



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**"ESTUDIO PARA SELECCIÓN, DISEÑO DE INSTALACIONES,
PLAN DE MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DE LOS
CALDEROS PARA LA PISCINA SEMI-OLÍMPICA DEL
BALNEARIO TURÍSTICO LOS ELENES DEL CANTÓN GUANO"**

GUANANGA MORENO ANDRÉS MARCELO

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Riobamba – Ecuador

2017

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-10-28

Yo recomiendo que la Tesis elaborada por:

ANDRÉS MARCELO GUANANGA MORENO

Titulada:

“ESTUDIO PARA SELECCIÓN, DISEÑO DE INSTALACIONES, PLAN DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO DE LOS CALDEROS PARA LA PISCINA SEMI-OLÍMPICA DEL BALNEARIO TURÍSTICO LOS ELENES DEL CANTÓN GUANO”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Carlos José Santillán Mariño

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes Msc.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez Msc.

ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ANDRÉS MARCELO GUANANGA MORENO

TÍTULO DE LA TESIS: “ESTUDIO PARA SELECCIÓN, DISEÑO DE INSTALACIONES, PLAN DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO DE LOS CALDEROS PARA LA PISCINA SEMI-OLÍMPICA DEL BALNEARIO TURÍSTICO LOS ELENES DEL CANTÓN GUANO”

Fecha de Examinación: 2017-10-13

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Geovanny Guillermo Novillo Andrade PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes Msc. DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez Msc. ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Geovanny Guillermo Novillo Andrade

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Andrés Marcelo Guananga Moreno

DEDICATORIA

El esfuerzo de años de sacrificio de mi madre, mi padre y mis hermanos están reflejados en la culminación de una etapa más de mi vida, la cual he logrado con éxito. Para mi abuelita Delia y sobre todo para mi hijo Elías Andrés quienes sé que desde algún lugar en el cielo me cuidan, para ellos va dedicado el logro de este trabajo.

Te amo Eliitas. La eternidad no será suficiente para estar juntos.

Andrés Marcelo Guananga Moreno

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil a la sociedad.

En especial para mis padres, hermanos quienes con arduo e incansable sacrificio marcaron la senda para que yo caminara a paso firme hasta alcanzar exitoso el final de este largo camino, también como no agradecer a mi esposa que supo apoyarme, animarme en los momentos difíciles, así como también compartir los momentos de alegría, a mis amigos que siempre estuvieron ahí a todo momento, a todos los compañeros y personas que con los que compartí mi vida estudiantil. A todos muchas gracias.

Andrés Marcelo Guananga Moreno

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I	
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	
1.1 Antecedentes.....	1
1.1.1 <i>Formulación del problema</i>	3
1.2 Justificación.....	3
1.2.1 <i>Justificación técnico – económica</i>	3
1.2.2 <i>Alcance</i>	5
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	5
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	5
CAPÍTULO II	
2. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO	
2.1 Marco conceptual.....	7
2.1.1 <i>Clasificación de calderas</i>	7
2.1.2 <i>Partes principales de una caldera</i>	8
2.2 Marco teórico.....	11
2.2.1 <i>Equipos e instalaciones existentes</i>	11
2.2.2 <i>Caldera pirotubular horizontal</i>	11
2.2.3 <i>Quemador</i>	12
2.2.4 <i>Tanque de almacenamiento de agua de uso diario y condensado</i>	13

2.2.5	<i>Bomba de agua</i>	13
2.2.6	<i>Instalaciones existentes</i>	14
2.2.7	<i>Presóstato cola de cerdo</i>	17
2.2.8	<i>McDonnell</i>	17
2.2.9	<i>Válvula de seguridad</i>	18
2.2.10	<i>Cajetín de distribución</i>	19
2.2.11	<i>Tanque de almacenamiento de combustible</i>	19
2.2.12	<i>Resumen de los equipos e instalaciones existentes</i>	20
2.2.13	<i>Teorías para el cálculo de las variables a tomar en cuenta para la selección de la caldera</i>	21
2.2.14	<i>Equipos a seleccionar</i>	24
2.3	Normativa	28
2.3.1	<i>Estampe ASME para calderas</i>	28
2.3.2	<i>Esquema para la identificación de tuberías</i>	30
2.3.3	<i>Mantenimiento de la caldera</i>	32
2.3.4	<i>Mantenimiento preventivo</i>	32
2.3.5	<i>Mantenimiento correctivo</i>	33
2.3.6	<i>Mantenimiento predictivo</i>	34
2.3.7	<i>Codificación de los equipos de la sala de caldera</i>	34

