Iluminación y ventilación			
Pintura y limpieza			

Fuente: elaboración propia.


2.8.2.1.6. Anuales

Las rutinas de mantenimiento anuales se mencionan a continuación:

- Limpieza del flotador del control de nivel de agua
- Chequeo del diafragma del flotador

- Revisión de columna del McDonnell
- Revisión del impulsor
- Fugas en tubos de la caldera
- Alineación de motor y bomba en el sistema de combustible
- Revisión de la bomba de tanque principal a tanque de diario
- Vibración de motor y ventilador del sistema de aire
- Limpieza de platinos en el sistema eléctrico
- Revisión del aislador térmico de tubería
- Termómetros
- Manómetros
- Limpieza de chimenea
- Condiciones de seguridad en el cuarto de calderas

Tabla XXX. Formato de control de rutina anual

Instituto Nacional de Cancerología (Incán) Departamento de mantenimiento Área de calderas		
		
Control de rutina anual		
Nombre de operador:		Año:
Firma:	Turno:	Hora:
	1	Observaciones
Limpieza del flotador del control de nivel de agua		
Chequeo del diafragma del flotador		
Revisión de columna del McDonnell		
Revisión del impulsor		
Fugas en tubos de la caldera		
Alineación de motor y bomba en el sistema de combustible		
Revisión de la bomba de tanque principal a tanque de diario		
Vibración de motor y ventilador del sistema de aire		
Limpieza de platinos en el sistema eléctrico		
Revisión del aislador térmico de tubería		
Termómetros		
Manómetros		
Limpieza de chimenea		
Condiciones de seguridad en el cuarto de calderas		

Fuente: elaboración propia.

2.9. Nuevo sistema de tuberías de vapor

El uso de vapor en el Instituto Nacional de Cancerología se utiliza en procesos de limpieza y desinfección, para cocción de alimentos, en esterilizado de equipo quirúrgico, lavado de ropa, secado de ropa y planchado (estaba en un tiempo). A pesar del gran ahorro energético que da el uso del vapor, presenta, también, una serie de ineficiencias, por la antigüedad de la tubería y de

los accesorios conectados al mismo; se tienen por lo mismo pérdidas en su eficiencia como también económicas.

En este sentido, se busca, por medio de nuevas aplicaciones en tuberías de vapor, mejorar el sistema de vapor que tenga las ventajas en eficiencias y economía para el mejor ahorro de recursos en el tema de mantenimiento para el instituto.

2.9.1. Elementos de la nueva red de distribución de vapor

Para la nueva red de distribución de vapor, en principio está compuesta, al igual que cualquier red de distribución de un fluido, por tuberías y accesorios de tubería. Sin embargo, los cambios se basan en el empleo de nuevos tipos de redes, por ello es necesario el empleo de determinados elementos en la red que son muy específicos de este tipo de sistemas.

La propia naturaleza y comportamiento del vapor hace que los elementos constitutivos de la red tengan que presentar unas características específicas en relación con el comportamiento frente a la temperatura y la presión que han de soportar. Además, deben presentar determinadas características frente a la abrasión debido que lo instalaremos aéreo por la parte exterior del instituto.

Por otra parte, al manejar un fluido a muy elevada temperatura, toda la red debe estar provista del aislamiento térmico adecuado que evite fugas térmicas que son causa de ineficiencia de la instalación; en este caso, se tienen varios tipos de cotizaciones de empresas, aluminio con insolación y de tipo de fibraglas que hay en el mercado guatemalteco.

Existen dos hechos que obligan al empleo de accesorios específicos en las redes de vapor: presencia de aire y presencia de condensados. La

presencia de aire mezclado con el vapor es una situación indeseable debido a la pérdida de eficiencia. El aire, debido a su bajo calor específico y mala transmisión térmica, rebaja notablemente la eficiencia de intercambio del vapor. Esta situación obliga al empleo de separadores o purgadores de aire en las redes de vapor que garanticen la ausencia de aire mezclado con el vapor. La incorporación de aire en la red es una situación bastante frecuente sobre todo en redes que trabajan intermitentemente.

La presencia de condensados es inherente al propio proceso de uso del vapor y se produce cuando el vapor entra en contacto con puntos fríos del sistema, tanto a nivel de tuberías de distribución como en el propio proceso de intercambio de calor en los puntos de utilización.

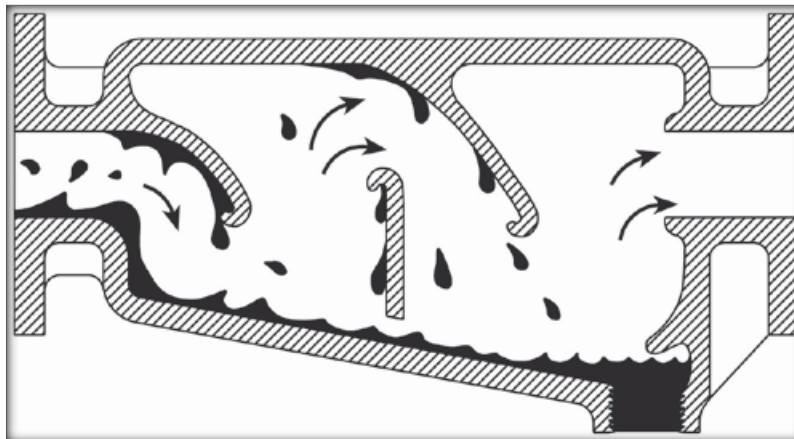
La presencia de condensados se produce especialmente en los momentos de arranque y paro de la instalación, llegando gran cantidad de agua a la central de equipos del instituto, dando a diario la misma queja. Por ese motivo cuando se arranca la caldera y se da paso de vapor hacia la red, esta está fría y el vapor en contacto con las tuberías condensa en tanto en cuanto no se calientan dichas tuberías y alcanzan las temperaturas de régimen de equilibrio. Una vez estabilizado el régimen térmico en la instalación, sigue produciéndose condensación debida a pérdidas térmicas en zonas no aisladas que es en un gran tramo de la tubería actual, aunque en mucha menor medida, en las zonas aisladas, dado que los aislamientos no son absolutamente perfectos.

La presencia de condensados debe de estar restringida al circuito de condensados y es indeseable en el circuito de vapor. La razón es obvia, el condensado en el circuito de vapor, debido a su naturaleza líquida, tiende a ocupar las partes bajas de las tuberías. Las altas velocidades alcanzadas por el vapor arrastran el condensado produciendo ruido, abrasión, golpes de ariete,

2.9.1.1. Separadores de gotas

Son accesorios de tubería que provocan, por su geometría, la deposición de las gotas que arrastra el vapor. Suelen tener una geometría laberíntica. Al final del recorrido y en su parte más baja, están dotados de una salida para el líquido separado del vapor. El vapor saliente de este tipo de trampa, lo hace libre de gotas de agua. Este tipo de accesorio suele emplearse con bastante frecuencia en la salida de la caldera

Figura 28. Separador de gotas



Fuente: Junta de Castilla y León. *Manual de redes de vapor*. p. 125.

2.9.1.2. Purgadores

Un purgador es un accesorio que permite evacuar los condensados formados en el circuito de vapor, fuera de este.

Los condensados se sitúan en los puntos más bajos del circuito y por tanto en estos puntos es donde hay que proceder a su evacuación. La evacuación

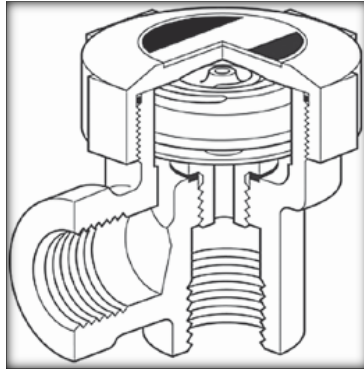
puede realizarse de la manera más simple mediante una válvula manual, pero esta operativa no es adecuada pues exige atención continua de todos los puntos de la red. Para el purgado de los condensados existen accesorios específicos que se conocen como purgadores automáticos que se encargan, de manera automática y siempre que estén bien instalados, de mantener el circuito de vapor libre de condensados.

Existen varios tipos de purgadores según su principio de funcionamiento. Cada tipo tiene sus aplicaciones específicas según la aplicación, punto de instalación y condiciones de uso:

- Purgadores termostáticos
- Purgadores mecánicos
- Purgadores termodinámicos

Los purgadores termostáticos trabajan con cambios de temperatura. La temperatura del vapor saturado viene fijada por su presión. Cuando se produce el intercambio, el vapor cede su entalpía de evaporación, produciendo condensado a la temperatura del vapor. Cualquier pérdida de calor posterior significa que la temperatura de este condensado disminuye. Un purgador termostático capta la temperatura y posiciona la válvula en relación al asiento para descargar el condensado.

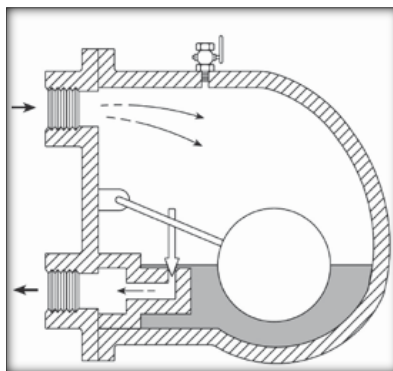
Figura 29. **Purgador termostático**



Fuente: Junta de Castilla y León. *Manual de redes de vapor*. p. 125.

Los purgadores mecánicos trabajan con cambios de densidad del fluido. Basan su funcionamiento en la diferencia de densidad entre el vapor y el condensado. Estos purgadores tienen una cámara con un flotador o boya donde se acumula el condensado. La boya sube en presencia de condensado para abrir una válvula.

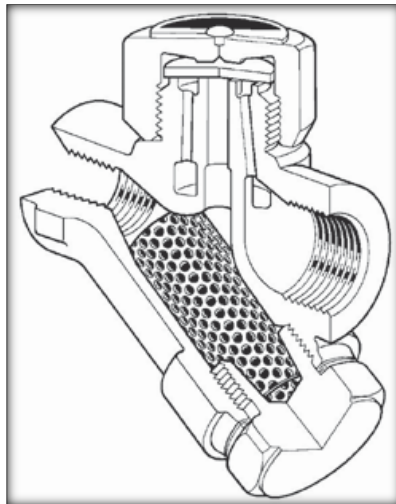
Figura 30. **Purgador mecánico**



Fuente: Junta de Castilla y León. *Manual de redes de vapor*. p. 125.

Los purgadores termodinámicos trabajan con cambios en la dinámica del fluido. El funcionamiento de los purgadores termodinámicos depende en gran medida de la capacidad de formación de revaporizado del condensado. Este grupo incluye los purgadores termodinámicos, de disco, de impulso y laberinto; también, la simple placa orificio que no se puede realmente definir como mecánico ya que se trata sencillamente de un orificio de un diámetro determinado por el que pasa una cantidad determinada de condensado. Todos se basan en que el condensado caliente, descargado a presión, puede revaporizar para dar una mezcla de vapor y agua.

Figura 31. **Purgador termodinámico**



Fuente: Junta de Castilla y León. *Manual de redes de vapor*. p. 125.

Cuando se libera condensado caliente a presión, produce revaporizado que se mueve a altas velocidades. Como muestra la figura, el purgador consta de un cuerpo con una cara de cierre plana con una entrada en el centro y orificios de salida periféricos. La única parte móvil es el disco encima de la cara de cierre plana dentro de la cámara de control o tapa.

Las ventajas de este tipo de purgador pueden resumirse en:

- Pueden operar dentro de toda su gama de trabajo sin ajustes ni cambio de válvula.
- Son compactos, sencillos, ligeros; para el tamaño que tienen poseen una gran capacidad de manejo de condensado.
- Pueden descargar grandes cantidades de aire en las puestas en marcha si la presión de entrada crece lentamente.
- Este tipo de purgador se puede usar con vapor a alta presión y vapor recalentado y no le afecta los golpes de ariete ni vibraciones.
- Ofrece una gran resistencia a la corrosión debido a su fabricación enteramente en acero inoxidable.
- No se dañan con las heladas y es poco probable que se hielen si se instalan con el disco en plano vertical y descargando libremente a la atmósfera.
- Como el disco es la única parte móvil, se puede realizar el mantenimiento de una manera sencilla sin tener que retirar el purgador de la línea.
- El chasquido audible al abrir y cerrar hace muy fácil su comprobación. De entrar en más detalles sobre el funcionamiento de los purgadores.

2.9.1.3. Eliminadores de aire

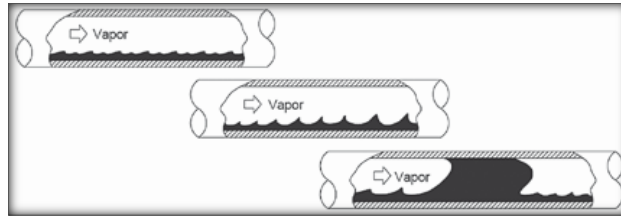
Otro accesorio que se emplea ampliamente en las redes de vapor son los eliminadores de aire de la instalación. Un eliminador de aire automático es una válvula que trabaja termostáticamente y se instala en un lugar donde le llega el vapor y aire pero no el condensado. Se recomienda que los eliminadores de aire y su tubería de conexión estén sin aislamiento para que trabajen correctamente.

2.9.2. Red de distribución de vapor

Debido a todos los cambios que se producen en el fluido, el diseño de una red de vapor exige una serie de cuidados especiales en orden a evitar efectos indeseables durante su utilización.

El golpe de ariete se produce cuando el condensado en lugar de ser purgado en los puntos bajos del sistema, es arrastrado por el vapor a lo largo de la tubería, y se detiene bruscamente al impactar contra algún obstáculo del sistema. Las gotas de condensado acumuladas a lo largo de la tubería, acaban formando una bolsa líquida de agua que será arrastrada por la tubería a la velocidad del vapor. Un esquema de este efecto se muestra en la figura siguiente:

Figura 32. **Golpe de ariete**



Fuente: Junta de Castilla y León. *Manual de redes de vapor*. p. 135.

Esta bolsa de agua es incompresible que, cuando discurre a una velocidad elevada, tiene una energía cinética considerable. Cuando se obstruye su paso, a causa de una curva u otro accesorio de tubería, la energía cinética se convierte en un golpe de presión que es aplicado contra el obstáculo.

Normalmente, se produce un ruido de golpe que puede ir acompañado del movimiento de la tubería. En casos serios, los accesorios pueden incluso romperse con un efecto casi explosivo, con la consecuente pérdida de vapor vivo en la rotura que crea una situación peligrosa.

Afortunadamente, el golpe de ariete se puede evitar si se toman las medidas oportunas para que no se acumule el condensado en la tubería. Evitar el golpe de ariete es una alternativa mejor que intentar contenerlo eligiendo buenos materiales y limitando la presión de los equipos.

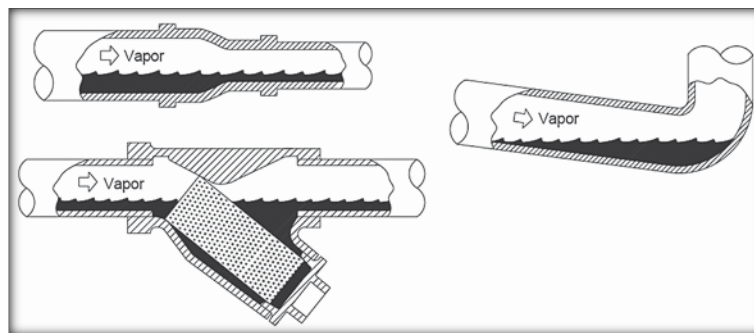
Las fuentes de problemas de golpe de ariete suelen estar en los puntos bajos de la tubería. Tales áreas son:

- Pandeos en la línea.

- Uso incorrecto de reductores concéntricos y filtros. Por este motivo, en las líneas de vapor es preferible montar filtros con la cesta horizontal.
- Purga inadecuada en líneas de vapor.

La figura siguiente muestra unos esquemas de típicas fuentes de golpe de ariete.

Figura 33. **Golpe de ariete típica**



Fuente: Junta de Castilla y León. *Manual de redes de vapor*. p. 135.

De forma resumida, para minimizar las posibilidades de golpe de ariete:

- Las líneas de vapor deben montarse con una inclinación descendente en la dirección del flujo.
- Los puntos de purga deben instalarse a intervalos regulares y en los puntos bajos.

- Deben montarse válvulas de retención después de los purgadores, ya que de otro modo se permitiría que el condensado se introdujera de nuevo en la línea de vapor o la planta durante las paradas.
- Las válvulas de aislamiento deben abrirse lentamente para permitir que el condensado que haya en el sistema pueda fluir sin brusquedad hacia los purgadores, antes de que el vapor a gran velocidad lo arrastre. Esto es especialmente importante en la puesta en marcha.

2.9.2.1. Presión de la red de vapor

La presión a la que el vapor debe distribuirse está básicamente determinada por el equipo de la planta que requiere una mayor presión. Si se tiene en cuenta, como se verá con más detalle posteriormente, que el vapor perderá una parte de su presión al pasar por la tubería; a causa de la pérdida de carga en la misma y a la condensación por la cesión de calor a la tubería, se deberá proveer este margen a la hora de decidir la presión inicial de distribución en cabeza de instalación.

Resumiendo, cuando se selecciona la presión de trabajo, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Presión requerida en el punto de utilización
- Caída de presión a lo largo de la tubería
- Pérdidas de calor en la tubería

El vapor a alta presión presenta un volumen específico menor que el vapor a baja presión. Por tanto, si el vapor se genera en la caldera a una presión muy superior a la requerida por su aplicación, y se distribuye a esta

presión superior, el tamaño de las tuberías de distribución será mucho menor para cualquier caudal.

Ventajas de la generación y distribución de vapor a una presión elevada:

- Se requieren tuberías de distribución de vapor de menor diámetro.
- Menor pérdida energética al presentar una superficie de intercambio
- Menor.
- Menor coste de las líneas de distribución.
- Menor coste de accesorios de tubería y mano de obra de montaje.
- Menor coste del aislamiento.
- Vapor más seco en el punto de utilización, debido al efecto de aumento de fracción seca que tiene lugar en cualquier aumento de presión.
- La capacidad de almacenamiento térmico de la caldera aumenta.

Como contrapartida ocurrirá que al elevar la presión del vapor, los costes serán más altos también, pues para ello se requiere más combustible, por lo que siempre es prudente comparar los costes que representan elevar la presión del vapor a la máxima presión necesaria con cada uno de los beneficios potenciales mencionados, anteriormente.

Si se distribuye a altas presiones, será necesario reducir la presión de vapor en cada zona o punto de utilización del sistema con el fin de que se ajuste a lo que la aplicación requiere.

El método más común de reducir la presión es la utilización de una estación reductora de presión.

2.9.2.2. Dimensionado de tuberías

Sobredimensionar las tuberías significa que:

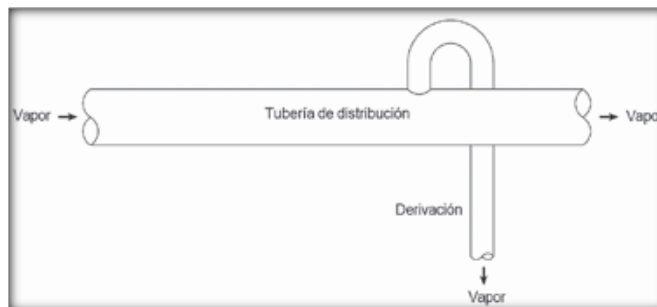
- Las tuberías serán más caras de lo necesario.
- Se formará un mayor volumen de condensado a causa de las mayores pérdidas de calor.
- La calidad de vapor y posterior entrega de calor será más pobre, debida al mayor volumen de condensado que se forma.
- Los costes de instalación serán mayores. Subdimensionar las tuberías significa que:
 - La velocidad del vapor y la caída de presión serán mayores, generando una presión inferior a la que se requiere en el punto de utilización.
 - El volumen de vapor será insuficiente en el punto de utilización.
 - Habrá un mayor riesgo de erosión, golpe de ariete y ruidos, a causa del aumento de velocidad.

2.9.2.3. Derivaciones

Las derivaciones transportarán el vapor más seco siempre que las conexiones tomen el vapor de la parte superior de la tubería principal. Si la toma es lateral, o peor aún, de la parte inferior, transportarán el condensado,

comportándose como un pozo de goteo. El resultado de esto es un vapor muy húmedo que llega a los equipos.

Figura 34. **Derivación simple**



Fuente: Junta de Castilla y León. *Manual de redes de vapor*. p. 135.

2.9.2.4. Filtros en red de vapor

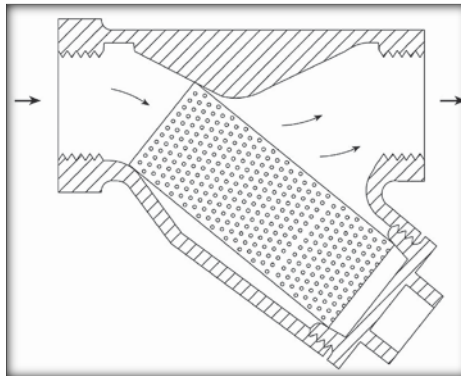
Hay que tener en cuenta que en toda tubería por la que circula un fluido, este arrastra consigo partículas de todo tipo:

- En el caso de tuberías nuevas, estas partículas pueden proceder de fragmentos de arena de la fundición, del embalaje, virutas metálicas del mecanizado, trozos de varilla de soldar, tuercas y tornillos de montaje.
- En el caso de tuberías viejas se tendrá óxido, y en zonas de aguas duras, depósitos de carbonatos.

Todas estas partículas arrastradas por el vapor a elevadas velocidades, producen en los equipos abrasión y atascos que pueden dejarlos inutilizados de forma permanente.

Por lo tanto, lo más conveniente es montar un simple filtro en la tubería delante de cada purgador, aparato de medida, válvula reductora y válvula de control. La sección de un filtro típico se muestra en la figura siguiente:

Figura 35. **Filtro**



Fuente: Junta de Castilla y León. *Manual de redes de vapor*. p. 142.

2.9.2.5. **Purgadores**

La utilización de purgadores es el método más eficaz de drenar el condensado de un sistema de distribución de vapor.

Los purgadores usados para drenar la línea deben ser adecuados para el sistema y tener la capacidad suficiente para evacuar la cantidad de condensado que llegue a ellos, bajo las presiones diferenciales presentes en cada momento.

La especificación de un purgador para una línea de distribución debe considerar ciertos aspectos.

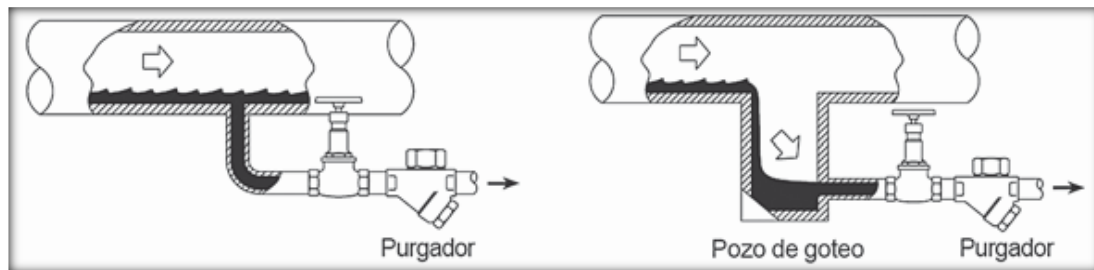
- El purgador debe descargar en una banda muy próxima a la temperatura de saturación. Esto significa que a menudo la elección está entre purgadores mecánicos, como los de boya o de cubeta invertida, y los purgadores termodinámicos.
- Cuando las tuberías discurren por el exterior de edificios y existe la posibilidad de heladas; el purgador termodinámico es el más adecuado porque, aunque se pare la línea y se produzcan heladas, el purgador termodinámico se descongela sin sufrir daños cuando se vuelve a poner en marcha la instalación.
- Los purgadores de boya son la primera elección para evacuar el condensado de los separadores porque alcanzan altas capacidades de descarga y su respuesta es casi inmediata a los aumentos rápidos de caudal.
- Los purgadores termodinámicos son también adecuados para purgar líneas de gran diámetro y longitud, especialmente cuando el servicio es continuo. Los daños causados por las heladas son, en consecuencia, menos probables.

Para resumir esta sección hay observar estas simples reglas:

- Deben instalarse las tuberías de manera que descendan en la dirección del flujo, con una pendiente no inferior a 40 mm por cada 10 m de tubería.
- Las líneas de vapor deben purgarse a intervalos regulares de 30 m - 50 m, así como en cualquier punto bajo del sistema.

- Para instalar un punto de purga en un tramo recto de tubería, deberá utilizarse un pozo de goteo de gran tamaño, que pueda recoger el condensado.

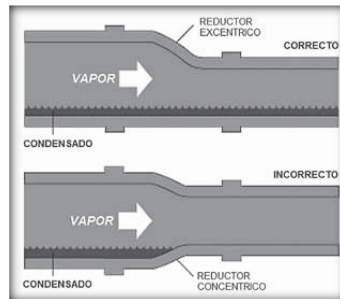
Figura 36. Tipos de purgadores



Fuente: Junta de Castilla y León. *Manual de redes de vapor*. p. 142.

- La tubería debe montarse de manera que haya el mínimo de puntos bajos donde se pueda acumular el agua. Si se montan filtros, deben montarse con la cesta en posición horizontal.
- Las conexiones de las derivaciones deben partir de la parte superior de la línea, para tomar el vapor lo más seco posible.
- Las reducciones de diámetro deben ejecutarse con acoplamientos asimétricos.

Figura 37. **Conexión de derivación**



Fuente: Junta de Castilla y León. *Manual de redes de vapor*. p. 142.

2.9.2.6. Pérdidas energéticas en las redes de vapor

Una red de distribución de vapor es un sistema energético que como tal, no es un sistema aislado sino que interactúa con el ambiente exterior que le rodea.

Esta situación plantea la posibilidad de fugas energéticas del sistema hacia el entorno. Las pérdidas energéticas de una red de vapor pueden encuadrarse en tres tipos fundamentales:

- Pérdidas internas debidas a la fricción que se traducen en pérdidas de presión a lo largo de la red de distribución. Su estudio y evaluación se han tratado en esta sección del manual.
- Pérdidas debidas al intercambio de calor con el ambiente exterior. Su estudio se aborda en el apartado de aislamiento térmico.
- Pérdidas debidas a fugas del fluido energético hacia el exterior de la red. Su origen está en un mal mantenimiento de la red y de sus componentes.

Fugas de este tipo se producen por un mal diseño de purgadores cuando descargan a la atmosfera, por mal mantenimiento de los purgadores que se puede traducir en que no cierren correctamente y dejen fugar vapor vivo por fallos en los acoplamientos de la instalación o por fisuras y poros en soldaduras y componentes.

La cuantificación de este último tipo de pérdidas es complicada aunque existen tablas que proporcionan valores aproximados de cantidad de vapor que se pierde por un orificio a partir de ciertos parámetros.

2.9.2.7. Recuperación de condensados

Entre las razones de eficiencia energética, tiene una especial relevancia la recuperación de condensados. Efectivamente, con solo plantear un sencillo cálculo se puede vislumbrar hasta qué punto es importante. Las razones para seguir esta línea son de dos tipos: por razones de eficiencia energética y de índole económica. Está claro que si se mejora la eficiencia energética, bajan los consumos de combustible y por tanto existe un ahorro económico.

En el caso específico del vapor, además del ahorro debido a una mejor eficiencia energética, por el hecho de retornar los condensados a caldera, se producen ahorros derivados de utilizar agua condensada y por tanto exenta de sales minerales, lo que nos evita los tratamientos químicos previos del agua de entrada en caldera. Esta es pues, una razón importante para proceder a la recuperación de condensados.

Al no recuperar condensados el aporte energético que habrá que suministrar en caldera será el salto entálpico entre el agua líquida en las

condiciones de entrada a caldera a T de red y el vapor en las condiciones de distribución.

2.9.2.8. Cálculo hidráulico de la red de condensados

Cuando se hace frente al diseño y cálculo de una red de recuperación de condensados, la primera idea es pensar su diseño planteándolo como una red estándar de agua caliente. Sin embargo, este planteamiento es un error muy común en el que se suele incurrir y origina resultados desastrosos en el funcionamiento de la red. Se van por ello a desarrollar las razones por las que este planteamiento es incorrecto.

La red de condensados se alimenta de condensados procedentes de la evacuación de los mismos de la red de vapor a través de purgadores.

Los purgadores son mecanismos que deben trabajar, y de hecho así lo hacen la mayoría de ellos, en las proximidades de la curva de saturación y con una presión diferencial suficiente entre el lado del vapor y el lado de descarga del condensado.

Con estas bases, si se analiza lo que ocurre cuando un purgador descarga, puede verse que lo que hace es evacuar un condensado saturado en las proximidades del punto de saturación y a una presión que es la de la red de vapor, hacia una segunda red (red de condensados) que se encuentra a una presión inferior a la de la red de vapor. Lo que se produce en ese momento es una descompresión isotérmica del condensado que origina una revaporización de parte del condensado hasta un determinado equilibrio de fases dado por el nuevo par de valores p y T . Esto puede comprobarse en los gráficos de vapor.

Al principio de este manual ya se había visto cómo era posible forzar el cambio de fase actuando únicamente sobre una de las dos variables.

2.9.2.8.1. Pérdida de carga

Lo primero que hay que definir es el tipo de cálculo. Se puede encontrar básicamente con dos planteamientos del problema:

- Calcular la pérdida de carga en un tramo de tubería de una geometría dada para unas condiciones determinadas de caudal.
- Calcular el diámetro mínimo de un tramo de tubería para unas condiciones determinadas de caudal de modo que el tramo introduzca un valor de pérdida de carga por debajo de un valor dado.

La forma de plantear el problema es diferente en ambos casos, aunque las ecuaciones a emplear sean las mismas. Como primera medida hay que establecer la gama de velocidades en las que hay que moverse. Para ello, en la siguiente tabla se exponen los valores máximos recomendables para el vapor en distintas situaciones:

Tabla XXXI. **Tabla de presión**

Presión bar	Velocidad máxima recomendable m/s	
	Saturado	Recalentado
<2	30	35
2-5	35	45
5-10	40	50
10-25	50	60
25-100	60	75

Fuente: Junta de Castilla y León. *Manual de redes de vapor*. p. 147.

2.9.2.8.2. Determinación de la presión de trabajo

La presión a la que el vapor debe distribuirse está parcialmente determinada por el equipo de la planta que requiere una mayor presión.

Debe recordarse que el vapor perderá una parte de su presión al pasar por la tubería, a causa de la resistencia de la tubería al paso del fluido, y a la condensación por la cesión de calor a la tubería. Deberá tenerse en cuenta este margen a la hora de decidir la presión inicial de distribución.

Para resumir estos puntos, cuando seleccione la presión de trabajo, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Presión requerida en el punto de utilización.
- Caída de presión a lo largo de la tubería debida a la resistencia al paso del fluido.
- Pérdidas de calor en la tubería.

El vapor a alta presión ocupa menos volumen por kilogramo que el vapor a baja presión. Por tanto, si el vapor se genera en la caldera a una presión muy superior a la requerida por su aplicación y se distribuye a esta presión superior, el tamaño de las tuberías de distribución será mucho menor para cualquier caudal.

2.9.2.8.3. Dimensionado de la tubería acorde a la velocidad del vapor

Si se dimensiona la tubería en función de la velocidad, entonces los cálculos se basan en el volumen de vapor que se transporta con relación a la sección de la tubería.

Para tuberías de distribución de vapor saturado seco, la experiencia demuestra que son razonables las velocidades entre 25 - 40 m/s, pero deben considerarse como en máximo sobre la cual aparecen el ruido y la erosión, particularmente si el vapor es húmedo. Incluso estas velocidades pueden ser altas en cuanto a sus efectos sobre la caída de presión. En líneas de suministro de longitudes considerables, es frecuentemente necesario restringir las velocidades a 15 m/s si se quieren evitar grandes caídas de presión. Alternativamente, se puede calcular en tamaño de tubería siguiendo el proceso matemático expuesto más abajo. Para hacerlo, se necesita la siguiente información:

- Velocidad del flujo (C) = 40 m/s
- Volumen específico (v) = 0,4 m³/kg (de las tablas de vapor)
- Caudal másico (m) = 2180 Kg/h / 3600s/h = 0,60556 Kg/s
- Caudal volumétrico (V) = mxv = 0,60556 kg/s x 0,40 m³/kg = 0,2423 m³/s

2.9.2.8.4. Diámetro de tubería

Sección de tubería = caudal volumétrico / velocidad

- $D = V/C$
- $D = 0,2423 / 40$
- $D = 0,0061$



2.9.2.8.5. Calculo gráfico

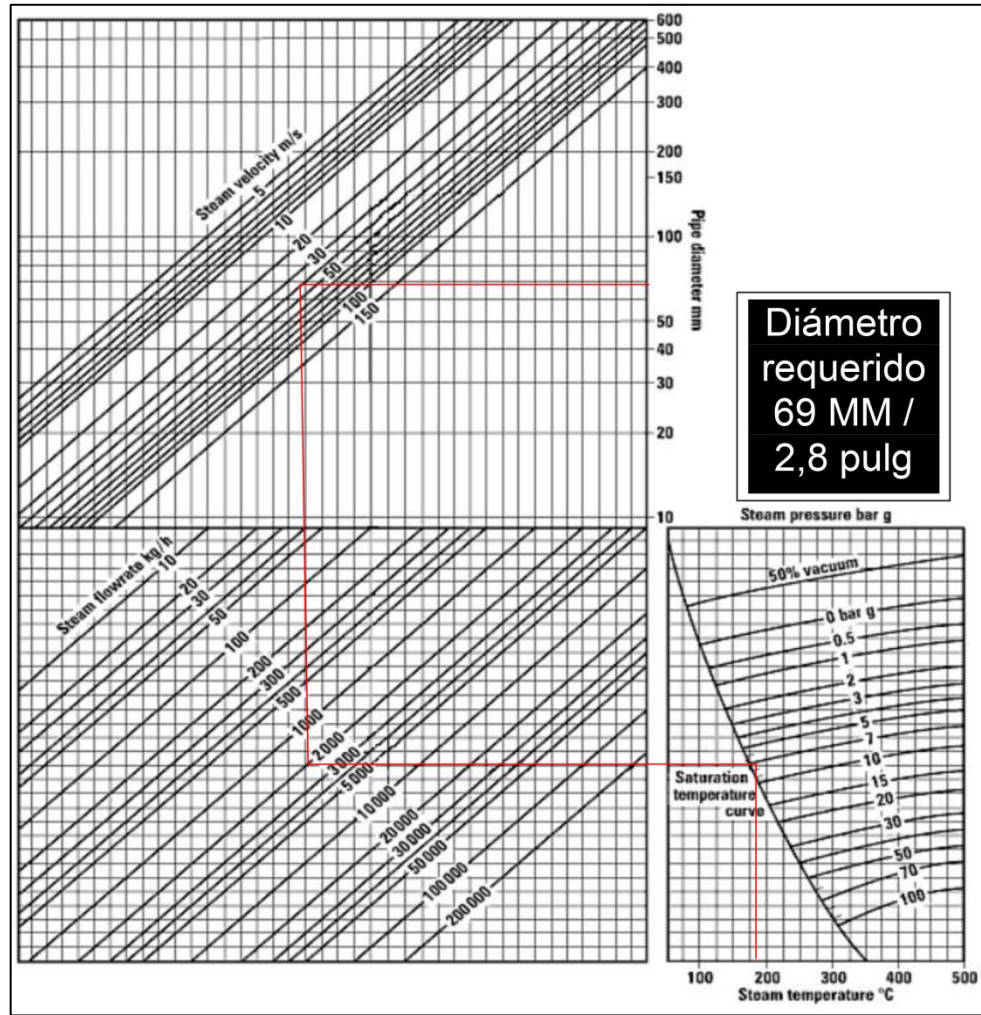
Se utilizará el ábaco de Moody que es una herramienta que se utiliza para determinar el diámetro óptimo a trabajar nuestra red de vapor. Es de recordar que es una aproximación rápida que, si bien funciona, adolece de determinadas faltas en su planteamiento pues en ningún momento tiene en cuenta la rugosidad del material constitutivo de la tubería.

Tabla XXXII. **Requerimiento del proceso**

Vapor saturado	7 bar
Velocidad máxima recomendable	40 m/2
temperatura	200 °C
Caudal	2 180 kg/hora
Longitud de tubería	52 mts

Fuente: Junta de Castilla y León. *Manual de redes de vapor*. p. 147.

Figura 38. Cálculo por medio de gráfica



Fuente: elaboración propia.

2.9.2.8.6. Ajuste del cálculo a las necesidades del consumo

Cuando se calcula una instalación de vapor no es suficiente con los resultados obtenidos hasta este momento. Por el contrario, es preciso analizar el problema con más detenimiento.

De un análisis más profundo hay que encontrar la solución de compromiso entre costes de instalación y costes de explotación/eficiencia energética, siempre que las necesidades de cada punto de consumo se vean satisfechas. Puede verse esto utilizando la tabla y la aplicación de vapor.

Figura 39. **Cálculo por software de vapor**

PROPIEDADES DE LA TUBERÍA			
rugosidad absoluta	e	0.25	fundición corriente nueva
rugosidad relativa	e/D	0.00362319	
diámetro interior	D	69 mm	
longitud tubería recta	L	52 m	
longitud equivalente de accesorios	La	10 m	Aproximacion automatica
longitud equivalente total	Le	62 m	
PROPIEDADES DEL VAPOR			
<i>Resueltas según industrial standard IAPWS-IF97</i>			
presión manométrica	P	7 barg	
temperatura	T	200 °C	
temperatura saturación	Ts	170.48 °C	
densidad	p	3.840032 kg/m³	
viscosidad dinámica	μ	0.015957 cP (mPa)	
viscosidad cinemática	ν	4.155345 cSt	
PROPIEDADES DE TRANSPORTE			
<i>Resueltas mediante ecuaciones de Darcy-Weisbach y White-Colebrook</i>			
caudal volumétrico	Q	185.45 m³/h	
caudal masico	Qm	700.00 kg/h	Corregir de condensación
caudal masico corregido	Qmc	712.13 kg/h	
velocidad	v	13.8 m/s	
número de Reynolds	R	2.29E+05	
factor de fricción	fc	0.028132	
PERDIDA DE CARGA	h	246.35 mcv	
PERDIDA DE CARGA	h	0.09 barg	

Fuente: Junta de Castilla y León. *Manual de redes de vapor*. p. 152.

Figura 40. Nueva propuesta de sistema de vapor



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.9.3. Reducción de presión de vapor

Componentes de un sistema de reducción de presión. El control de presión del actuador se realiza a través de una válvula de control especial, por ejemplo, la válvula reductora de presión, conocida como reductor de presión. Esta válvula se clasifica en el grupo de reguladores sin energía auxiliar, es decir, un actuador. Para operar un reductor de presión en una instalación de vapor es necesario una cantidad de válvulas auxiliares y de monitoreo. El término estación reductora de presión de vapor incorpora todos los componentes necesarios así como el sistema de tubería. El esquema anterior muestra el diseño y el interfaz de las partes restantes del sistema.

Dos ramales de tubería pueden ser apreciados, es decir, la línea principal, dividida en la línea de presión de entrada y la línea de presión de salida, y una línea de *bypass*.

Inicialmente, el vapor fluye a través del *stop valve* y *strainer* en la línea de presión de entrada antes que llegue al componente principal, el reductor de presión. La siguiente reducción es el reductor de presión, que fluye a través del *stop valve* posterior en la línea de presión de salida a la estación de salida con el *safety valve* conectada directamente a esta sección. La dimensión de la línea principal depende del máximo permisible del ratio de flujo. Debido a la baja densidad del vapor, el diámetro nominal de salida del reductor de presión debe ser mayor que el de entrada.

2.10. Propuesta de mejora continua en área de carpintería

Se dará un diseño para el mejoramiento de los procesos productivos para el área de carpintería del Instituto Nacional De Cancerología, Incán, ajustados a su estructura y funcionamiento, que favorezcan el mejoramiento de tiempos de producción y el nivel de entrega de acuerdo a sus necesidades. Hay que establecer estándares de tiempo para cada operación de cada trabajo, rediseño de métodos de trabajo para lograr tiempos.

También, se hace necesario diseñar procesos productivos donde se tenga la adecuada información y llevar cierto control en los requerimientos de materiales y suministros para que no sucedan atrasos en los procesos.

2.10.1. Área de trabajo

La productividad de la mano de obra en el instituto se ve afectada por la maquinaria, las herramientas, los materiales y la falta de métodos de trabajo. La

razón principal de mejorar los métodos de producción es para la eliminación de retrasos de entrega.



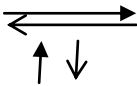
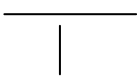
2.10.2. Registro de producción

Registro de una o más mediciones en sitio que describe la naturaleza y el comportamiento del área de trabajo del carpintería durante la producción o las reparaciones que se tengan. A continuación, se definen algunas que se tiene en cuenta para la utilización de registros:

2.10.3. Diagrama de operaciones

Muestra secuencia cronológica de operaciones e inspecciones que integran un proceso para lograr un producto elaborado o semielaborado. Muestra también detalles de manufactura, materiales y tiempos.

Tabla XXXIII. Diagrama de operaciones




Principales		
Operación	Actividad que hace avanzar el material o elemento un paso más hacia al final modificando su forma.	
Inspección	Autoanaliza el proceso para determinar estándares establecidos o las especificaciones del producto.	
Auxiliares		
Línea de flujo	Conecta los símbolos principales, nos muestra el flujo del curso general del proceso.	
Línea conectora	Muestra toda entrada de material que tenga en el proceso en cualquiera de sus partes.	

Fuente: elaboración propia.

2.10.4. Diagrama de flujo del proceso

Herramienta que analiza de forma más detallada los procesos dentro de una producción. Incluye elementos mencionados en la tabla anterior:

Tabla XXXIV. Diagrama de flujo

Transporte	Desplazamiento de personas realizado mayor a 1,5 mts.	
Demora	Toda acumulación de materiales entre dos operaciones por causa que puede ser controlada o susceptible de ser mejorada.	
Almacenamiento	Toda acumulación de materiales entre dos operaciones cuya causa es debida a un requisito del proceso.	