CAPÍTULO III

3.	RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PARA LA NUEVA CALDERA Y SU EQUIPAMIENTO	
3.1	Análisis de la información de los calderos antiguos, su equipamiento e instalaciones	36
3.1.1	<i>Evaluación de la caldera existente</i>	36
3.1.2	<i>Resultados de la evaluación</i>	40
3.1.3	<i>Análisis de los resultados obtenidos</i>	40
3.2	Planificación para la toma de datos	41

3.3	Análisis de variables físicas a medir	41
3.4	Toma de datos	42
3.5	Análisis de los datos tomados	43

CAPÍTULO IV

4.	CÁLCULO DE LAS VARIABLES PARA LA SELECCIÓN DE LA NUEVA CALDERA Y SU EQUIPAMIENTO	
4.1	Interpretación de los datos obtenidos de las variables de la caldera	45
4.1.1	<i>Cálculo de las variables de la caldera</i>	45
4.1.2	<i>Análisis de los resultados obtenidos de las variables de la caldera</i>	55
4.1.3	<i>Selección de la caldera</i>	55
4.2	Interpretación de los datos obtenidos de las variables del ablandador de agua	56
4.2.1	<i>Cálculo de las variables del ablandador de agua</i>	56
4.2.2	<i>Análisis de los resultados obtenidos de las variables del ablandador de agua</i>	58
4.2.3	<i>Selección del ablandador</i>	59
4.3	Interpretación de los datos obtenidos de las variables de la bomba de agua	61
4.3.1	<i>Calculo de las variables de la bomba</i>	61
4.3.2	<i>Análisis de los resultados obtenidos de las variables de la bomba</i>	63
4.3.3	<i>Selección de la bomba</i>	64
4.4	Selección del sistema de inyección de químicos	64
4.5	Selección del intercambiador de calor	65

CAPÍTULO V

5.	DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES PARA LA NUEVA CALDERA, SU EQUIPAMIENTO Y LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE FLUIDOS	
5.1	Distribución de instalaciones entre la caldera y sus equipos de funcionamiento	67

5.1.1	<i>Cálculo de pérdidas de calor en la tubería de vapor</i>	68
5.2	Distribución de las instalaciones de alimentación de agua	74
5.3	Distribución de las instalaciones de alimentación de combustible	75
5.3.1	<i>Tanque de almacenamiento de combustible</i>	75
5.3.2	<i>Tanque de consumo diario de combustible</i>	77
5.4	Distribución de las instalaciones para la emisión de los gases de combustión	79

CAPÍTULO VI

6.	PLAN DE MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DE LA NUEVA CALDERA, EQUIPOS E INSTALACIONES	
6.1	Plan de mantenimiento	82
6.1.1	<i>Equipos de la sala de caldera</i>	85
6.2	Codificación de equipos	85
6.3	Plan de mantenimiento del sistema de generación de vapor	86
6.4	Plan de mantenimiento del sistema de alimentación de agua	88
6.5	Plan de mantenimiento del sistema de alimentación de combustible	90
6.6	Plan de mantenimiento del sistema de inyección de químicos	91
6.7	Plan de mantenimiento predictivo del sistema	92
6.8	Plan de seguridad de la sala de caldera	94
6.8.1	<i>Anclaje, estructura y soporte para la caldera</i>	95
6.8.2	<i>Riesgos a la salud humana en la operación de la caldera</i>	95
6.8.3	<i>Riesgos de incendio y explosión</i>	97
6.8.4	<i>Riesgos de contaminación atmosférica</i>	99
6.8.5	<i>Prevención y control de riesgos</i>	99
6.8.6	<i>Caja de enfriamiento del agua de purga</i>	101
6.8.7	<i>Ventilación de la sala de caldera</i>	101
6.8.8	<i>Iluminación de la sala de caldera</i>	101
6.8.9	<i>Almacenamiento y manejo de combustibles</i>	102

6.8.10	<i>Sistemas de control de incendios</i>	104
6.8.11	<i>Números de emergencia</i>	105
6.8.12	<i>Control de contaminación atmosférica</i>	105
6.8.13	<i>Prevención en las etapas de la operación normal y de mantenimiento de la caldera</i>	106
6.8.14	<i>Señalización ética de la sala de caldera y sus equipos</i>	110