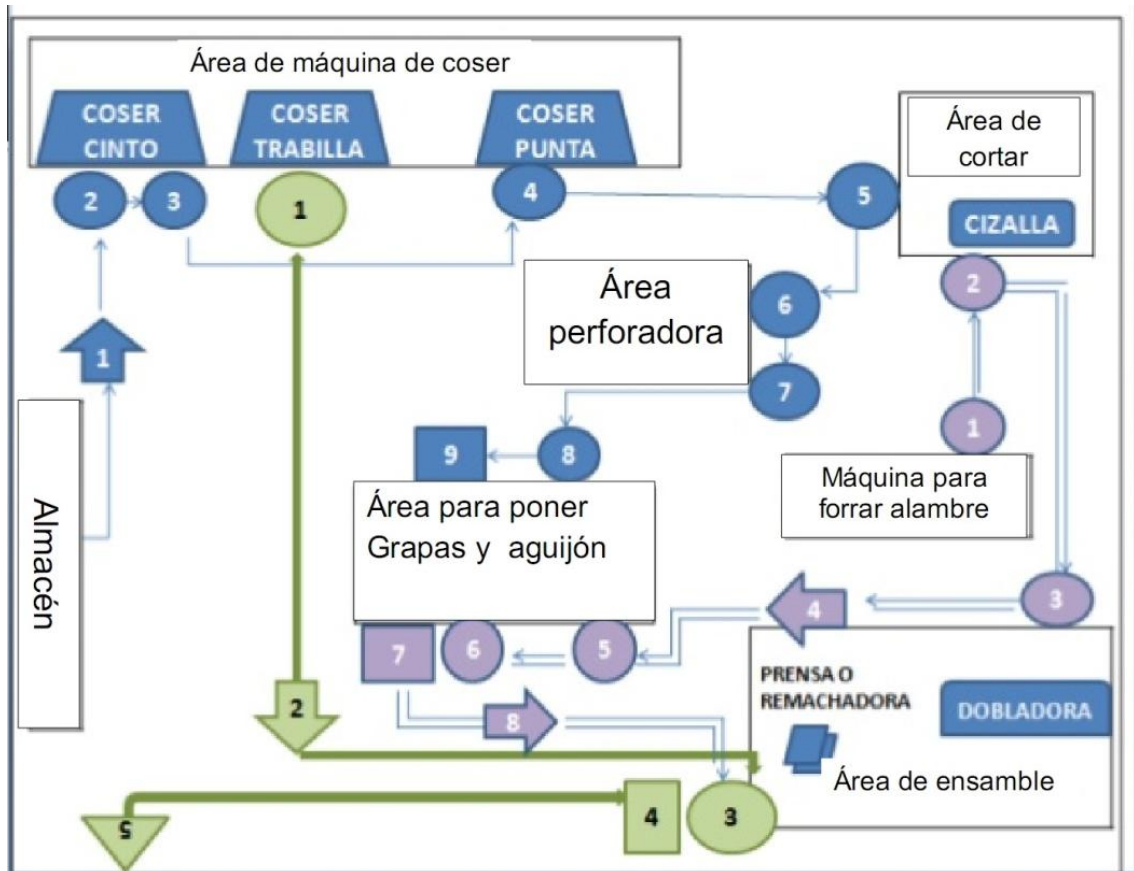
Fuente: elaboración propia.

2.10.5. Diagrama del recorrido

Muestra sobre un plano a escala la planta, el desarrollo o recorrido que sigue el proceso físico en la planta. Dispone de las máquinas, equipos y puestos de trabajo en la escala en que esta el plano. Los símbolos son los mismos que utiliza el diagrama de flujo.

Entre los objetivos del diagrama de recorrido se encuentran, lograr que el fluido del proceso sea lo más lineal posible que evita al máximo reflujos del proceso y minimizar lo máximo posible todos los cruces de las líneas de flujo.

Figura 41. Diagrama del recorrido

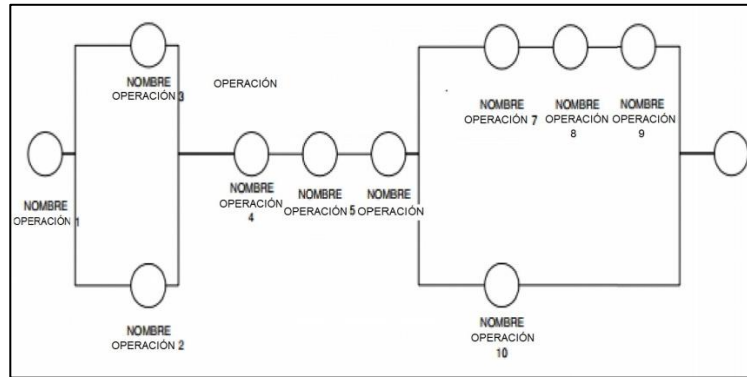


Fuente: elaboración propia.

2.10.6. Diagrama de precedencia

Muestra las restricciones reales que en los términos de la secuencia de las operaciones tienen el o los procesos que integran el objeto de estudio. El diagrama debe dibujar de izquierda a derecha de tal manera que entre más a la derecha se encuentre una operación se entenderá dicha operación. Los símbolos que utiliza son los mismos de operación y línea de flujo

Figura 42. Diagrama de precedencia



Fuente: elaboración propia.

2.10.7. Diagrama de relaciones

Servirá para hacer una distribución de los procesos dentro de la planta, se puede utilizar esta herramienta, que después de definir la importancia en las cercanías entre dos áreas o procesos; permite buscar una distribución más adecuada de los mismos para cumplir con esas relaciones.

Cuadro de relaciones para la planeación sistemática de la distribución (PSD).

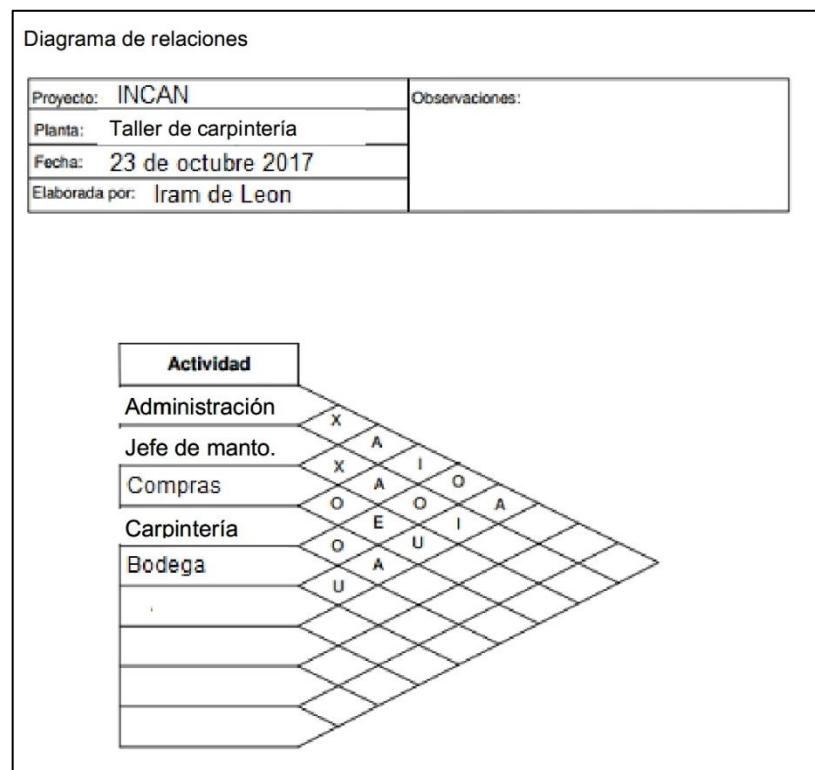
Tabla XXXV. Diagrama de relación

Relación	Simbología
Absolutamente necesaria	A
Especialmente importante	E
Importante	I
Ordinario	O
No importante	U
No deseable	X

Fuente: elaboración propia.

Teniendo estas categorías, se definen las áreas o procesos que van a estar dentro de la planta, y se colocan en una matriz que cruza unas áreas con otras. Dentro de las celdas de cruce se coloca la calificación de la relación y se hace un análisis posterior que permita lograr una distribución adecuada.

Figura 43. **Matriz de relación**



Fuente: elaboración propia.

2.11. Mejoras en proceso de servicio técnico (área de electricidad)

Las instalaciones eléctricas del instituto requieren de un mantenimiento periódico, debido a que están en constante funcionamiento los trescientos sesenta y cinco días del año. Por lo cual, el mantenimiento es el conjunto de

acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer un bien, a un estado tal que le permita garantizar la máxima confiabilidad. Existen algunos aspectos a tener en cuenta, en el mantenimiento y conservación de las instalaciones de uso final:

- Se debe mantener y conservar en buen estado, de tal forma que no presente alto riesgo o peligro inminente para la salud o la vida de las personas, el medio ambiente o la misma instalación y su entorno.
- En el evento que una instalación eléctrica para el uso final de la electricidad, presente alto riesgo para la salud o la vida de las personas, es necesario comunicar al electricista del instituto.
- Los trabajos de mantenimiento y conservación deben ser realizados por profesionales competentes, quienes deben informar las deficiencias de la instalación, ayudar a su corrección

2.11.1. Factores de riesgo eléctrico

Un riesgo es una condición humana o ambiental cuya presencia o modificación pueden producir un accidente o enfermedad ocupacional.

Normalmente, todas las instalaciones eléctricas del instituto están asociadas como un riesgo para la vida humana y ante la imposibilidad de controlar todos los factores que puedan presentar anomalías en un momento determinado es muy importante conocerlos y prevenirlos cuando dependen de la falta de conciencia y/o conocimiento por parte del ser humano.

A la vez pueden haber factores que pueden causar un riesgo y provienen de la naturaleza, que quizás no se pueden corregir totalmente, pero si se puede tratar de disminuir sus consecuencias.

Al evaluar los factores de riesgo se debe determinar su grado de peligrosidad y medidas a tomar para corregirlo o prevenirlo. Para ello se darán algunas medidas de protección:

Tabla XXXVI. **Tabla de riesgos**

	Posibles causas	Medidas de protección
Contacto directo	<ul style="list-style-type: none"> ● Fallas de aislamiento ● Mal mantenimiento ● Falta de conductor de puesto a tierra 	<ul style="list-style-type: none"> ● Separación de circuitos ● Uso de baja tensión ● Distancias de seguridad ● Sistema de puesta a tierra ● Interruptores diferenciales ● Mantenimientos
Corto circuito	<ul style="list-style-type: none"> ● Fallas de aislamiento ● Imperancia de los técnicos ● Accidentes externos ● Vientos fuertes ● humedades 	<ul style="list-style-type: none"> ● Interruptores automáticos ● Con dispositivo de disparo o fusibles
Electricidad estática	<ul style="list-style-type: none"> ● Unión y separación constante de materiales aislantes y conductores. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistema de puesta a tierra. ● Eliminadores eléctricos ● Piso conductivo
Equipos defectuosos	<ul style="list-style-type: none"> ● Mal mantenimientos ● Mala instalación ● Tiempo de vida ● Transporte inadecuado 	<ul style="list-style-type: none"> ● Mantenimientos ● Instalación adecuada ● Características de entorno electromagnético
Rayos	<ul style="list-style-type: none"> ● Fallas en el diseño ● Sistema de control ● Fallas de operación 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pararrayos ● Bajantes ● Puestas a tierra ● Topología de cableados. ● Suspensión de actividades
Sobrecarga	<ul style="list-style-type: none"> ● Superación de límites ● Instalación inadecuada ● Conexiones flojas o armónica 	<ul style="list-style-type: none"> ● Interruptor automático con relé de sobrecarga ● Cortacircuitos ● fusibles

Fuente: elaboración propia.

2.11.2. Sistema eléctrico

Se disponen de alimentaciones para instalaciones que requieren electricidad exclusiva, por sus características de funcionamiento o por razones de seguridad dentro del instituto como equipos de rayos X, equipos de monitoreo de signos vitales, lámparas quirúrgicas, esterilizador eléctrico, equipos de prueba, equipo de anestología, bombas de incendio, etc.; todos en la misma tarifa que correspondería de estar unificado el suministro, manteniendo lo dispuesto en cuanto a centralizar la medida de electricidad.

Área de electricidad brinda el servicios de eléctricos de baja tensión al instituto a través de los siguientes tipos de suministros: desde el punto de vista del sistema de distribución: trifásico con neutro aislado monofásicos 230 V trifásicos 230 V, sistema TT, trifásico con neutro a tierra y distribuido: monofásicos 230 V, trifásicos 400 V, desde el punto de vista del tipo de red que los alimenta: alimentación desde red aérea alimentación desde red subterránea, Desde el punto de vista del grado de agrupamiento del puesto de medida: individuales centralizados desde el punto de vista de los instrumentos con que se realiza la medida: medida directa, medida indirecta.

Tabla XXXVII. Hoja de vida de equipos eléctricos

		Hoja de vida de equipo				Departamento de mantenimiento	
Nombre del equipo:							
Fecha	de		Código:		Sección:		
Modelo:			Factura:		Garantía:		
Dimensiones			Serie:		Peso:		
Datos del fabricante							
Nombre:				Representant			
Dirección:				Teléfono:			
e-mail:				Fax:			
Características técnicas							
Voltaje		Resistencia:		agua:			
Consumo:		Tipo de control:		Aire:			
Potencia:		Tipo operación:		Vapor:			
intercesiones realizadas al equipo							
Núm.	Fecha	Descripción de la actividad	Repuestos	Materiales	Tiempo	Responsable	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
Elaborado por:			Revisado por:		Aprobado por:		
Nombre: _____ fecha: _____							

Fuente: elaboración propia, empleando Word.

Tabla XXXVIII. Hoja de asistencia técnica

		ASISTENCIA TECNICA			DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	
		Nombre del equipo:				
Fecha de adquisición:		Código:	Sección:			
Modelo:		Factura:	Garantía:			
Dimensiones		Serie:	Peso:			
DATOS DEL FABRICANTE						
Nombre:		Representante:				
Dirección:		Teléfono:				
e-mail:		Fax:				
CARACTERISTICAS TECNICAS						
Voltaje		Resistencia:		agua:		
Consumo:		Tipo de control:		Aire:		
Potencia:		Tipo de Operación:		Vapor:		
INTERVENSIONES REALIZADAS AL EQUIPO						
No.	FECHA	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	REPUESTOS	MATERIALES	TIEMPO	RESPONSABLE
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
ELABORADO POR:			REVISADO POR:		APROVADO POR:	
Nombre: _____			_____		_____	
Fecha: _____			_____		_____	

Fuente: elaboración propia, empleando Word.

2.12. Optimización de bodega(área de bodega)

Para llevar a cabo una buena optimización a la mejora de bodega del departamento de mantenimiento (uso exclusivo) se utilizará el espacio físico, con las que cuenta el instituto y se tomará la de medida de flujo adecuado para facilitar el almacenaje.

Dentro de los puntos de control y medidas de desempeño que se deben realizar para el adecuado funcionamiento del almacenaje del departamento de mantenimiento se pueden mencionar:

- Medición exacta del inventario al 100 %
- Establecer parámetros de almacenaje
- Envío de información a tiempo al departamento de compras
- Determinar la cantidad de producto o material dañado de la bodega
- Optimización de espacios en bodega

2.12.1. Método ABC

El manejo de los artículos que se encuentran en el inventario es de vital importancia, ya que estos son los que determinan en gran parte la asignación de costos en el proceso productivo y determinan en un alto grado el nivel de eficiencia y eficacia de la gestión de inventarios. En la optimización del inventario en la cadena de suministro, un análisis ABC es un método de categorización de inventario que consiste en la división de los artículos en tres categorías: A, B y C: los artículos pertenecientes a la categoría A son los más valiosos, mientras que los que pertenecen a la categoría C son los menos valiosos. El método ABC establece que, al revisar el inventario, se debería clasificar los artículos de la A a la C; basa su clasificación en las siguientes reglas:

Los artículos A son bienes cuyo valor de consumo anual es el más elevado. El principal 70 % 80 % del valor de consumo anual de la empresa generalmente representa solo entre el 10 % y el 20 % de los artículos de inventario totales.

Los artículos B son artículos de una clase intermedia, con un valor de consumo medio. Ese 15 % 25 % de valor de consumo anual generalmente representa el 30 % de los artículos de inventario totales.

Los artículos C son, al contrario, artículos con el menor valor de consumo. El 5 % más bajo del valor de consumo anual generalmente representa el 50 % de los artículos de inventario totales.

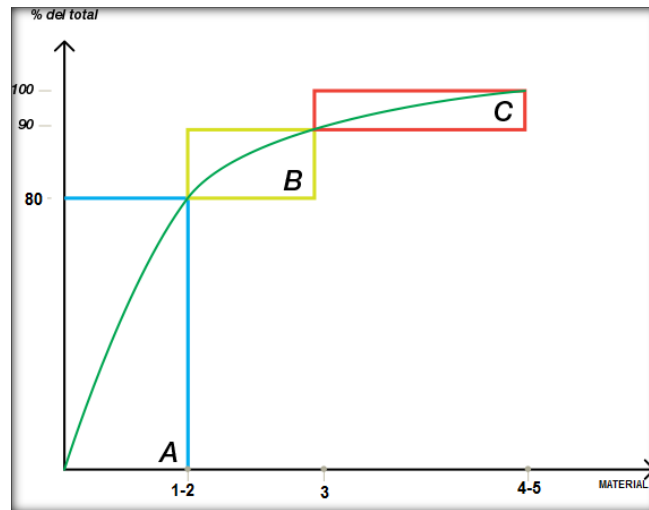
En este caso sería:

Tabla XXXIX. **Tabla de artículos**

		porcentaje	Ponderado	Clasificación ABC
1	Pintura	30 %	30 %	A
2	PVC	30 %	60 %	A
3	Electricidad	20 %	80 %	B
4	Accesorios de plomería	10 %	90 %	C
5	Materiales de construcción	10 %	100 %	C

Fuente: elaboración propia, empleando Word.

Figura 44. Gráfica ABC



Fuente: elaboración propia.

En el análisis ABC aprovechan el desequilibrio de las ventas delineado por el principio de Pareto.

Esto implica que cada artículo debería recibir un tratamiento ponderado que corresponda a su clase:

- Los artículos A deberían ser sometidos a un estricto control de inventario, contar con áreas de almacenamiento mejor aseguradas y mejores pronósticos de ventas. Las reórdenes deberían ser frecuentes (reórdenes semanales o incluso diarias). En los artículos A, evitar las situaciones de faltas de existencias es una prioridad.
- Los artículos B gozan del beneficio de una condición intermedia entre A y B. Un aspecto importante de esta clase es la monitorización de una potencial evolución hacia la clase A o, por el contrario, hacia la clase C.

- La reorden de los artículos C se realiza con menos frecuencia. Una política típica para el inventario de los artículos C consiste en tener solo una unidad disponible, y realizar una reorden solo cuando se ha verificado la venta real. Este método lleva a una situación de falta de existencias después de cada compra, lo que puede ser una situación aceptable, ya que los artículos C presentan tanto una baja demanda con un mayor riesgo de costes de inventario excesivos.

2.12.1.1. Sistema de control de ingreso

El sistema de control se conformará por todos aquellos registros o documentos y actividades que controlen el ingreso de productos o repuestos a bodega, para un mejor control de inventario de los productos que ingresan al almacén. Se procura mantener prácticas que garanticen el control de ingresos, en inventarios cíclicos y despacho de la mercadería, y mantener un estándar en la exactitud del inventario. Aplicará a todo conteo que se realice de la mercadería en cada una de las presentaciones, según sea el requerimiento.

Para tener un estricto control se establecieron dos herramientas importantes:

- Requerimiento diario
- Control de entrada y salida

La entrada de bodega es el documento de control de materiales que extiende el jefe de bodega o el responsable de mantenimiento con el fin de llevar el control de Inventarios ya sea físico o electrónico. Este documento se pasará a algún archivo con el jefe de mantenimiento, para el control de las existencias de bodega por parte del mismo con el fin de mantener en inventario los materiales y repuestos necesarios para operaciones.

Tabla XL. **Requerimiento de entrada**


	Entrada a bodega	Departamento de mantenimiento	
Solicitado por: _____		Fecha: _____	
Núm.	Descripción de material	Unidad	Cantidad
Recibí: _____ Jefe de mantenimiento: _____ <div style="text-align: center;">Vo.Bo.</div> Proyecto: _____			

Fuente: elaboración propia.

2.12.1.2. **Salida de bodega**

La salida de bodega es el documento de control de materiales que extiende el jefe de bodega con el fin de llevar el control de Inventarios. Este documento se pasará a al jefe de mantenimiento para el control de las existencias de bodega con el fin de mantener en inventario los materiales y los repuestos necesarios para tal operación.

Tabla XLI. **Requerimiento de salida**

		Salida de bodega		Departamento de mantenimiento																	
Solicitado por:			Fecha:																		
Descripción del proyecto																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Núm.</th> <th style="width: 50%;">Descripción de material</th> <th style="width: 15%;">Unidad</th> <th style="width: 25%;">Cantidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>						Núm.	Descripción de material	Unidad	Cantidad												
Núm.	Descripción de material	Unidad	Cantidad																		
Recibí: _____																					
Jefe de mantenimiento: _____ Vo.Bo.																					

Fuente: elaboración propia.

2.13. Plan de recuperación de inversión

Se pretende demostrar una recuperación o retorno del gasto, en la inversión de diversas reparaciones de maquinarias y sistemas de las distintas áreas del departamento de mantenimiento. Se pretende implementar dos métodos de recuperación dentro del Instituto nacional de Cancerología, Incán.

El primer método consta de un ahorro en el consumo de agua potable por parte de la Empresa Municipal de Guatemala, Empagua, y la segunda por la parte operativa del consumo de combustible en el área de calderas.

2.13.1. Objetivos

- Recuperación total de gasto de inversión de diversas reparaciones al área de calderas.
- Descripciones optima de los métodos de recuperación.
- Mostrar el consumo real y el consumo utilizando los métodos propuestos.

2.13.2. Estrategias

- Llegar a un aproximado de inversión y el tiempo total de la misma.
- Buscar y analizar los mejores presupuestos para la adquisición de maquinaria y de los sistemas nuevos.
- Evaluación y eficiencia por los distintos métodos de control de mantenimiento.

2.13.3. Tablas generales de reparaciones por áreas

Estas tablas son hechas con el fin de mostrar lo que se necesita actualmente y precios de unidades según presupuestos hechos por empresas de servicios, con la intención de su análisis y su determinación de la mejor opción.

Tabla XLII. Presupuesto de reparación de caldera Cleaver Brooks

	Descripción	Unidad	Total
1	Caldera Bunker Cleaver Brooks, revisión punto por punto 360° (SIDASA).		Q 0,00
2	Repuestos y equipo de caldera Bunker		Q 350 000,00
3	Revisión de suavizador de agua (está descalibrada).		Q 500,00
4	Pintura de calderas (protecto, pintura resistente a altas temperaturas, lo hacen por pedido, se llevan 3 galones, incluye 2 calderas y tanque condensador).	Q 520.00	Q 1 560,00
	Mano de obra de pintura de calderas.		Q 2 500,00
5	Cambio de instrumentos (6 manómetros, 2 termómetros).	Q 475.00	Q 3 800,00
6	Tanque auxiliar de combustible bunker.	Q 4,200.00	Q 4 200,00
7	Instalación de Chimenea (ya está en proceso).	-----	-----
8	Pintura para rotulación de tubería (3 galones).	Q 300.00	Q 900,00
9	Mano de obra de rotulación (lo pueden hacer los operadores).	-----	-----
10	Limpieza de panel eléctrico y panel de control.	Q 1,000.00	Q 1 000,00
11	Limpieza de área de derrames (programar días de limpieza 30 días).	-----	-----
12	Mantenimiento mecánico (urge encontrar una buena empresa).	-----	-----
13	Equipo contra incendio (rotulación, accesorios, inspección de extintores, botes de arena, etc.).	-----	-----
Total			Q 364 460,00
tipo de cambio			\$ 49 994,51
(1\$= Q7.29)			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. Presupuesto de cotización de nueva red de tubería de vapor

Cotización empresa	Unidad	Total
SIDASA (incluye instalación e insulación de aluminio 78 mts lineales y accesorios sin <i>manifold</i> , instalación aérea)		Q 120 000,00
PRAISA (incluye instalación e insulación de aluminio 205 mts. lineales y accesorios con <i>manifold</i> instalación aérea).		Q 275 000,00
MEJOR		Q 120 000,00
PROPUESTA		\$ 16 460,90
Tipo de cambio		
(1\$= Q7.29)		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Cotización de bombas de agua, para la red de agua potable**

	Descripción	Unidad	Total
1	Bomba de 3 HP del sistema No.2 (en proceso).	----	-----
2	Hidroneumáticos (4 en mal estado y falta 1, en proceso).	-----	-----
3	Control y rotulación de Timer cuando lleguen a instalación (calibración de switch de presión, Aquasistemas).	----	-----
4	Válvula de cierre de cisterna (no se puede ver).	-----	-----
5	Limpieza de cisterna (cada 6 meses se sugiere).	Q 2 500,00	Q 2 500,00
6	Impermeabilizante para cisterna 65 m 5 años (3 cubetas).	Q 800,00	Q 2 400,00
7	Mano de obra de pintura (30 x m ²).	Q 2 000,00	Q 2 000,00
8	Nuevo tanque para agua caliente subterráneo de 9 m ² (mano de obra y material).		Q 12 000,00
		TOTAL	Q 18 900,00
		Tipo de cambio	\$ 2 592,59
		(1\$= Q7.29)	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Cotización de reparaciones varias, cocina**

	Descripción	Unidad	Total
1	Empaques y sellos de sancochadora	-----	-----
2	Instrumentación (3 manómetros y 1 termómetro)	Q 475,00	Q 1 900,00
3	Filtros y limpieza para campana	-----	-----
4	Mesa caliente	-----	-----
			Q1 900,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Reparaciones varias del primero y segundo nivel, edificio**

	Descripción	Unidad	Total
1	Bomba con hidroneumático de ½ HP y tanque de 18 psi(uno para cada nivel).	Q 2 300,00	Q 4 600,00
2	Instalación por cada una.	Q 520,00	Q 1 040,00
			Q 5 640,00

Fuente: elaboración propia, empleando Word.

Tabla XLVII. **Tabla de presupuestos**

	Descripción	Unidad	Total
1	Bomba con hidroneumático de ½ HP y tanque de 18 psi(uno para cada nivel).	Q 2 300,00	Q 4 600,00
2	Instalación por cada una.	Q 520,00	Q 1 040,00
			Q 5 640,00

Fuente: elaboración propia, empleando Word.

2.13.4. Tablas de consumo actual y consumo medio

El periodo de recuperación de la inversión se tomará por medio de métodos de largo plazo que posee la institución por medio de evaluaciones periódicas sobre el consumo de agua y vapor de manera de ahorro. Dicho periodo de recuperación de la inversión se considerará como un indicador que ayudará a recuperar la inversión.

Si se cierra la llave de Empagua ½ consumo se obtendrá:

Tabla XLVIII. **Tabla de consumos de agua potable**

	Mes	Consumo m ³ Empagua	Consumo m ³ pozo	Consumo total m ³	Total	Total consumo medio
1	Enero	295	905	1 200	Q 8 426,55	Q 4 213,27
2	Febrero	272	880	1 152	Q 7 771,68	Q 3 885,84
3	marzo	247	820	1 067	Q 7 059,87	Q 3 529,93
4	abril	360	1 060	1 420	Q 10 277,25	Q 5 138,62
5	mayo	323	956	1 279	Q 9 223,77	Q 4 611,88
6	junio	333	967	1 300	Q 9 508,50	Q 4 754,25
					Q 52 267,62	Q 26 133,79

Fuente: elaboración propia.

En un año se obtendrá un ahorro total de Q 50 000,00 aproximadamente, siempre y cuando se sepa el estudio dinámico del pozo, o en su caso se elabore uno.

Se utiliza vapor solo en horarios de uso para ahorro de combustible por 6 horas diarias; utiliza mensualmente solamente 3 semanas la caldera de combustible bunker y 1 la caldera de combustible diésel, se obtendrá el siguiente ahorro:

Tabla XLIX. **Tabla de consumo de combustible de caldera**

	Precio	Consumo diario (8 horas)	Consumo diario (6 horas)	Consumo semanal (6 días x 8 horas)	Consumo semanal (6 días x 6 horas)	Total costo mensual 8 horas	Total costo mensual 6 horas	Resta de consumos total ahorro
Bunker	12,56	41,9 gal	27,6 gal	251,4 gal	165,6 gal	Q 9 472,74	Q 6 239,80	Q 3 232,94
Diesel	19,43	39,8 gal	29,85 gal.	238,8 gal	179,1 gal	Q 4 639,88	Q 3 479,91	Q 1 159,97
							Ahorro mensual	Q 4 392,91
							Ahorro anual (x12)	Q 52 714,92

Fuente: elaboración propia.

La tabla refleja que se obtuvo un ahorro aproximado de Q 50 000,00, haciendo la salvedad que solo con controles y colaboración de personal operativo y administrativo se puede lograr el ahorro.

2.13.5. Tabla del periodo de recuperación

En la siguiente tabla se tomará en cuenta solamente el valor de dinero en el tiempo y cuánto tiempo tomará recuperar la inversión; se muestra de la siguiente forma:

Tabla L. **Tabla de recuperación de la inversión y aproximado de años**

			Años aprox.
1	calderas	Q 364 460,00	4,55
2	tubería de vapor	Q 120 000,00	1,5
3	bombas de agua	Q 18 900,00	0,23
4	cocina	Q 1 900,00	0,023
5	lavandería	-----	
6	primero y segundo nivel edificio	Q 5 640,00	0,07
		Q 510 900,00	6,38 años

Fuente: elaboración propia.

2.13.6. Cálculo de eficiencia y estimación de tiempo que durará la inversión de equipos y sistemas

Cada inversión calculará su eficiencia, en el número de años que se cree que va a durar o su vida útil, para beneficio propio. Sin embargo, dado que la inversión supone un gasto, se establece un tiempo y que tanto se mejora con estos nuevos equipos o sistemas.

Por ello, para su eficiencia de estos nuevos equipos y sistemas, solamente se sugiere llevar a cabo inspecciones periódicas y las indicaciones técnicas complementarias que el proveedor de servicio sugiere, teniendo en cuenta, el nivel o la capacidad que se posea para las observaciones, que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla LI. **Tabla de inspecciones de nuevos equipos y sistemas**

Operación de maquinaria o sistema	Deberá asignar a una persona capacitada para realizar la operación de comprobación y cálculo, cumpliendo en todo momento lo indicado en operaciones de máquinas y sistema.
Mantenimiento	Se deberán realizar mantenimientos adecuados a todos los equipos y sistemas instalados, prestando una dedicación especial a los indicadores limitantes para mantener su fiabilidad a la comprobación de su funcionamiento durante la verificación, así como especial atención en los suministros.
Vigilancia	En caso que se produzca fallo alguno de los elementos mencionados, deberá adecuar de mantenimientos correctivos y restablecer condiciones iniciales para que se compruebe el correcto funcionamiento de sus elementos.
Documentación	Punto muy importante, se deberá disponer de un documento donde se identifiquen características de instalación y actualizaciones, controles o inspecciones realizadas.

Fuente: elaboración propia.

Basados en el cuadro anterior, los cálculos de funcionamiento de la maquinaria y de los sistemas se tendrán que realizar de acuerdo a cada manual de funcionamiento; algunas eficiencias están descritas en el principio de operación y las otras tendrán que ser consultadas por el manual; su duración dependerá de los controles.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN DE AHORRO DE AGUA

Teniendo en cuenta que no se cuenta con un programa de ahorro y uso eficiente de agua en el Instituto Nacional de Cancerología, se hizo preciso diseñar un plan para la implementación y continuidad de los mejores cuidados de servicio de agua potable. Con el plan se establecen mejoras para identificar y caracterizar aquellos eventos, que por su naturaleza, producen efectos de pérdidas y necesita evaluaciones específicas para establecer las medidas de control.

3.1. Diagnóstico

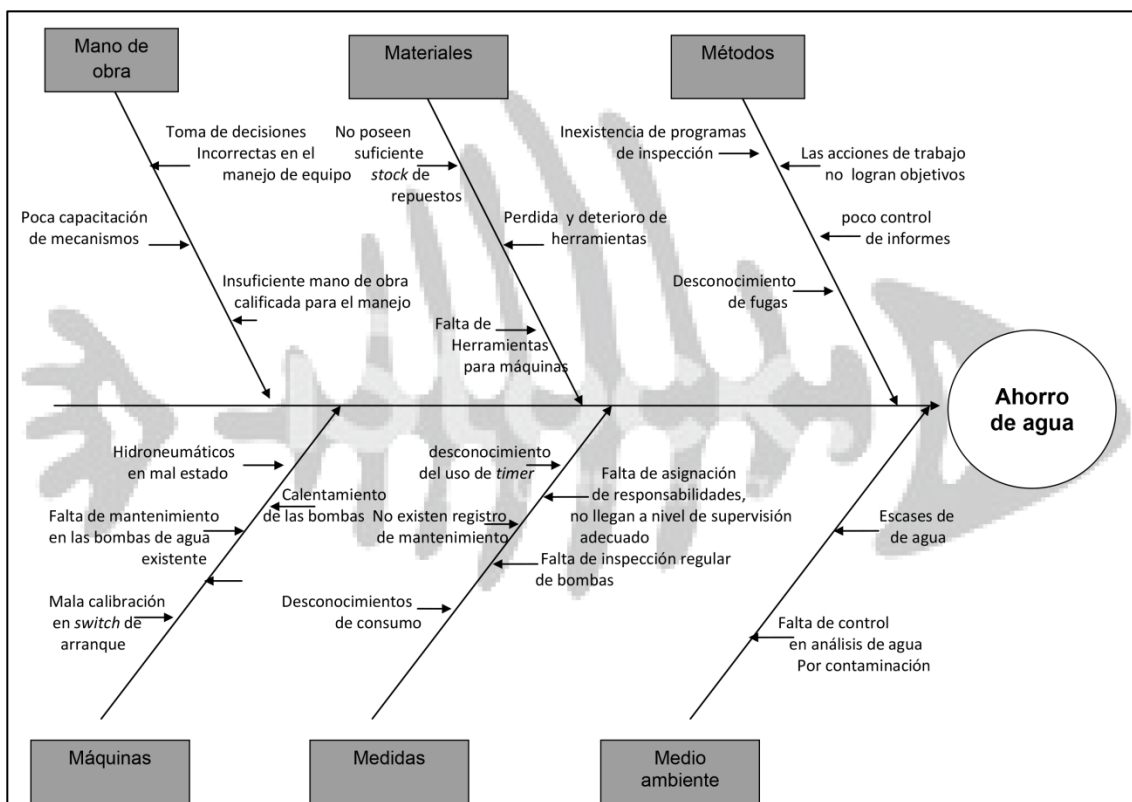
Cabe mencionar que el agua es un recurso limitado y escaso, imprescindible para la vida. En materia ambiental va evolucionando continuamente en materias tales como energía, contaminación, agua, residuos, etc. No hay ordenanza municipal de gestión y uso eficiente del agua. Pero se puede disponer de un plan de gestión y uso sostenible del agua.

Para la recolección de datos, se utilizó la entrevista, por tener muchas ventajas y es aplicable a toda persona; también, se prestó para usarla en la investigación sobre aspectos de maquinaria de agua y el medio que lo transforma y así profundizar en el tema.

Aunque en la investigación, su contenido, orden, profundidad y formulación se hizo muy largo su entendimiento, por ser demasiadas las preguntas que se tenía por la antigüedad y los problemas de la tubería; los resultados son muy variables y en un tiempo corto surgirán más preguntas,

entonces, habría que adaptarlas siempre, en diversas situaciones y características particulares de los sujetos de futuros estudios. De lo anterior descrito se obtuvo un diagrama de Ishikawa para la toma de decisiones que se grafica de la siguiente manera:

Figura 45. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

3.2. Consumo actual

El Instituto Nacional de Cancerología tiene un consumo de agua anual de 15 000 m³, aproximadamente. Una vez detectada la necesidad de elaborar el plan de ahorro de agua se planteó como objetivos de los dos sistema de agua que hay por edificios. El primer sistema que lo conforman encamamiento (tres

niveles), cirugía, central de equipos sótano, cocina, laboratorios, enfermerías, administración. En el segundo edificio, nuevo, donde hay tomas de diagnósticos, liga nacional, recepción y farmacias.

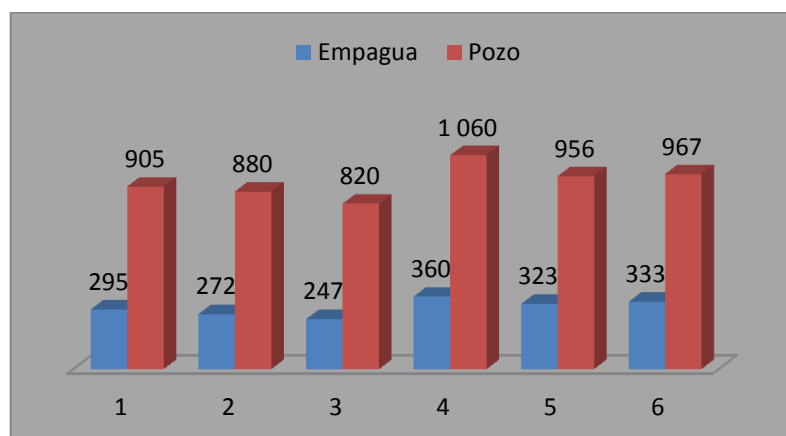
En la actualidad, el instituto consta de una superficie de 5 600 m² aproximadamente y una superficie construida de 80 852,44 m², destinados a las actividades de diagnóstico, tratamiento, prevención e investigación de enfermedades cancerológicas.

Tabla LII. **Tabla de consumo mensual del año 2017**

	Mes	Consumo m ³ Empagua	Consumo m ³ pozo	Consumo total m ³
1	Enero	295	905	1 200
2	Febrero	272	880	1 152
3	marzo	247	820	1 067
4	abril	360	1 060	1 420
5	mayo	323	956	1 279
6	junio	333	967	1 300

Fuente: elaboración propia.

Figura 46. **Gráficos de consumo mensual**



Fuente: elaboración propia.

Tabla LIII. **Tabla de consumo por accesorios, sistema No. 1**

Sistema núm. 1		
Capacidad de bomba: 7HP	Rango de presión: 40-60 psi	
	cantidad	Consumo por descarga
Lavamanos	96	1,5 litros
Baños (tanque)	49	6 litros
Baños (fluxómetros)	25	3,5 litros
Duchas	9	20-25 litros
Mingitorios	3	2 litros
Pilas (chorros)	56	6 litros/min
238 accesorios		44 litros / descarga

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. **Tabla de consumo por accesorios, sistema No. 2**

Sistema núm. 2		
Capacidad de bomba: 3 HP (2 alternos)	Rango de presión: 40-60 psi	
	Cantidad	Consumo por descarga
Lavamanos	12	1,5 litros
Baños (tanque)	15	6 litros
Duchas	6	20-25 litros
Mingitorios	3	2 litros
Pilas (chorros)	20	6 litros/min
56 Accesorios		44 litros / descarga

Fuente: elaboración propia.

3.3. Propuesta de rotulación de tuberías del área de calderas

Esta propuesta tiene como objetivo facilitar la identificación de fluidos transportados por tuberías dentro de las instalaciones del instituto, mediante el uso de códigos de colores o etiquetas que informen del tipo de sustancia o fluido, su estado y sus especificaciones más importantes, según el caso, referentes a los aspectos de seguridad y salud en el trabajo; incluye, también, la

señalización de peligro en general de choques y golpes con recipientes o tuberías. La señalización es usada como una medida de seguridad preventiva complementaria de otras a las que no puede sustituir. Ella por sí sola no debería existir como tal medida preventiva; es uno de los últimos eslabones de una cadena de actuaciones preventivas que empiezan con la identificación y evaluación de riesgos, anulación o minimización; sigue con el control de los riesgos residuales por medio de la aplicación de medidas técnicas de protección colectiva.

Aplicación: una vez realizado lo expuesto en el apartado anterior, al iniciarse la señalización se consideran, en primer lugar, los recipientes y las tuberías visibles que contengan o puedan contener productos a los que sea de aplicación la normativa sobre comercialización de sustancias o preparados peligrosos. Recordar que las tuberías que pararán a la vista dentro de la institución.

A continuación, se dará primero los tipos de señales para aparatos y accesorios del sistema de agua:

Figura 47. **Gráfico de señalización de tubería**

Color	Significado
 Rojo	Retorno de Condensado
 Azul	Agua
 Gris	Bunker y diésel
 Aluminio	Vapor de agua
 Marrón	Aceites vegetales y animales
 Amarillo ocre	Gas
 Violeta	Ácidos y álcalis
 Azul claro	Aire
 Blanco	
 Negro	Aguas negras

Fuente: Spirax Sarco. *Manual de tuberías industriales*. www.spiraxsarco.com. Consulta: 25 de octubre de 2017.

3.3.1. Seguridad contra incendios

La función de la señalización contra incendios es básicamente informar e indicar de la manera más clara posible donde se ubican los equipos contra incendios; dónde están las vías de evacuación y el camino a seguir.




Las señales de seguridad utilizadas para la señalización de los medios de extinción serán de color rojo y blanco y su forma será cuadrada o rectangular.

El fuego se propaga rápidamente, por tanto, es importante que estas señales contra incendios estén ubicadas en lugares estratégicos de rápida y fácil visión.

La importancia de la señalización contra incendios es fundamental ya que ofrecen seguridad e información en caso de peligro. Las señales contra

incendios dan pautas de autoprotección, salvan vidas y ayudan a reducir graves daños que puede ocasionar el fuego.

Tabla LV. **Señales contra incendios**

1	Extintor	Solución acuosa en la forma de chorro pulverizado, gracias a la presión proporcionada por la liberación de un gas auxiliar o por una presurización previa.	 EXTINTOR
2	Hidrante	Toma de agua diseñada para proporcionar un caudal considerable en caso de incendio. El agua puede obtenerla de la red urbana de abastecimiento o de un depósito, mediante una bomba.	
3	Manguera	Utilizada para el transporte de agua para la extinción de incendios.	
4	Arena	Actúa por sofocación del fuego. Es indispensable donde se presenten manchas de combustible, para impedir su inflamación.	 ARENA
5	Alarma contra incendios	tienen por objeto descubrir rápidamente el incendio y transmitir la noticia para iniciar la extinción y la evacuación.	 ALARMA CONTRA INCENDIOS

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Señales de panel y riesgo de choques

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgos de caída de personas, choques o golpes podrá optarse, a igualdad de eficacia, por el panel que corresponda o por un color de seguridad, o bien podrán utilizarse ambos complementariamente. La delimitación de aquellas zonas de los locales de trabajo a las que el trabajador tenga acceso con ocasión de este, en las que se presenten riesgos de caída de personas, caída de objetos, choques o golpes, se realizará mediante un color de seguridad.

3.3.2.1. Diamante identificativo de peligro

Es un rombo seccionado en cuatro partes de diferentes colores; indica los grados de peligrosidad de la sustancia a clasificar, significado de cada color es: azul para peligro para la salud, rojo para peligro de inflamabilidad y amarillo para peligro de inestabilidad. El sistema indicará el grado de gravedad con una clasificación numérica que va desde cuatro, para indicar peligro grave, a cero para indicar peligro mínimo. El cuarto espacio en la parte inferior del símbolo no tiene color e indica peligros especiales.

Figura 48. **Diamante de peligro**



Fuente: Asociación Nacional Contra Incendios. *Diamante de peligro*. www.anpreci.org.

Consulta: 25 de octubre de 2017.

3.3.2.1.1. Código de riesgo de información especial (blanco)

- W: sustancia reactiva con el agua
- OXY: sustancia peligrosa por ser muy oxidante

3.3.2.1.2. Código riesgo de reactividad (amarillo)

- 0: estable totalmente
- 1: inestable si se calienta, tome precauciones normales
- 2: posibilidad de cambio químico violento
- 3: puede detonar por fuerte golpe o calor
- 4: puede detonar, evacue la zona

3.3.2.1.3. Código de riesgo de inflamabilidad (rojo)

- 0: materiales que no arden
- 1: deben precalentarse para arder
- 2: entra en ignición al calentarse moderada mente
- 3: entra en ignición a temperaturas normales
- 4: extremadamente inflamable

3.3.2.1.4. Código de riesgo para la salud (azul)

- 0: como material corriente
- 1: ligeramente peligroso
- 2: peligroso, utilizar aparato para respirar
- 3: extremadamente peligroso, usar vestimenta totalmente protectora
- 4: demasiado peligroso que penetre vapor o líquido

Figura 49. **Diamante de 0 a 4**



Fuente: Asociación Nacional Contra Incendios. *Diamante de peligro*. www.anpreci.org.

Consulta: 25 de octubre 2017.

3.3.3. Señales de advertencia

Una señal de advertencia es aquella que advierte de un riesgo o de un peligro. Estas señales tienen forma rectangular y su pictograma es negro sobre fondo amarillo (el amarillo debe cubrir, como mínimo, el 50 por 100 de la superficie de la señal), con bordes negros.

Como excepción, el fondo de la señal sobre materias nocivas e irritantes será de color naranja, en lugar de amarillo, para evitar confusiones con otras señales similares utilizadas para la regulación del tráfico por carretera.

Figura 50. **Señales de advertencia**





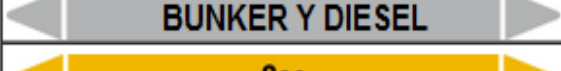



Fuente: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. *Señalización de seguridad y salud en el trabajo*. p. 75.

3.3.4. Marcadores de tuberías

Los marcadores de tuberías son guías que ayudan a trazar el mapa para que trabajadores y operarios externos puedan comprender en segundos dónde está todo situado y cómo funciona todo.

A nivel económico es dónde se pueden cuantificar los costes indirectos originados por la falta del marcado de tuberías, por los accidentes producidos y también por la pérdida de horas de trabajo por parte de los operarios al tratar de localizar determinadas canalizaciones, sentidos, etc., al margen de los accidentes derivados de una falta de señalización o una señalización deficiente. Realmente son dos conceptos inseparables: el marcado por razones de seguridad y de mantenimiento.

Figura 51. **Marcadores de tubería**

Grupo		Colores
	Agua	Texto blanco sobre fondo azul
	Retorno de condensado	Texto blanco sobre fondo rojo
	Bunker y Diesel	Texto negro sobre fondo gris
	Gas	Texto negro sobre fondo amarillo
	Ácidos	Texte negro sobre fondo naranja
	Oxígeno	Texto blanco sobre fondo azul

Fuente: *Manual de tuberías industriales*. www.spiraxsarco.com. Consulta: 25 de octubre de 2017.

3.4. **Propuesta de mantenimiento de tuberías**

La tubería del instituto es una de las más antiguas en la institución y, a su vez una de las más importantes; consta de 5 tanques hidroneumáticos: 2 en mal estado, uno que desapareció (solo quedó la instalación) y dos en buen estado pero le falta mantenimiento, hay 2 bombas una 5 HP y la segunda de 7 HP, razón por la cual se requiere que le hagan ensayos no destructivos para determinar su estado.

Esta red de agua está presente en casi el 80 % de la institución, el otro sistema está distribuido por lado derecha formando una escuadra dentro del instituto. por tal motivo se tomó la decisión de dividir los tramos por áreas de producción y así abarcar todas las líneas más fácilmente. La red de agua industrial del sistema, fue instalada hace aproximadamente 50 años, y fue construida en acero de bajo carbono, las líneas principales son de 6 y 4

pulgadas de diámetro, pero estas a su vez se ramifican en otras líneas de menor tamaño dentro de las diferentes áreas, desde 2 hasta 1/2 pulgadas. Todas estas líneas se distribuyen de manera subterránea. El agua es impulsada maneja presiones de alrededor de 30-60 psi.

Figura 52. **Sistema de tubería de toda clase área de calderas**



Fuente: elaboración propia.

Para elaborar el plan de mantenimiento a tuberías principales de sistema se debe sistematizar el control de mantenimiento con datos técnicos y frecuencias de inspección por NDT para las tuberías. Dichas mediciones pueden ser análisis de vibraciones, ultrasonidos, entre otros. Dentro de estos nuevos planes de mantenimiento se encuentran los ensayos no destructivos, NDT (*non destructive testing*), por sus siglas en inglés, cuyo objetivo principal es evaluar el estado de los materiales, sin afectar las propiedades mecánicas ni funcionalidad de los mismos. Debido a la valiosa información proporcionada por los NDT, estos se consolidaron como fundamentales dentro de los planes de mantenimiento.

El mantenimiento basado en NDT se utiliza para detectar discontinuidades superficiales e internas en materiales, soldaduras, componentes y partes fabricadas.

Estos procedimientos están regidos por las principales normas o códigos de fabricación; ASME, ASTM, API y el AWS; se pueden clasificar de acuerdo al alcance que poseen en cuanto a la detección de fallas.

3.4.1. Discontinuidades internas

Son las discontinuidades encontradas dentro de las tuberías, las técnicas más utilizadas para este tipo de discontinuidades son: radiografía industrial, que es la técnica de obtener una sombra de la imagen de un sólido usando radiación penetrante como lo son los rayos X, o los rayos Gamma. La imagen obtenida es una proyección sin detalles de la profundidad del sólido. Las imágenes son registradas en películas, llamados radiografías.

Existen varias técnicas de radiografías, estas dependen del uso que se le de, por ejemplo, la tomografía es utilizada para proveer información en tres dimensiones de una muestra lo cual podría revelar detalles muy exactos de una capa seleccionada como la presencia y la ubicación de un defecto. La radiografía de tipo industrial es utilizada para inspeccionar discontinuidades macroscópicas y variaciones de la estructura interna de diversos materiales. La norma que rige este ensayo es la ASTM SE 94 (*standard guide for radiographic examination*).

3.4.1.1.1. Ultrasonido

Este método utiliza ondas de sonido de alta frecuencia que se transmiten desde un transductor. El sonido viaja debido a las vibraciones de los átomos y moléculas presentes, a una velocidad que depende de las propiedades mecánicas del medio. Las imperfecciones e inclusiones en los sólidos causan ondas sonoras que se dispersan, resultando ecos, reverberaciones y una amortiguación general de la onda, que podrían revelar discontinuidades o imperfecciones de material. El ultrasonido se lleva a cabo utilizando ondas de alta frecuencia por encima de los 20 kHz.

Esta frecuencia está por encima del rango audible. Dentro del mantenimiento a tuberías, este es el método más común, ya que es el ideal a la hora de determinar espesores, discontinuidades e índices de corrosión dentro de las mismas, ver figura 57. Este tipo de ensayos se debe realizar dependiendo del dispositivo que se vaya a inspeccionar; para el caso de medición de espesores, para tuberías metálicas se utiliza la norma ASTM SE 213, y para las tuberías soldadas se utiliza la norma ASTM SE 273.

Figura 53. **Método de ultrasonido**



Fuente: Manual de tuberías industriales. *Ultrasonido*. www.spiraxsarco.com. Consulta: 25 de octubre de 2017.

Tabla LVI. Control de mantenimiento de tuberías

Instituto Nacional de Cancerología Incán
Departamento de mantenimiento
Área de calderas



Control de periodos de mantenimiento

Nombre de operador:		Fecha: Al del 20
Firma:	Turno:	Hora:

	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual	fecha
Inspeccionar tuberías para detectar posibles fugas	X					
Inspeccionar conexiones domiciliarias		X				
Revisar y girar válvula de control. Dar ¼ de vuelta	X					
Revisar las válvulas de paso y grifos		X				
Lubricar y aceitar válvulas de control				X		
Pintar válvulas de control					X	
Pintar estructuras del sistema					X	
Clorar el agua		X				
Limpieza de cajas de control y paso				X		
Mediciones de caudal			X			

Análisis de cloro de cisterna

Parámetro	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	Octubre	Noviembre	diciembre
Cloro residual (rango 0.5-10.0 ppm)												
Cloro total (rango 0.5-10.0 ppm)												
Cloraminas (cloro combinado)												
pH (rango 6.8-8.2)												
Alcalinidad (60-400 ppm)												
Dureza (60-400 ppm)												
Ácido cianúrico (0.100 ppm)												

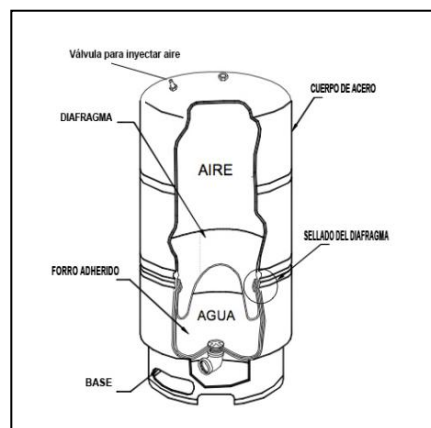
Fuente: elaboración propia.

3.4.2. Hidroneumáticos

Los sistemas hidroneumáticos sirven para mantener la presión constante en las tuberías de aguas blancas dentro de una casa, oficina o planta purificadora. Estos sistemas permiten que el líquido salga a la presión y flujo adecuado sin importar la distancia a la que se encuentren los equipos y artefactos que demandan agua.

Al ingresar el agua a presión dentro del tanque, el aire confinado dentro se va comprimiendo dándole lugar al líquido; esto se debe a que el aire por ser un gas tiene sus moléculas más separadas y por ello tiende a comprimirse mucho más fácilmente que el agua. Se diferencian por la forma constructiva y por los materiales utilizados. Estas diferencias los hacen más propicios para una u otra utilización. Además, de los materiales utilizados, la diferencia más notable que se puede marcar es en la utilización de una membrana para separar aire y agua.

Figura 54. Partes de un sistema hidroneumático



Fuente: Escuela de Ingeniería de Antioquia. *Sistemas hidroneumáticos*. p. 55.

3.4.2.1. Los sistemas hidroneumáticos

Se basan en el principio de compresibilidad o elasticidad del aire cuando es sometido a presión; funciona de la siguiente manera: el agua, que es suministrada desde la acometida pública u otra fuente, es retenida en un tanque de almacenamiento; de donde, a través de un sistema de bombeo, será impulsada a un recipiente a presión (de dimensiones y características calculadas en función de la red) y que posee volúmenes variables de agua y aire.

3.4.2.2. Vida útil del sistema hidroneumático

La vida útil de un sistema hidroneumático, en este caso residencial y para edificios de poca altura, dependerá del programa de mantenimiento que pueda darse al sistema, ya que la vida media de un equipo de este tipo supera los diez años, si se le da un mantenimiento adecuado; para ello se anexa a este trabajo de graduación un manual de mantenimiento para sistemas hidroneumáticos con el cual se podrá alargar la vida del equipo; no se toma en cuenta el aumento poblacional ya que por ser un sistema de agua el aumento de la demanda no es significativo.

3.4.2.2.1. Fallas mecánicas que influyen en el funcionamiento de un sistema hidroneumático

Entre los problemas mecánicos comunes que puede presentar un sistema hidroneumático se pueden considerar los siguientes:

- Si la bomba se prende y apaga con mucha frecuencia
 - Poco volumen de aire
 - En el visor de agua que tiene el tanque se observa si el nivel de agua está más arriba de las 2/3 partes de la altura del tanque.
 - En caso afirmativo, se encenderá el compresor de modo manual para incrementar la presión de aire y reducir el nivel de agua, hasta que el nivel baje.
 - Compresor desconectado
 - Se verifica la posición del selector de encendido del compresor, puede ser que esté en apagado.
 - Colocar el selector en modo automático.
 - Si no es este el caso, revisar el fusible.
 - Si ninguna de estas medidas da resultado, consultar al técnico.
- Fuga de aire en el tanque

- Se vierte agua jabonosa sobre el tanque, fundamentalmente en las costuras de soldadura, esto sucede si también hay ruptura en la membrana interna.
- Si se producen burbujas, hay un orificio en ese punto y habrá que soldarlo.
- Control de volumen defectuoso
 - Descartadas las causas antes descritas, es probable que se trate de este elemento, en cuyo caso se llamará al técnico para que lo desmonte, revise y cambie si es necesario.
 - Interruptor de presión.
 - Revisar los contactos y la graduación.
 - Llamar al técnico para que lo ajuste, repare o cambie si es necesario.
- Fugas de agua en la tubería
- Calibración del tanque hidroneumático

Para realizar la calibración del tanque hidroneumático se debe cerrar la alimentación de agua, cortar la corriente de la bomba y abrir el grifo; dejar que el tanque se vacíe totalmente; una vez hecho esto, calibrar la presión con un calibrador de neumáticos (llantas). La presión en el tanque no debe exceder de 38 libras por pulgada cuadrada, pues la bomba arranca en un arranque de 40 a

60 psi de presión. Una vez hecha la revisión coloque la tapa protectora de la válvula de aire.

Los materiales y repuestos necesarios son:

- Aceite
- Grasa
- Láminas (calzas) para nivelación (pueden ser de madera)
- Pernos de repuesto
- Calibrador de neumático

Tabla LVII. **Control de rutinas de agua**

Instituto Nacional de Cancerología, Incán
Departamento de mantenimiento
Área de calderas



Control de rutina mensual
(bombas de agua)

Nombre de operador:		Fecha: Al del 20
Firma:	Turno:	Hora:

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Observaciones
Presión de descarga bombas 1					
Presión de carga bombas 1					
Presión de descarga bombas 2					
Presión de carga bombas 2					
Chequeo de presostato y ajuste B.1					
Chequeo de presostato y ajuste B.2					
Chequeo de purga bombas 1					
Chequeo de purga bombas 2					

Continuación de la tabla LVII.

Lubricación de cojinetes bombas 1					
Lubricación de cojinetes bombas 2					
Aceite para rodamientos bombas 1					
Aceite para rodamientos bombas 2					
Grasa bombas 1 (según su tipo)					
Grasa bombas 1 (según su tipo)					

Reporte de vibraciones, estabilidad y funcionamiento de bombas:

Bomba 1:	Bomba 2:

Fuente: elaboración propia.

3.4.2.2. Limpieza de cisternas

Ubicada en la parte baja del área de calderas, tiene un área aproximada de 36 m² (no es medida actual solo es aproximado), nunca se ha limpiado y es rigurosamente indispensable desinfectar inmediatamente ya que hay un porcentaje alto que pudiera estar contaminada por cualquier agente; luego, se tendrá por objetivo realizar la limpieza de las cisterna con regularidad.

El agua es un vehículo idóneo para bacterias y para cualquier agente toxico, razón por la cual se debe mantener este depósito de agua limpios y en perfectas condiciones, lo que preservará la salud de los usuarios.

Según el uso final que se le dé al agua, el lavado de cisterna y tanque debe realizarse con regularidad como mínimo cada 6 meses; para restaurantes

y hospitales puede ser un servicio anual si el agua solo se usa para servicios generales. También, se debe utilizarse equipo adecuado y químicos o productos biodegradables que garanticen la desinfección y limpieza de los depósitos.

Figura 55. **Impermeabilizante de cisterna**



Fuente: elaboración propia.

3.4.2.2.3. Recubrimiento de superficies metálicas

Todos los metales expuestos a la humedad o inmersión en el agua sufren de agotamiento debido a la oxidación. Esto genera grandes problemas técnicos al tener que remplazarlos, por lo general, en situaciones indeseadas y no programadas. Un problema de mantenimiento puede generar otros graves en producción, sobre todo, si el agua forma parte fundamental en los procesos de elaboración de productos. Para prever estas situaciones, se sugiere recubrir las cisternas que almacenan agua para uso o consumo humano con productos epóxicos, catalizables, de grado alimenticio, para garantizar un almacenamiento

inocuo de cualquier líquido almacenado o transportado, bien sea agua, tequilas, jugos, leche, etc.

3.4.2.2.4. Desgaste de recubrimientos previos

Con el paso del tiempo y debido al contacto permanente con el agua, los materiales utilizados para recubrir cisternas se desprenden y se disuelven en el agua. Actualmente, hay productos epóxicos que permiten un almacenamiento seguro de agua ya que son sanitariamente aptos y su vida útil es larga; sería una propuesta en esta institución.

Se sugiere sellar de una vez la superficie para garantizar que no habrá filtraciones o fugas de agua.

3.4.2.2.5. Personal de limpieza de cisterna

Se recomienda el uso de equipo de protección personal como: mascarillas, protección ocular, casco, guantes y botas sanitarias. Contar con equipo de limpieza manual como: cepillos, escoba, trapeador, cubetas, etc. Y equipo mecánico con chorro de agua a alta presión.

Figura 56. **Limpieza de cisterna**



Fuente: elaboración propia.

3.5. Problemas actuales de agua potable dentro del Incán

La carencia de agua potable se debe tanto a la falta de inversiones en sistemas de agua, como a su mantenimiento inadecuado. Cerca del 30 % del agua en los sistemas de suministro de agua potable se pierde por fugas y malas conexiones.

3.5.1. Fugas

Las fugas de agua potable en la redes de distribución producen desperdicio de agua, reducen la eficiencia de las redes y generan una pérdida económica en nuestro caso al instituto.

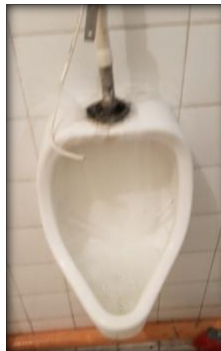
La detección de fugas dentro del instituto es complicada, ya que en su mayoría no se encuentran visibles, se encuentra subterránea. Para reducirlas es necesario contar con procedimientos e instrumentos especiales para localizarlas y eliminarlas.

Una fuga es una salida de agua no controlada en cualquiera de los componentes del sistema de distribución de agua potable; con mayor frecuencia ocurren en uniones de tuberías, codos, roturas de conductos y válvulas, por lo tanto, no es aprovechada para ningún uso.

3.5.1.1. Fugas pequeñas

Fugas muy pequeñas, aquellas que se presentan en las juntas o uniones en tuberías principales o de servicio y que son prácticamente exudaciones o goteos.

Figura 57. **Fuga de agua mingitorio baño de hombre, Incán**



Fuente: elaboración propia.

3.5.1.2. Fugas medianas

Se incluyen en esta categoría las fugas pequeñas que en conjunto contribuyen en un alto porcentaje al desperdicio total en un sector de fugas, pero que son aparentes excepto cuando se lleva a cabo una inspección detallada; algunas veces el uso de técnicas más sofisticadas como medición y sondeo con equipos acústicos.

Figura 58. **Chorro abierto baño de hombre, Incán**



Fuente: elaboración propia.

3.5.1.3. **Fugas grandes**

Se incluyen dentro de esta categoría las fugas grandes que se evidencian por varios mecanismos como roturas en el pavimento, agua fluyendo visiblemente, ruido en las casas, baja presión y falta de agua.

Figura 59. **Fuga de condensado, Incán**



Fuente: elaboración propia.

3.5.2. Causas que produzcan fugas

Se citará ahora las causas más relevantes que inciden en que una fuga se produzca.

3.5.2.1. Alta presión

Un aumento en la presión causará un incremento en el desperdicio y si se considera un orificio fijo en un tubo, la descarga por el mismo aumentará proporcionalmente.

Aun cuando la proporción varía para cada fuga, ya que algunas tienen orificios que varían de tamaño con la presión.

La presión en un sistema de distribución tiene tres efectos que deben de considerarse:

- Una fuga existente aumentará de magnitud con la presión
- La incidencia de las fugas aumenta con la presión
- En términos generales, el consumo aumenta con la presión

Cuando el uso del agua depende de una válvula que debe ser operada por el usuario, por ejemplo, para lavarse las manos, se da un aumento en el consumo conforme mayor es la presión. Aun cuando por definición este aumento no es un desperdicio, si es de interés reducirlo.

3.5.2.2. Corrosión externa

Los problemas asociados con tuberías ferrosas, principales y de servicio, son bien conocidos y el debilitamiento causado por la corrosión las hace más susceptibles a fallas. Bien conocido es el fenómeno de grafitación causado por la disolución del hierro, quedando como resultado del proceso una estructura débil.

3.5.2.3. Corrosión interna

Al transporte de aguas agresivas puede causar en ocasiones ataque a las tuberías metálicas, causando debilitamiento y fugas.

Figura 60. **Corrosión**



Fuente: elaboración propia.

3.5.2.4. Efectos del tráfico

Las tuberías antiguas ubicadas bajo superficies no diseñadas para aceptar las cargas impuestas por el estacionamiento de carros son muy susceptibles a fracturarse, especialmente, aquellas con uniones rígidas.

Las tuberías de instalación reciente pueden sufrir daños similares si la profundidad y compactación del terreno sobre las mismas no son adecuadas.

3.5.2.5. Movimientos del suelo

Esta es una causa bien conocida de fugas, especialmente, en suelos arcillosos que se expanden y contraen de acuerdo con el contenido de humedad.

Los temblores afectan las tuberías produciendo fugas, en mayor o menor grado dependiendo de su intensidad.

3.5.2.6. Mala calidad de materiales y accesorios

La mala calidad de materiales y accesorios redonda en una vida útil corta, reparaciones defectuosas y frecuentes implican a su vez desperdicios de agua.

3.5.2.7. Mala calidad de mano de obra

La mala calidad de la mano de obra implica trabajos defectuosos y de mayor duración en la ejecución. Por lo tanto, es necesario capacitar al personal en las técnicas más adecuadas y al mismo tiempo dotarles el equipo y herramientas necesarias.

3.5.2.8. Golpe de ariete

Los resultados de este efecto son las fallas debidas a las altas presiones que producen fracturas en las tuberías y desplazamiento de los bloques de

anclaje. Debe capacitarse al personal para abrir y cerrar válvulas con tiempo suficiente para impedir la formación de ondas de sobrepresión.

3.5.2.9. Edad de las tuberías

En general, y una de las principales en la institución, el sarro se incrementa con el tiempo y por consiguiente conforme más viejas son las tuberías, mayor incidencia de fugas presenta. El carbonato de calcio es el origen más común del sarro y se forma cuando: la temperatura del agua se incrementa o cuando la capacidad de disolución de los carbonatos disminuye. El sarro se observa en forma de sedimentos. El proceso es lento y difícil de reconocer inmediatamente, pero los efectos son muy visibles con el tiempo.

Figura 61. **Tubería con sarro**



Fuente: elaboración propia.

3.5.2.10. Electrólisis

Este fenómeno se presenta en situaciones donde las tuberías metálicas se encuentran en un medio húmedo debido generalmente al nivel del agua freática. En esta condición el material de las tuberías se deposita en el terreno. La práctica, muy común en nuestro medio, de conectar la tierra de aparatos

eléctricos como calentadores de agua a la cañería de acero galvanizado acentúa este fenómeno. En ningún caso esta conexión debe permitirse.

Figura 62. **Tubería subterránea, Incán**



Fuente: elaboración propia.

3.5.2.11. **Fuga de condensado**

Uno de los mayores problemas que se observó en las instalaciones del instituto fue la fuga de agua de condensado que va directa a los drenajes que se tiene en la institución, por lo cual se describe la problemática y se pudiera plantear una solución.

Tabla LVIII. **Tabla de caudal de fuga de condensado de tanque de agua caliente**

Tanque de agua caliente	
Caudal promedio	2 gal/min
Capacidad	1200 galones
Temperatura	120 °F
Presión	30 psi
Jornada	8:00 am a 15:00 horas (7 horas)

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de consumo de agua condensada que va a drenaje:

$$C = \frac{2 \text{ gal}}{1 \text{ min}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} \cdot \frac{7 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \cdot \frac{0,00379 \text{ m}^3}{1 \text{ gal}} = 3,1836 \text{ m}^3/\text{día}$$

Figura 63. Gráfico de caudal




Fuente: elaboración propia.

Tabla LIX. Soluciones de ahorro de agua

Posibles soluciones para el ahorro de agua de condensado		
<p>Fabricación de cisterna o pozo de agua subterránea Con forro que soporte temperatura mayor de 120°F tamaño 9 m²</p>	<p>Agua exclusivo para uso de baños y sistema de riego, por su contenido de hierro, que se coloque en la parte más cercana del sistema No. 2 de bombas de agua, conectado a un sistema de enfriamiento o bien mezclar agua de cisterna de lado.</p>	

Continuación de la tabla LIX.



<p>Regresarlo al tanque de condensado</p>	<p>Solo con estudio de capacidad del tanque se podría; ya que es muy riesgoso por la velocidad que pueda manejar el tanque pero sería una buena solución.</p>	
---	---	---

Fuente: elaboración propia.

En lo que se respecta al sistema de vapor, existen varias fugas de condensado, por ser un sistema semi-abierto o en su momento su diseño estaba para ser un sistema cerrado; pero en seguimiento lo que se encontró es que existe un sistema de condensado que no se sabe si funciona, solo que existe una tubería. Por otro lado, es un 30 % de condensado que se desperdicia a diario por lo cual es de poner los medios posibles para la recuperación del agua que se desperdicia.

3.6. Propuesta de mecanismos y sistemas de ahorro

Tabla LX. Propuesta de mecanismos y sistemas de ahorro

Ventajas		
<p>Sanitarios de bajo consumo</p>	<p>Ahorra hasta un 50 % de agua por descarga, utiliza alrededor de 6 a 10 litros.</p>	
<p>Duchas de bajo consumo</p>	<p>Dispone de dos mandos con funciones diferenciadas.</p>	

Continuación de la tabla LX.

Llaves abatibles	Permite inclinar el caño del grifo a la altura que se desee.	
Aireador	Garantiza un ahorro del 40% si la presión es de 2,5 kg y del más del 60% si esta es de 3 kg.	
Eyector perlizador	Evita que el agua salpique y ahorra hasta un 40%.	
Reductor volumétrico de caudal	Reduce la presión y tara el consumo, sin reducir la calidad del servicio.	
Válvula de mingitorio	No requiere lubricación de las piezas internas, tiene baja caída de presión con un flujo rectilíneo.	
pulsador doble de baños	Tienen un mecanismo de activación de dos opciones que utiliza ya sea una palanca de dos posiciones o un sistema de dos botones.	

Fuente: elaboración propia.

3.7. Propuesta de mantenimientos de bombas de agua (área de calderas)

La frecuencia de mantenimiento no es la misma para todas las bombas, sino que varía con las condiciones del servicio. Una bomba que maneje líquidos limpios, no corrosivos, requiere mucho menos mantenimiento que una bomba del mismo tamaño y tipo que tenga que manejar líquidos corrosivos o arenisca.

Una inspección periódica y un buen plan de mantenimiento resultará económica para el instituto. Las inspecciones de la bomba deben hacerse en forma ordenada, llevando los adecuados registros y controles, según la clase de servicio; mientras más pesado sea el servicio más frecuentemente debe ser la inspección. La inspección debe ser completa y debe incluir un chequeo cuidadoso de las tolerancias entre las partes giratorias y las estacionarias, así como el estado en que se encuentran todas las partes expuestas a roce o a daños causados por arenisca y/o corrosión.

3.7.1. Control de equipo de bombas de agua

¿Por qué fallan las bombas de agua? La mayoría de los daños prematuros de una bomba son causados por la contaminación, por la lubricación incorrecta o por problemas de alineación.

La bomba puede contaminarse con basuras del fluido que se está bombeando o cuando se manipulan los accesorios de la bomba con las manos sucias. Una forma menos obvia de contaminación ocurre cuando el aire u otros gases se ven atrapados en la bomba.

Lubricación incorrecta: como la mayoría de la maquinaria, las bombas centrífugas necesitan aceite o grasa para lubricar los cojinetes, aunque también, tienen requerimientos adicionales de lubricación. Los empaques y sellos de la bomba son a menudo lubricados por el flujo del fluido. Todas estas necesidades de lubricación deben satisfacerse estrictamente si se desea obtener una vida útil máxima.

Desalineación: la fórmula de alineación estricta es a menudo ignorada. La desalineación de la bomba y del elemento impulsor causa vibración y un desgaste excesivo de los cojinetes.

También, impone un esfuerzo innecesario sobre el eje hace que se caliente, el PVC se derrita y cause fugas. Las bombas deben ser alineadas de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Para los procedimientos apropiados de arranque, la siguiente rutina es un método general que se puede seguir para arrancar la mayoría de las bombas.

Debe asegurarse de no contradecir los métodos específicos de la planta o las instrucciones del fabricante para arrancar la máquina.

- Cepar la bomba si existe alguna posibilidad de que ésta se haya vaciado mientras estaba cerrada.
- En las bombas enfriadas por fluido proveniente de una fuente externa, las válvulas de sello deben abrirse antes de arrancar la bomba. Si los sellos o los empaques de la bomba son enfriados por el fluido bombeado, las válvulas de sello se deben cerrar hasta que la bomba sea arrancada.
- La válvula de succión deben abrirse completamente.
- En el caso de algunas bombas, particularmente las de baja velocidad, la válvula de descarga debe abrirse antes de arrancar la bomba.
- Después de arrancar la bomba, deben abrirse inmediatamente todas las válvulas de sello que estén cerradas.
- Si existe una válvula de purga encima de la carcasa, debe dejarse escapar el aire hasta que no haya más burbujas.

- Si la válvula de descarga está cerrada, debe abrirse lentamente en los diez segundos posteriores al arranque.
- Ver el manómetro de descarga para estar absolutamente seguro de que el líquido está fluyendo a través de la bomba.
- Es posible que, en un principio, la bomba emita un sonido áspero. Si ese ruido continúa es probable que la caja tenga aire.
- Parar la bomba y vuélvala a cebar. Si el ruido persiste, es posible que haya fugas de aire o calor de succión neta positiva insuficiente.

¿Cómo cebar una bomba? existen algunas razones para cebar una bomba de agua siendo la principal la de iniciar la corriente de fluido. Sin embargo, aun cuando una bomba tenga suficiente fluido en el lado de succión para iniciar el flujo, todavía puede haber aire o gas en el fluido.

Aún una pequeña cantidad de aire aumenta el calor o causa daños en el impulsor. La bomba debe cebarse completamente para asegurarse de que todo el aire y otros gases son eliminados de la bomba.

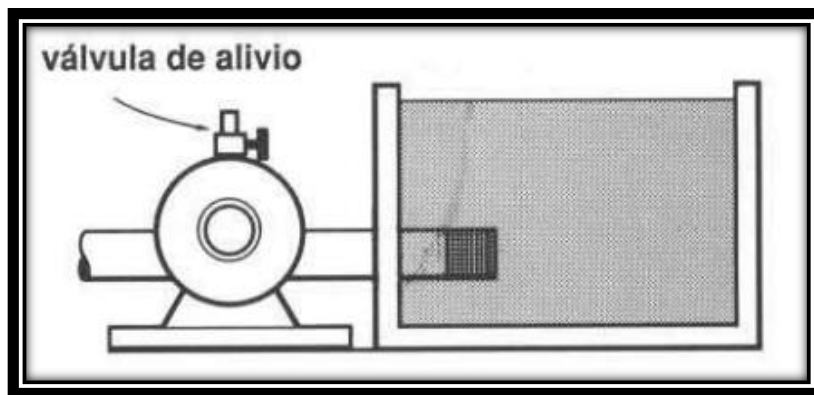
Es probable que una bomba que continúe operando con sonido de matraca, después del arranque, contenga aire o gas y deba ser cebada nuevamente. Existen varias formas de cebar una bomba:

- Dejando salir el aire o gas cuando hay una presión (carda) positiva en el lado de succión de la bomba.
- Con el uso de un eyector o aspirador.
- Con el uso de una bomba de vacío.

- Manualmente, llenando la caja y el tubo de succión con fluido.
- Por métodos automáticos.

El cebado por gravedad de una bomba que se instale por debajo del nivel del líquido bombeado se ceba a sí misma. Si se instala una válvula de alivio en la parte superior de la carcasa, esta se puede abrir al arrancar la bomba para asegurarse de que se ha eliminado todo el aire.

Tabla LXI. **Válvula de alivio**



Fuente: Serie de mantenimiento mecánico. *Mantenimiento de bombas centrifugas*. p. 37.

El cebado manual consiste en la operación de una válvula de pie (llamada también válvula de retención) que se instala en la base de la tubería de succión. Este método se usará solo cuando no exista otra forma de cebar la bomba. Para cebar manualmente una bomba:

- Cierre la válvula de compuerta en la descarga
- Vierta líquido en la carcasa de la bomba hasta que se derrame.
- Tape con la mano
- Encienda

Este método funciona debido a que la válvula de pie permite el flujo del fluido solo en una dirección dentro de la tubería de succión. Cuando no hay flujo, el flotador forma un sello con el empaque. Sin embargo, surgirá un problema, si un cuerpo extraño, por pequeño que sea, se introduce entre el flotador y el empaque, ya que impedirá que la válvula de pie se cierre completamente y permitirá que el fluido se escape de la bomba.

Figura 64. **Cebado manual**



Fuente: elaboración propia.

3.7.1.1. **Revisiones diarias**

Las siguientes circunstancias requieren por lo general, una revisión diaria:

- Filtro de succión (cuando se usa). Verificarla diferencia en la presión entre los manómetros (*gauges*) colocados a cada lado del filtro. Si la caída de presión aumenta, el filtro necesita limpieza.

- Flujo de la bomba. Revisar los medidores de succión y de descarga de presión para mantener el rendimiento de la bomba.
- Fugas (escapes) por los empaques. Debe existir alguna fuga por los empaques para mantenerlos lubricados y para prevenir que el aire exterior entre por el collarín. El escape deberá ser de por lo menos veinte gotas por minuto, y algunos fabricantes recomiendan todavía más. La falta de lubricación es la principal causa del deterioro de los empaques.
- Presión del sello externo y de la Inyección. Si la bomba utiliza una fuente externa para lubricar los sellos o los empaques, seguir las recomendaciones del fabricante para obtener la presión correcta del sello o de la inyección. La presión hidráulica excesiva puede acortar la vidaútil de los sellos y empaques.
- Presión del sello externo y de la inyección. Si la bomba utiliza una fuente externa para lubricar los sellos o los empaques, seguir las recomendaciones del fabricante para obtener la presión correcta del sello o de la inyección. La presión hidráulica excesiva puede acortar la vidaútil de los sellos y empaques.
- Temperatura de cojinetes. Los cojinetes que trabajan demasiado calientes se desgastan prematuramente y pueden causar daños en otros accesorios. Por otro lado, los cojinetes enfriados con líquidos no se deben enfriar demasiado, pues podrá producirse la condensación y hacer que los cojinetes se oxidaran. Revisar la temperatura de los cojinetes con un pirómetro o termómetro. Muchos cojinetes de bombas funcionan normalmente entre 60 °C (140 °F) y 65 °C (150 °F), lo cual es demasiado caliente al tacto.

- Revisión de *switch*.

Figura 65. **Switch de presión**



Fuente: elaboración propia, empleando Paint.

- Calibrar *switch* (en caso este descalibrado).

El primer dato que se necesita definir es el rango de presión al cual trabajará el equipo, los más usados son: 30-50 y 40-60 que es el que actualmente se tiene en la institución.

Los pasos recomendados para la calibración son:

- Desconectar o quitar la alimentación eléctrica de nuestra bomba.
- Abrir alguna salida de agua hasta que el manómetro marque cero.
- Con un *gauge* o medidor de aire, como el que se usa para verificar el aire de las llantas de los autos, medir la presión interna del tanque

precargado, 35 psi en el caso que el rango de operación sea 40-60. Normalmente, los tanques traen una precarga mayor de fábrica del orden de las 35 psi por lo se requiere sacar el aire hasta el valor correcto. Si se da el caso que el tanque tenga una presión menor a la necesaria se debe adicionar aire con un compresor o bomba manual.

- Una vez ajustado el nivel de aire del tanque, se verifica que la bomba esté cargada con agua y se enciende o activa la alimentación eléctrica.
- Cuando la bomba encienda se chequea en el manómetro que la presión comience a subir y deberá llegar hasta el valor superior del rango que se está manejando, 60 psi dependiendo del caso, y el interruptor de presión deberá apagar automáticamente la bomba.
- Después se abre alguna salida de agua monitoreando la presión en el manómetro hasta que la bomba encienda nuevamente, este valor deberá ser el nivel inferior de nuestro 40 psi.
- En caso que el interruptor de presión no opere correctamente procedemos a quitar su tapa donde encontraremos en su interior las instrucciones para su ajuste. Normalmente, solo será necesario ajustar una tuerca del tornillo principal.

3.7.1.2. Revisiones semanales

En la mayoría de los sitios de operación deben realizarse semanalmente las siguientes verificaciones:

- Rotación del eje (solo durante períodos de inactividad). Siempre que la bomba se pare durante un largo período, debe girarse el eje manualmente una vuelta y cuarto para lubricar los cojinetes y prevenir que se trabe el eje.
- Tubería auxiliar.
- Vibración del eje y de los cojinetes. Usar un medidor de vibración manual para medir la vibración de los cojinetes y del eje. La vibración no deberá exceder de 0.002".

Figura 66. **Bomba centrífuga análisis de vibración**



Fuente: elaboración propia.

3.7.1.3. Localización de fallas de bomba centrífuga

Tal vez la mejor forma de prevenir los problemas grandes en una bomba de agua sea prestando atención a los problemas menores a medida que ocurren.

Debe mantenerse alerta en lo que se refiere al flujo, la presión y la temperatura y estar pendiente de cualquier ruido, vibración o escape anormales. Una bomba no deberá abrirse para darle mantenimiento, sino hasta que haya fracasado toda alternativa razonable utilizada para resolver el problema. La vibración excesiva, el ruido y el sobrecalentamiento son argumentos de peso que se pueden relacionar con muchos de los síntomas o causas descritos a continuación.

Flujo de fluido o de presión insuficiente aire o gas en el sistema:

- Volver a cebar la bomba.
- Asegurarse de que todas las uniones del tubo de succión estén apretadas.
- Revisar la caja de empaques en busca de fugas de aire en la bomba.
- Cerciorarse de que la entrada de succión esté suficientemente sumergida. Si no lo está pueden formarse remolinos, permitiendo la entrada del aire en el tubo de succión.

Figura 67. **Falla de presión de bomba centrífuga**



Fuente: elaboración propia.

3.7.2. Mantenimiento de bombas

- Toma obstruida: revisar si existe bloqueo en la válvula de pie o en el filtro.
- Incorrecta dirección o rotación: asegurarse de que el elemento accionador gire en la dirección que indica la flecha en la carcasa de la bomba.
- Impulsor obstruido o desgastado o partes deterioradas: a veces, resultan problemas de presión y de flujo debido a anillos desgastados o daños en el impulsor o en el empaque de la carcasa. Podrá ser necesario abrir la bomba en busca de partes deterioradas o inservibles. Revisar los conductos del impulsor y cerciorarse de que estén despejados.

Figura 68. **Vista de impulsor desgastado**



Fuente: elaboración propia.

4. FASE DE DOCENCIA. CAPACITACIÓN DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS Y MANEJO BÁSICO DE EXTINTORES

La capacitación tiene como objeto lograr que los participantes del instituto, obtengan los conocimientos, habilidades y destrezas que le permitan enfrentarse a una situación de emergencia en caso de incendios.

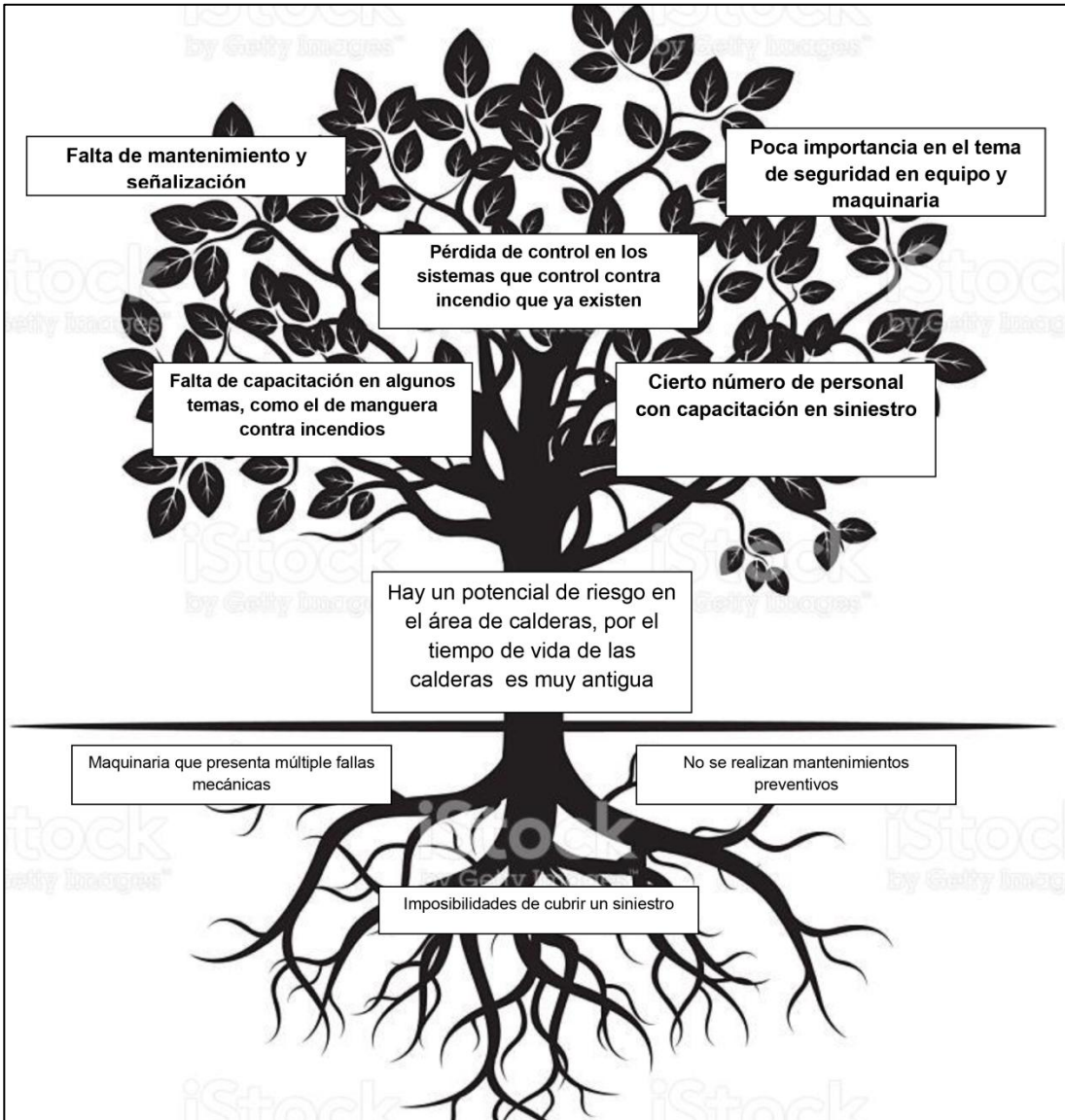
4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación

La finalidad de esta capacitación surge para la utilización óptima de los medios técnicos que el instituto posee actualmente y estar previstos para cualquier siniestro que pueda suceder para reducir al mínimo las posibles consecuencias humanas y económicas que pudieran derivarse a una situación de emergencia. Para ello se diagnostica con un árbol de problemas para dar soluciones a dicho problema.

Se utiliza primeramente un árbol de problemas, por medio de entrevistas al personal, sobre algunos sucesos pasados que han pasado dentro del instituto; también, sobre que piensan ellos sobre posibles problemas futuros en lo que respecta a fuegos o incendios.

En el siguiente gráfico se describen los problemas y sus posibles soluciones:

Figura 69. **Árbol de soluciones. Plan de capacitación**



Fuente: elaboración propia.

Tabla LXII. Capacitación prevención de incendios y manejo básico de extintores

<p>La capacitación de emergencia contra incendios, elaborado para trabajadores del instituto, con el fin de preparación e cualquier situación de emergencia.</p> <ul style="list-style-type: none">○ Objetivos<ul style="list-style-type: none">▪ Concientizar al personal sobre la importancia del uso de equipo de protección personal para las operaciones que realizan.▪ Tener capacitado al 60 % de los colaboradores del departamento de mantenimiento en el uso de extinguidores en caso de siniestro y uso de manguera contra incendios.○ Estrategias<ul style="list-style-type: none">▪ Llevar a cabo la capacitación práctica de 60 minutos.▪ Poner al personal a practicar el equipo que se está hablando.▪ Hacer un estudio previo a la capacitación, determinar el equipo adecuado funciona.○ Resultados esperados<ul style="list-style-type: none">▪ Disminución en el porcentaje de personal que no sabe acerca de los equipos a utilizar.▪ Lograr que los colaboradores comprendan el beneficio propio al utilizar el equipo y estar listos para algún siniestro.
--

Fuente: elaboración propia.

4.1.1. Actividades

La siguiente tabla muestra actividades que se llevaron a cabo en la capacitación de uso de extinguidores; jornada cuando se impartió, duración, tipo de evaluación y recursos necesarios.

4.1.2. Contenido de capacitación

Tabla LXIII. Horario de capacitación

Día de realización:	Jueves 2 de noviembre 2017
Hora:	9:00 am
Expositores:	Escuela de Bomberos Municipales Zona 13
Tipo de exposición:	Charla y práctica.
Duración:	1 ½ hora
Materiales:	<ul style="list-style-type: none">• 1 extinguidor de descarga tipo ABC• 1 galón de gasolina regular• 1 galón de diesel• Tonel para práctica• Manguera contra incendios y toma de agua
Salón:	Área de calderas
Temas:	<ul style="list-style-type: none">• Uso de extinguidores• Uso de manguera contra incendio

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Metodología

El método que se utilizó para capacitar al personal sobre temas de seguridad contra incendios fueron:

4.1.3.1. Método deductivo

Este se aplicaron durante la exposición de los diferentes tipos de incendio, los tipos de extinguidores, en qué ocasiones se debe utilizar cada tipo de extinguidor y la forma correcta como se debe sostener y accionar un extinguidor.

Figura 70. **Capacitación de cómo utilizar los extintores**



Fuente: elaboración propia

4.1.3.2. Método inductivo

Se aplicó en la parte práctica de la capacitación en donde se lograron reforzar los conocimientos adquiridos en la exposición a través del uso de extinguidores de dióxido de carbono en un espacio abierto.

Figura 71. **Uso del extintor**



Fuente: elaboración propia.

4.1.3.3. **Método expositivo**

Se aplicó durante la exposición del tema: uso correcto de extinguidores.

Figura 72. **Apagar fuego con el extintor**



Fuente: elaboración propia.

4.1.3.4. Método analógico

Se aplicó durante la exposición al comparar las diferentes situaciones en las que sí sirve un tipo de extinguidor y en cuáles no serán útil. Se compararon también las diferentes causas o fuentes de incendio.

Figura 73. **Charla sobre extintores**



Fuente: elaboración propia.

4.1. Resultados de la capacitación

- Se logró la participación al tener 22 colaboradores de área de mantenimiento, limpieza, enfermería y personal de la liga que participó de la capacitación y garantizó que todos adquirieran el conocimiento de los pasos a seguir para usar un extinguidor; se dio una charla informativa y se usaron extinguidores de dióxido de carbono tipo ABC y AB.

- Se capacitó sobre las diferentes causas de incendio y su clasificación, para garantizar el uso correcto de los tipos de extinguidores según el tipo de incendio
- Algunos colaboradores pudieron accionar extinguidores de tipo ABC y AB para practicar los pasos al utilizar un extinguidor.
- Se erradicó el pensamiento de los colaboradores acerca de que los extinguidores son peligrosos y representan un peligro de explosión.
- Se logró capacitar a los colaboradores sobre el uso correcto de manguera contra incendio ya que no sabían sobre su uso.
- Se realizó un análisis de la manguera contra incendios, se verificó que hacen falta piezas por lo cual se tomará acción.

Figura 74. **Manguera contra incendio**



Fuente: elaboración propia.

Figura 75. **Uso de la manguera contra incendio**



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se finalizó una propuesta de reestructuración del departamento de mantenimiento que incluye mejoras para las distintas áreas del departamento de mantenimiento del Instituto Nacional de Cancerología.
2. Se plasma un plan de operación y rescate del área de calderas, que se adapta a las condiciones actuales, determinando con ello la importancia de llevar a cabo los procesos de control y mantenimiento de los equipos y las máquinas.
3. Al realizar el análisis del consumo general de vapor de las calderas, utilizando para esto, los parámetros de funcionamiento actuales de cada equipo, se determinó que el sistema de condensado está siendo desperdiciado, ya sea por problemas de tubería ineficiente, o por fugas de vapor existentes, trampas de vapor, juntas, etc.; para ello se hace necesario un nuevo sistema de tubería de vapor.
4. Se formula un plan de diseño de mejora continua en el área de carpintería para que favorezcan el mejoramiento de tiempos de producción y el nivel de entrega de acuerdo a sus necesidades.
5. Se establecen mejoras en el servicio técnico del área de electricidad del instituto con el fin de garantizar confiabilidad en los trabajos eléctricos de la institución.

6. Con la mejora de optimización de la bodega, habrá un mayor aprovechamiento; además, el almacenaje de suministro será de manera más rápida para las instalaciones, personal y ambiente.
7. La implementación del plan de ahorro de agua, donde se propone por medio de equipos reguladores y reutilización del agua en la institución, se genera un ahorro considerable en el gasto del agua potable, también, conservación del equipo.
8. Con el diagnóstico de las bombas de agua, se determinó la condición actual de las bombas; permite dejar un plan de mantenimiento de las bombas de agua, identificación de fallas y los puntos críticos que estos presentan.
9. Se logró que el personal de mantenimiento alcanzará conocimientos sobre incendios y uso de extinguidores, después de realizarse el plan de capacitación.

RECOMENDACIONES

Debido a la antigüedad de la maquinaria y los equipos deben observarse de manera regular.

Por llegar a su vida útil la caldera, debe implementarse el plan de recuperación y rescate.

1. Si se desean pintar las calderas, recubrir los accesorios de calderas, para evitar su mal funcionamiento.
2. Deben instalarse las tuberías de manera que descendan en la dirección del flujo, con una pendiente no inferior a 40 mm por cada 10 m de tubería.
3. Las líneas de vapor deben purgarse a intervalos regulares de 30 m - 50 m, así como en cualquier punto bajo del sistema.
4. Para instalar un punto de purga en un tramo recto de tubería, deberá utilizarse un pozo de goteo de gran tamaño que pueda recoger el condensado.
5. La tubería debe montarse de manera que haya en mínimo de puntos bajos donde se pueda acumular el agua. Si se montan filtros, deben montarse con la cesta en posición horizontal.

6. Las conexiones de las derivaciones deben partir de la parte superior de la línea, para tomar en vapor más seco posible.
7. Debe considerarse la instalación de un separador antes de cualquier equipo que utilice el vapor, para asegurar que recibe vapor seco.
8. Los purgadores elegidos deben ser robustos para evitar el riesgo de daños por golpe de ariete, y ser apropiados para su entorno (por ejemplo, heladas).
9. Se recomienda al personal de la empresa que sea constante y disciplinado con el llenado de los formatos correspondientes, ya que en ocasiones nada más avisan de forma verbal y no presenta el formato correspondiente; al igual, que se continúe llevando a cabo el programa de mantenimiento preventivo en la maquinaria, ya que si ven que la maquinaria está funcionando sin ningún problema omiten el mantenimiento preventivo, por lo cual no realizan el mantenimiento preventivo, que debe realizarse.

BIBLIOGRAFÍA


1. CENGEL, Yunus A.; BOLES, Michel A. *Guía de referencia: bombas centrífugas. Serie de entrenamiento mecánico de tel-a.train.* México: McGraw-Hill, 1995. 305 p.
2. _____. *Manual de operación, servicio y partes.* México: McGraw-Hill, 2003. 124 p.
3. _____. *Termodinámica.* 4 ed. México: McGraw-Hill, 2002. 392 p.
4. CRANE, Jhon. *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías.* México: McGraw-Hill, 1995. 177 p.
5. EVERETT, Adam. *Administración de la producción y las operaciones. Conceptos, modelos y funcionamientos.* 4 ed. Colombia: Prentice Hall Hispanoamericana S.A., 1991. 245 p.
6. NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseños de trabajo.* 10 ed. Guatemala: Alfaomega, 2001. 320 p.
7. RASE, Howard F. *Diseño de tuberías para plantas de proceso.* España: Blume, 1973. 338 p.
8. SEVERNS, William H.; DLEGER, H.E.; MILES, J.C., *La producción de energía mediante vapor, aire o gas.* España: Reverte, 1974. 506 p.

9. SPIRAX, Sarco. *Distribución de vapor. Guía de referencia técnica*. New York, U.S.A.: Cleaver-Brooks, 2002. 120 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Tabla de diagnóstico de caldera de vapor**

Esta etapa consiste en la búsqueda de información por medio de tablas elaboradas las calderas Cleaver Brooks. Será necesario obtener información de los componentes que constituyen la caldera, y escribir sus parámetros de funcionamiento, para así, comenzar a analizar y diagnosticar.

	Hoja de diagnóstico de calderas	Departamento de mantenimiento Incán																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Fecha: 27/06/2016</td> <td style="width: 50%;">Jefe de Mantenimiento: Julio Valdez</td> </tr> <tr> <td>Lugar: Área de Calderas</td> <td>Operador: Eduardo López</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de calderas: 2</td> <td>Empresa de análisis de agua: Uniser</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Empresa de análisis mecánico: USI</td> </tr> </table>			Fecha: 27/06/2016	Jefe de Mantenimiento: Julio Valdez	Lugar: Área de Calderas	Operador: Eduardo López	Cantidad de calderas: 2	Empresa de análisis de agua: Uniser		Empresa de análisis mecánico: USI																				
Fecha: 27/06/2016	Jefe de Mantenimiento: Julio Valdez																													
Lugar: Área de Calderas	Operador: Eduardo López																													
Cantidad de calderas: 2	Empresa de análisis de agua: Uniser																													
	Empresa de análisis mecánico: USI																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Caldera numero: 1</td> <td style="width: 50%;">Combustible: Bunker</td> </tr> <tr> <td>Marca: Cleaver Brooks</td> <td>Modelo: CB600-70</td> </tr> <tr> <td>Capacidad: 70 HP</td> <td>Presión Máxima: 150 psi</td> </tr> </table>			Caldera numero: 1	Combustible: Bunker	Marca: Cleaver Brooks	Modelo: CB600-70	Capacidad: 70 HP	Presión Máxima: 150 psi																						
Caldera numero: 1	Combustible: Bunker																													
Marca: Cleaver Brooks	Modelo: CB600-70																													
Capacidad: 70 HP	Presión Máxima: 150 psi																													
Datos de operación a la hora de la inspección																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th style="width: 50%;"></th> <th style="width: 10%;">Teórica</th> <th style="width: 10%;">Real</th> <th style="width: 30%;">Observaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Presión de vapor (PSI)</td> <td style="text-align: center;">90-110</td> <td style="text-align: center;">95</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Presión de aire al atomizador (PSI)</td> <td style="text-align: center;">5-10</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Presión del combustible (PSI)</td> <td style="text-align: center;">40-60</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura del combustible (°F)</td> <td style="text-align: center;">90</td> <td style="text-align: center;">70</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura de agua de alimentación(°F)</td> <td style="text-align: center;">40-60</td> <td style="text-align: center;">30</td> <td></td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="background-color: #cccccc;">Temperatura de chimenea (°F)</td> <td style="background-color: #cccccc; text-align: center;">250-350</td> <td style="background-color: #cccccc; text-align: center;">385</td> <td style="background-color: #cccccc;">Presión por encima de lo normal</td> </tr> </tbody> </table>				Teórica	Real	Observaciones	Presión de vapor (PSI)	90-110	95		Presión de aire al atomizador (PSI)	5-10	7		Presión del combustible (PSI)	40-60	50		Temperatura del combustible (°F)	90	70		Temperatura de agua de alimentación(°F)	40-60	30		Temperatura de chimenea (°F)	250-350	385	Presión por encima de lo normal
	Teórica	Real	Observaciones																											
Presión de vapor (PSI)	90-110	95																												
Presión de aire al atomizador (PSI)	5-10	7																												
Presión del combustible (PSI)	40-60	50																												
Temperatura del combustible (°F)	90	70																												
Temperatura de agua de alimentación(°F)	40-60	30																												
Temperatura de chimenea (°F)	250-350	385	Presión por encima de lo normal																											

Continuación del apéndice 1.

Controles comunes a toda caldera

	Bueno	Malo	Observaciones
Motor ventilador	/		
Arranque del motor ventilador	/		
Transformador para la ignición	/		
Motor regulador del registro	/		
Interruptor de bajo fogueo	/		
Interruptor del quemador	/		
Placas de identificación	/		
Interruptor manual-automático	/		
Control manual de la llama	/		
Transformador del M. Modulador	/		
Luces indicadoras	/		
Control Programador	/		
Ventilador	/		
Timbre de alarma	/		
Interruptor de prueba de aire	/		
Bomba de suministro de agua	/		
Panel eléctrico	/		*hace falta limpiar los contactos y ordenarla
Chimenea		/	* Está dañada y oxidada
Termómetro de chimenea		/	*Necesita cambiarlo
Tapadera manhole	/		* falta un tornillo
Compresor de aire	/		
Filtro de aire		/	*hay que cambiarlo
Válvula de retención		/	*Falta cambiarlo
Tanque receptor de aire-aceite		/	*servicio
Manómetro de la presión de aire	/		
Mira de vidrio del nivel de aceite	/		
Aletas de enfriamiento aceite	/		
Colador de aceite	/		
Válvula de control de la admisión de aire	/		
Interruptor de tirador de aceite	/		
Tapaderas de los registros de mano (tortugas)	/		
Otros:			
* Hay que componer la tubería de cobre de 3/8 alinearla y pintarla.			
* Servicio y limpieza de chimenea cada año y llevar control.			

Continuación del apéndice 1.

Controles de vapor

	Bueno	Malo	Observaciones
Manómetro de la presión del vapor	/		
Control de límite de presión para operación	/		
Control de alto límite de presión	/		
Control modulador de la presión	/		
Válvula de retención			
Manifold de Distribución de Vapor			No existe
Válvula(s) de seguridad	/		
Otros: * En los instrumentos de vapor necesitan las 3 limpiezas ó cambiarlos y una buena señalización que no se sabe cuál es cada uno.			

Controles Del Nivel De Agua

	Bueno	Malo	Observaciones
Mcdonnell Miller	/		
Mcdonnell Miller auxiliar	/		
Flotador del Mcdonnell Miller	/		
Diafragma del Mcdonnell Miller	/		
Capsula de Mercurio del Mcdonnell Miller	/		
Columna de agua	/		
Válvula de drenaje de la columna de agua	/		
Válvula de drenaje de la mira de vidrio indicadora	/		

Controles del sistema de abastecimiento de gas

	Bueno	Malo	Observaciones
Válvula Solenoide del piloto de gas	/		
Válvula de gas principal	/		
Válvula de mariposa	/		
Regulador de la presión de gas	/		
Manómetro de la presión del piloto de gas	/		
Otros: Hay que señalar y componer la tubería del tanque de gas que está en el camino.			

Continuación del apéndice 1.

Controles del sistema de precalentado de combustible

	Bueno	Malo	Observaciones
Conjunto del precalentador de combustible		/	* No hay
Colador de combustible		/	*No hay
Serpentín del precalentador de combustible		/	* No hay
Trampa de vapor del precalentador de combustible		/	*No hay
Interruptor del calentador de combustible		/	* No hay
Resistencias del precalentado eléctrico de combustible		/	*No hay
Termostato del calentador de vapor		/	* no está funcionando bien
Válvula de retención del calentador de vapor		/	*No hay
Válvula de vapor del calentador de combustible		/	* hay que componer pequeña fuga
Regulador de la presión del calentador de vapor		/	* Falta
Termostato del calentador eléctrico de combustible		/	* Hay que cambiarlo
Válvula de escape del combustible	/		
Purgador de condensación	/		
Otros:			
* Las piezas que no hay, la compañía USI las tiene, urge que se pongan y los termostatos también para que no sufran en el arranque de la caldera.			

Controles sistema de abastecimiento de combustible

	Bueno	Malo	Observaciones
Bomba de Combustible		/	El cojinete necesita grasa grafiada.
Manifold de Operación			No utiliza
Manómetro de la presión del quemador de combustible	/		
Regulador de la presión del combustible		/	*Cambiar el diafragma y actualizarla
Termómetro del aceite combustible	/		
Válvula de contrapresión		/	*Cambiar el diafragma
Manómetro de la presión del combustible devuelto	/		
Válvula de desvío manual	/		
Válvula solenoide del combustible	/		
Válvula de purga de aire	/		
Boquilla con orificio para purga de aire		/	*No hay
Colador de la boquilla		/	*No hay
Válvula de retención de la purga de aire		/	*No hay
Relevador de la purga de aire	/		

Controles del conjunto del quemador

	Bueno	Malo	Observaciones
Difusor	/		
Registro rotatorio del aire (Dámper)	/		
Línea flexible del aire de atomización		/	* Demasiada fuga necesita cambiarla
Línea flexible de combustible		/	* Demasiada fuga necesita cambio
Tirador de combustible (cañón o quemador)	/		
Fotocelda	/		
Cuerpo del quemador	/		
Electrodos de Ignición	/		
Aislantes de Electrodo de Ignición	/		
Cables de Ignición		/	*Está roto necesita cambiarlo

Continuación del apéndice 1.

Controles de la leva moduladora del aceite

	Bueno	Malo	Observaciones
Leva moduladora de combustible	/		
Tornillos de ajuste de la leva	/		
Resorte del perfil de la leva		/	* Hay que cambiarlo
Válvula medidora del aceite	/		
collarín	/		
Seguidor de la leva		/	*Hay que cambiarlo

Inyector del quemador

	Bueno	Malo	Observaciones
Cuerpo del inyector	/		
Resorte del rotor	/		
Rotor	/		
Boquilla de inyector	/		

Puerta trasera

	Bueno	Malo	Observaciones
Reborde de la puerta trasera	/		
Agujeros para los pernos	/		
Mezcla V-Block (aislante de la parte superior)	/		
Tejas del deflector (ladrillos)	/		
Refractario moldeable (concreto)	/		
Tubo de mira	/		
Línea de tubo de mira	/		
Cuerda de fibra de vidrio	/		
Empaquetadura	/		
Pernos de seguridad	/		* falta un perno
Cemento Insolación	/		
Empaque baffle	/		
Cabezal de tubos (espejo)	/		
Remaches de la empaquetadura	/		

Puerta delantera

	Bueno	Malo	Observaciones
Agujeros para gas	/		
Placa de deflector	/		
Cabezal delantero (espejo)	/		
Puerta intermedia	/		
Empaquetadura para la cubierta del quemador	/		
Empaquetaduras del cabezal (2 unidades)	/		
Tejas refractarias del hogar	/		
Cubierta del quemador	/		
Tejas deflectoras de la garganta	/		

Otros:

- *Pintura general de la caldera*
- *Señalización de tubería de caldera*
- *Señalización de piso del área de la caldera*
- *Ordenar y limpiar panel de control*
- *Limpeza del área de calderas*
- *Equipo de seguridad persona*

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de presiones

El criterio que permite establecer cuál el estado de vapor de agua lo da la curva de saturación. Esta curva da la temperatura de ebullición como función de la presión o de su temperatura.

Presión bar	Temp. °C	Volumen específico m ³ /kg		Energía interna kJ/kg		Entalpía kJ/kg			Entropía kJ/kg K	
		Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor vaporiz.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor sat.
		$v_f \times 10^2$	v_g	u_f	u_g	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_g
0,04	28,96	1,0040	34,800	121,45	2415,2	121,46	2432,9	2554,4	0,4226	8,4746
0,06	36,16	1,0064	23,739	151,53	2425,0	151,53	2415,9	2567,4	0,5210	8,3304
0,08	41,51	1,0084	18,103	173,87	2432,2	173,88	2403,1	2577,0	0,5926	8,2287
0,10	45,81	1,0102	14,674	191,82	2437,9	191,83	2392,8	2584,7	0,6493	8,1502
0,20	60,06	1,0172	7,649	251,38	2456,7	251,40	2358,3	2609,7	0,8320	7,9085
0,30	69,10	1,0223	5,229	289,20	2468,4	289,23	2336,1	2625,3	0,9439	7,7686
0,40	75,87	1,0265	3,993	317,53	2477,0	317,58	2319,2	2636,8	1,0259	7,6700
0,50	81,33	1,0300	3,240	340,44	2483,9	340,49	2305,4	2645,9	1,0910	7,5939
0,60	85,94	1,0331	2,732	359,79	2489,6	359,86	2293,6	2653,5	1,1453	7,5320
0,70	89,95	1,0360	2,365	376,63	2494,5	376,70	2283,3	2660,0	1,1919	7,4797
0,80	93,50	1,0380	2,087	391,58	2498,8	391,66	2274,1	2665,8	1,2329	7,4346
0,90	96,71	1,0410	1,869	405,06	2502,6	405,15	2265,7	2670,9	1,2695	7,3949
1,00	99,63	1,0432	1,694	417,36	2506,1	417,46	2258,0	2675,5	1,3026	7,3594
1,50	111,4	1,0528	1,159	466,94	2519,7	467,11	2226,5	2693,6	1,4336	7,2233
2,00	120,2	1,0605	0,8857	504,49	2529,5	504,70	2201,9	2706,7	1,5301	7,1271
2,50	127,4	1,0672	0,7187	535,10	2537,2	535,37	2181,5	2716,9	1,6072	7,0527
3,00	133,6	1,0732	0,6058	561,15	2543,6	561,47	2163,8	2725,3	1,6718	6,9919
3,50	138,9	1,0786	0,5243	583,95	2546,9	584,33	2148,1	2732,4	1,7275	6,9405
4,00	143,6	1,0836	0,4625	604,31	2553,6	604,74	2133,8	2738,6	1,7766	6,8959
4,50	147,9	1,0882	0,4140	622,25	2557,6	623,25	2120,7	2743,9	1,8207	6,8565
5,00	151,9	1,0926	0,3749	639,68	2561,2	640,23	2108,5	2748,7	1,8607	6,8212
6,00	158,9	1,1006	0,3157	669,90	2567,4	670,56	2086,3	2756,8	1,9312	6,7600
7,00	165,0	1,1080	0,2729	696,44	2572,5	697,22	2066,3	2763,5	1,9922	6,7080
8,00	170,4	1,1148	0,2404	720,22	2576,8	721,11	2048,0	2769,1	2,0462	6,6628
9,00	175,4	1,1212	0,2150	741,83	2580,5	742,83	2031,1	2773,9	2,0946	6,6226
10,00	179,9	1,1273	0,1944	761,68	2583,6	762,81	2015,3	2778,1	2,1387	6,5863
15,00	198,3	1,1539	0,1318	843,16	2594,5	844,84	1947,3	2792,2	2,3150	6,4448
20,00	212,4	1,1767	0,09963	906,44	2600,3	908,79	1890,7	2799,5	2,4474	6,3409
25,00	224,0	1,1973	0,07998	959,11	2603,1	962,11	1841,0	2803,1	2,5547	6,2575
30,00	233,9	1,2165	0,06668	1004,8	2604,1	1008,4	1795,7	2804,2	2,6457	6,1869
35,00	242,6	1,2347	0,05707	1045,4	2603,7	1049,8	1753,7	2803,4	2,7253	6,1253
40,00	250,4	1,2522	0,04978	1082,3	2602,3	1087,3	1714,1	2801,4	2,7964	6,0701
45,00	257,5	1,2692	0,04406	1116,2	2600,1	1121,9	1676,4	2798,3	2,8610	6,0199
50,00	264,0	1,2859	0,03944	1147,8	2597,1	1154,2	1640,1	2794,3	2,9202	5,9734
60,00	275,6	1,3187	0,03244	1205,4	2589,7	1213,4	1571,0	2784,3	3,0267	5,8892
70,00	285,9	1,3513	0,02737	1257,6	2580,5	1267,0	1505,1	2772,1	3,1211	5,8133
80,00	295,1	1,3842	0,02352	1305,6	2569,8	1316,6	1441,3	2758,0	3,2068	5,7432
90,00	303,4	1,4178	0,02048	1350,5	2557,8	1363,3	1378,9	2742,1	3,2858	5,6772
100	311,1	1,4524	0,01803	1393,0	2544,4	1407,6	1317,1	2724,7	3,3596	5,6141
110	318,2	1,4886	0,01599	1433,7	2529,8	1450,1	1255,5	2705,6	3,4295	5,5527
120	324,8	1,5267	0,01426	1473,0	2513,7	1491,3	1193,6	2684,9	3,4962	5,4924
130	330,9	1,5671	0,01278	1511,1	2496,1	1531,5	1130,7	2662,2	3,5606	5,4323
140	336,8	1,6107	0,01149	1548,6	2476,8	1571,1	1066,5	2637,6	3,6232	5,3717
150	342,2	1,6581	0,01034	1585,6	2455,5	1610,5	1000,0	2610,5	3,6848	5,3098
160	347,4	1,7107	0,009306	1622,7	2431,7	1650,1	930,6	2580,6	3,7461	5,2455
170	352,4	1,7702	0,008364	1660,2	2405,0	1690,3	856,9	2547,2	3,8079	5,1777
180	357,1	1,8397	0,007489	1698,9	2374,3	1732,0	777,1	2509,1	3,8715	5,1044
190	361,5	1,9243	0,006657	1739,9	2338,1	1776,5	688,0	2464,5	3,9388	5,0228
200	365,8	2,036	0,005834	1785,6	2293,0	1826,3	583,4	2409,7	4,0139	4,9269
220,9	374,1	3,155	0,003155	2029,6	2029,6	2099,3	0	2099,3	4,4298	4,4298

Fuente: MORAN, M. J.; SHAPIRO, H. N.; REVERTÉ, E. *Fundamentos de termodinámica técnica*. p. 293.

Anexo 2. Tabla de temperaturas

Temp. °C	Presión bar	Volumen específico m ³ / kg		Energía interna kJ / kg		Entalpía kJ / kg		Entropía kJ / kg K		
		Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor vaporiz. sat.	Líquido sat.	Vapor sat.	
		$v_f \times 10^3$	v_g	u_f	u_g	h_f	h_g	s_f	s_g	
.01	0,00611	1,0002	206,136	0,00	2375,3	0,01	2501,3	2501,4	0,0000	9,1562
4	0,00813	1,0001	157,232	16,77	2380,9	16,78	2491,9	2508,7	0,0610	9,0514
5	0,00872	1,0001	147,120	20,97	2382,3	20,98	2489,6	2510,6	0,0761	9,0257
6	0,00935	1,0001	137,734	25,19	2383,6	25,20	2487,2	2512,4	0,0912	9,0003
8	0,01072	1,0002	120,917	33,59	2386,4	33,60	2482,5	2516,1	0,1212	8,9501
10	0,01228	1,0004	106,379	42,00	2389,2	42,01	2477,7	2519,8	0,1510	8,9008
11	0,01312	1,0004	99,857	46,20	2390,5	46,20	2475,4	2521,6	0,1658	8,8765
12	0,01402	1,0005	93,784	50,41	2391,9	50,41	2473,0	2523,4	0,1806	8,8524
13	0,01497	1,0007	88,124	54,60	2393,3	54,60	2470,7	2525,3	0,1953	8,8285
14	0,01598	1,0008	82,848	58,79	2394,7	58,80	2468,3	2527,1	0,2099	8,8048
15	0,01705	1,0009	77,926	62,99	2396,1	62,99	2465,9	2528,9	0,2245	8,7814
16	0,01818	1,0011	73,333	67,18	2397,4	67,19	2463,6	2530,8	0,2390	8,7582
17	0,01938	1,0012	69,044	71,38	2398,8	71,38	2461,2	2532,6	0,2535	8,7351
18	0,02064	1,0014	65,038	75,57	2400,2	75,58	2458,8	2534,4	0,2679	8,7123
19	0,02198	1,0016	61,293	79,76	2401,6	79,77	2456,5	2536,2	0,2823	8,6897
20	0,02339	1,0018	57,791	83,95	2402,9	83,96	2454,1	2538,1	0,2966	8,6672
21	0,02487	1,0020	54,514	88,14	2404,3	88,14	2451,8	2539,9	0,3109	8,6450
22	0,02645	1,0022	51,447	92,32	2405,7	92,33	2449,4	2541,7	0,3251	8,6229
23	0,02810	1,0024	48,574	96,51	2407,0	96,52	2447,0	2543,5	0,3393	8,6011
24	0,02985	1,0027	45,883	100,70	2408,4	100,70	2444,7	2545,4	0,3534	8,5794
25	0,03169	1,0029	43,360	104,88	2409,8	104,89	2442,3	2547,2	0,3674	8,5580
26	0,03363	1,0032	40,994	109,06	2411,1	109,07	2439,9	2549,0	0,3814	8,5367
27	0,03567	1,0035	38,774	113,25	2412,5	113,25	2437,6	2550,8	0,3954	8,5156
28	0,03782	1,0037	36,690	117,42	2413,9	117,43	2435,2	2552,6	0,4093	8,4946
29	0,04008	1,0040	34,733	121,60	2415,2	121,61	2432,8	2554,5	0,4231	8,4739
30	0,04246	1,0043	32,894	125,78	2416,6	125,79	2430,5	2556,3	0,4369	8,4533
31	0,04496	1,0046	31,165	129,96	2418,0	129,97	2428,1	2558,1	0,4507	8,4329
32	0,04759	1,0050	29,540	134,14	2419,3	134,15	2425,7	2559,9	0,4644	8,4127
33	0,05034	1,0053	28,011	138,32	2420,7	138,33	2423,4	2561,7	0,4781	8,3927
34	0,05324	1,0056	26,571	142,50	2422,0	142,50	2421,0	2563,5	0,4917	8,3728
35	0,05628	1,0060	25,216	146,67	2423,4	146,68	2418,6	2565,3	0,5053	8,3531
36	0,05947	1,0063	23,940	150,85	2424,7	150,86	2416,2	2567,1	0,5188	8,3336
38	0,06632	1,0071	21,602	159,20	2427,4	159,21	2411,5	2570,7	0,5458	8,2950
40	0,07384	1,0078	19,523	167,56	2430,1	167,57	2406,7	2574,3	0,5725	8,2570
45	0,09593	1,0099	15,258	188,44	2436,8	188,45	2394,8	2583,2	0,6387	8,1648
50	0,1235	1,0121	12,032	209,32	2443,5	209,33	2382,7	2592,1	0,7038	8,0763
55	0,1576	1,0146	9,568	230,21	2450,1	230,23	2370,7	2600,9	0,7679	7,9913
60	0,1994	1,0172	7,671	251,11	2456,6	251,13	2358,5	2609,6	0,8312	7,9096
65	0,2503	1,0199	6,197	272,02	2463,1	272,06	2346,2	2618,3	0,8935	7,8310
70	0,3119	1,0228	5,042	292,95	2469,6	292,98	2333,8	2626,8	0,9549	7,7553
75	0,3858	1,0259	4,131	313,90	2475,9	313,93	2321,4	2635,3	1,0155	7,6824
80	0,4739	1,0291	3,407	334,86	2482,2	334,91	2308,8	2643,7	1,0753	7,6122
85	0,5783	1,0325	2,828	355,84	2488,4	355,90	2296,0	2651,9	1,1343	7,5445
90	0,7014	1,0360	2,361	376,85	2494,5	376,92	2283,2	2660,1	1,1925	7,4791
95	0,8455	1,0397	1,982	397,88	2500,6	397,96	2270,2	2668,1	1,2500	7,4159
100	1,014	1,0435	1,673	418,94	2506,5	419,04	2257,0	2676,1	1,3069	7,3549
110	1,433	1,0516	1,210	461,14	2518,1	461,30	2230,2	2691,5	1,4185	7,2387
120	1,985	1,0603	0,8919	503,50	2529,3	503,71	2202,6	2706,3	1,5276	7,1296
130	2,701	1,0697	0,6685	546,02	2539,9	546,31	2174,2	2720,5	1,6344	7,0269
140	3,613	1,0797	0,5089	588,74	2550,0	589,13	2144,7	2733,9	1,7391	6,9299
150	4,758	1,0905	0,3928	631,68	2559,5	632,20	2114,3	2746,5	1,8418	6,8379
160	6,178	1,1020	0,3071	674,86	2568,4	675,55	2082,6	2758,1	1,9427	6,7502
170	7,917	1,1143	0,2428	718,33	2576,5	719,21	2049,5	2768,7	2,0419	6,6663
180	10,02	1,1274	0,1941	762,09	2583,7	763,22	2015,0	2778,2	2,1396	6,5857
190	12,54	1,1414	0,1565	806,19	2590,0	807,62	1978,8	2786,4	2,2359	6,5079
200	15,54	1,1565	0,1274	850,65	2595,3	852,45	1940,7	2793,2	2,3309	6,4323
210	19,06	1,1726	0,1044	895,53	2599,5	897,76	1900,7	2798,5	2,4248	6,3585
220	23,18	1,1900	0,08619	940,87	2602,4	943,62	1858,5	2802,1	2,5178	6,2861
230	27,95	1,2088	0,07158	986,74	2603,9	990,12	1813,8	2804,0	2,6099	6,2146
240	33,44	1,2291	0,05976	1033,2	2604,0	1037,3	1766,5	2803,8	2,7015	6,1437
250	39,73	1,2512	0,05013	1080,4	2602,4	1085,4	1716,2	2801,5	2,7927	6,0730
260	46,88	1,2755	0,04221	1128,4	2599,0	1134,4	1662,5	2796,6	2,8838	6,0019
270	54,99	1,3023	0,03564	1177,4	2593,7	1184,5	1605,2	2789,7	2,9751	5,9301
280	64,12	1,3321	0,03017	1227,5	2586,1	1236,0	1543,6	2779,6	3,0668	5,8571
290	74,36	1,3656	0,02557	1278,9	2576,0	1289,1	1477,1	2766,2	3,1594	5,7821
300	85,81	1,4036	0,02167	1332,0	2563,0	1344,0	1404,9	2749,0	3,2534	5,7045
320	112,7	1,4988	0,01549	1444,6	2525,5	1461,5	1238,6	2700,1	3,4480	5,5362
340	145,9	1,6379	0,01080	1570,3	2464,6	1594,2	1027,9	2622,0	3,6594	5,3357

Fuente: MORAN, M. J.; SHAPIRO, H. N.; REVERTÉ, E. *Fundamentos de termodinámica técnica*. p. 294.

Anexo 3. Tabla de sobrecalentamiento

Temp. °C	Presión bar	Volumen específico m ³ / kg		Energía interna kJ / kg		Entalpia kJ / kg			Entropia kJ / kg K	
		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Vapor	Líquido	Vapor
		sat, v _f x 10 ⁻³	sat, v _g	sat, u _f	sat, u _g	sat, h _f	vaporiz. h _{fg}	sat, h _g	sat, s _f	sat, s _g
360	186,5	1,8925	0,006945	1725,2	2351,5	1760,5	720,5	2481,0	3,9147	5,0526
374,14	220,9	3,155	0,003155	2029,6	2029,6	2099,3	0	2099,3	4,4298	4,4298

Propiedades del agua, vapor sobrecalentado

T °C	v m ³ /kg	u kJ / kg	h kJ / kg	s kJ / kg K
---------	-------------------------	--------------	--------------	----------------

v m ³ /kg	u kJ / kg	h kJ / kg	s kJ / kg K
-------------------------	--------------	--------------	----------------

P = 0,06 bar = 0,006 MPa (T _{sat} = 36,16°C)				
Sat,	23,739	2425,0	2567,4	8,3304
80	27,132	2487,3	2650,1	8,5804
120	30,219	2544,7	2726,0	8,7840
160	33,302	2602,7	2802,5	8,9693
200	36,383	2661,4	2879,7	9,1398
240	39,462	2721,0	2957,8	9,2982
280	42,540	2781,5	3036,8	9,4464
320	45,618	2843,0	3116,7	9,5859
360	48,696	2905,5	3197,7	9,7180
400	51,774	2969,0	3279,6	9,8435
440	54,851	3033,5	3362,6	9,9633
500	59,467	3132,3	3489,1	10,1336

p = 0,35 bar = 0,035 MPa (T _{sat} = 72,69°C)			
4,526	2473,0	2631,4	7,7158
4,625	2483,7	2645,6	7,7564
5,163	2542,4	2723,1	7,9644
5,696	2601,2	2800,6	8,1519
6,228	2660,4	2878,4	8,3237
6,758	2720,3	2956,8	8,4828
7,287	2780,9	3036,0	8,6314
7,815	2842,5	3116,1	8,7712
8,344	2905,1	3197,1	8,9034
8,872	2968,6	3279,2	9,0291
9,400	3033,2	3362,2	9,1490
10,192	3132,1	3488,8	9,3194

p = 0,70 bar = 0,07 MPa (T _{sat} = 89,95°C)				
Sat,	2,365	2494,5	2660,0	7,4797
100	2,434	2509,7	2680,0	7,5341
120	2,571	2539,7	2719,6	7,6375
160	2,841	2599,4	2798,2	7,8279
200	3,108	2659,1	2876,7	8,0012
240	3,374	2719,3	2955,5	8,1611
280	3,640	2780,2	3035,0	8,3162
320	3,905	2842,0	3115,3	8,4504
360	4,170	2904,6	3196,5	8,5828
400	4,434	2968,2	3278,6	8,7086
440	4,698	3032,9	3361,8	8,8286
500	5,095	3131,8	3488,5	8,9991

p = 1,0 bar = 0,10 MPa (T _{sat} = 99,63°C)			
1,694	2506,1	2675,5	7,3594
1,696	2506,7	2676,2	7,3614
1,793	2537,3	2716,6	7,4668
1,984	2597,8	2796,2	7,6597
2,172	2658,1	2875,3	7,8343
2,359	2718,5	2954,5	7,9949
2,546	2779,6	3034,2	8,1445
2,732	2841,5	3114,6	8,2849
2,917	2904,2	3195,9	8,4175
3,103	2967,9	3278,2	8,5435
3,288	3032,6	3361,4	8,6636
3,565	3131,6	3488,1	8,8342

p = 1,5 bar = 0,15 MPa (T _{sat} = 111,37°C)				
Sat,	1,159	2519,7	2693,6	7,2233
120	1,188	2533,3	2711,4	7,2693
160	1,317	2595,2	2792,8	7,4665
200	1,444	2656,2	2872,9	7,6433
240	1,570	2717,2	2952,7	7,8052
280	1,695	2778,6	3032,8	7,9555
320	1,819	2840,6	3113,5	8,0964
360	1,943	2903,5	3195,0	8,2293
400	2,067	2967,3	3277,4	8,3555
440	2,191	3032,1	3360,7	8,4757
500	2,376	3131,2	3487,6	8,6466
600	2,685	3301,7	3704,3	8,9101

p = 3,0 bar = 0,30 MPa (T _{sat} = 133,55°C)			
0,606	2543,6	2725,3	6,9919
0,651	2587,1	2782,3	7,1276
0,716	2650,7	2865,5	7,3115
0,781	2713,1	2947,3	7,4774
0,844	2775,4	3028,6	7,6299
0,907	2838,1	3110,1	7,7722
0,969	2901,4	3192,2	7,9061
1,032	2965,6	3275,0	8,0330
1,094	3030,6	3358,7	8,1538
1,187	3130,0	3486,0	8,3251
1,341	3300,8	3703,2	8,5892

P = 5,0 bar = 0,50 MPa (T _{sat} = 151,86°C)				
Sat	0,3749	2561,2	2748,7	6,8213
180	0,4045	2609,7	2812,0	6,9656
200	0,4249	2642,9	2855,4	7,0592
240	0,4646	2707,6	2939,9	7,2307
280	0,5034	2771,2	3022,9	7,3865
320	0,5416	2834,7	3105,6	7,5308
360	0,5796	2898,7	3188,4	7,6660
400	0,6173	2963,2	3271,9	7,7938
440	0,6548	3028,6	3356,0	7,9152
500	0,7109	3128,4	3483,9	8,0873
600	0,8041	3299,6	3701,7	8,3522
700	0,8969	3477,5	3925,9	8,5952

p = 7,0 bar = 0,70 MPa (T _{sat} = 164,97°C)			
0,2729	2572,5	2763,5	6,7080
0,2847	2599,8	2799,1	6,7880
0,2999	2634,8	2844,8	6,8865
0,3292	2701,8	2932,2	7,0641
0,3574	2766,9	3017,1	7,2233
0,3852	2831,3	3100,9	7,3697
0,4126	2895,8	3184,7	7,5063
0,4397	2960,9	3268,7	7,6350
0,4667	3026,6	3353,3	7,7571
0,5070	3126,8	3481,7	7,9299
0,5738	3298,5	3700,2	8,1956
0,6403	3476,6	3924,8	8,4391

Fuente: MORAN, M. J.; SHAPHIRO, H. N.; REVERTÉ, E. *Fundamentos de termodinámica técnica*. p. 294.