CAPITULO CAPÍTULO VII

7. COSTOS

7.1	Costos de generación iniciales	112
7.2	Costos de pérdidas	112
7.3	Análisis económico	112
7.4	Costos de equipos y accesorios	113
7.5	Costos de instalación	114
7.5.1	<i>Costo de mano de obra</i>	115
7.6	Costos directos	115
7.7	Costos indirectos	115
7.8	Inversión	116
7.9	Costos de operación y mantenimiento	116
7.10	Análisis costo – beneficio	117
7.10.1	<i>Salvamento de la inversión</i>	117
7.10.2	<i>Depreciación anual</i>	118
7.10.3	<i>Costos anteriores de inversión</i>	119
7.10.4	<i>Análisis costo –beneficio en función de gastos</i>	121
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
8.1	Conclusiones	123
8.2	Recomendaciones	124

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-2. Estado y funcionalidad de los equipos existentes.....	20
Tabla 2-2. Comparación de los tipos de mantenimiento en función de costos..	34
Tabla 1-3. Método ASME, eficiencia para calderos.....	36
Tabla 2-3. Consumo de combustible de la caldera existente.....	39
Tabla 3-3. Evaluación de la caldera existente.....	40
Tabla 4-3. Datos de variables en la puerta de ingreso (a).....	42
Tabla 5-3. Datos de variables dentro de la cubierta (a).....	42
Tabla 6-3. Datos de variables en el agua de la piscina (a).....	43
Tabla 7-3. Datos de variables en la puerta de ingreso (b).....	43
Tabla 8-3. Datos de variables dentro de la cubierta (b).....	43
Tabla 9-3. Datos de variables en el agua de la piscina (b).....	43
Tabla 1-4. Humedades absolutas del aire saturado.....	46
Tabla 2-4. Características de la caldera seleccionada.....	56
Tabla 3-4. Características del ablandador de agua seleccionado.....	60
Tabla 4-4. Características bomba centrífuga.....	64
Tabla 5-4. Características del sistema de inyección de químicos.....	65
Tabla 6-4. Características del intercambiador de calor.....	66
Tabla 1-5. Características de tubería seleccionadas.....	68
Tabla 2-5. Características tanque de condensado.....	75
Tabla 3-5. Características tanque de combustible.....	77
Tabla 4-5. Características tanque de consumo diario de combustible.....	79
Tabla 1-6. Programa de mantenimiento de la caldera y sus equipos.....	85
Tabla 2-6. Codificación de equipos.....	86
Tabla 3-6. Inspecciones de mantenimiento diario-semanal del sistema de generación de vapor.....	88
Tabla 4-6. Inspecciones de mantenimiento diario-semanal del sistema	

de alimentación de agua.....	90
Tabla 5-6. Inspecciones de mantenimiento diario-semanal del sistema de alimentación de combustible.....	91
Tabla 6-6. Inspecciones de mantenimiento diario-semanal del sistema de inyección de químico.....	92
Tabla 7-6. Señalización ética de equipos y lugares de la sala de caldera.....	111
Tabla 1-7. Costo de equipos para caldera.....	113
Tabla 2-7. Costo de accesorios e implementos para las tuberías y equipos de caldera.....	114
Tabla 3-7. Costo de mano de obra en la instalación de tuberías y equipos de la caldera.....	115
Tabla 4-7. Costos directos de la instalación de caldera.....	115
Tabla 5-7. Costos indirectos.....	116
Tabla 6-7. Costos totales.....	116
Tabla 7-7. Costo de consumo de combustible.....	116
Tabla 8-7. Costos por mantenimiento.....	116
Tabla 9-7. Costos totales de operación y mantenimiento.....	117
Tabla 10-7. Ingreso de usuarios promedio con la piscina temperada Correctamente.....	117
Tabla 11-7. Flujo de caja.....	119
Tabla 12-7. Gastos de calderas y equipos mal seleccionados.....	120
Tabla 13-7. Ingreso de usuarios promedio con la piscina sin temperar Correctamente.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-1. Ubicación Balneario.....	1
Figura 2-1. Ruta ESPOCH-Los Elenes.....	1
Figura 1-2. Clasificación de calderas.....	7
Figura 2-2. Partes principales de una caldera.....	8
Figura 3-2. Caldera pirotubular horizontal existente.....	12
Figura 4-2. Quemador existente.....	12
Figura 5-2. Tanque de almacenamiento de agua y condensado existente.....	13
Figura 6-2. Bomba de agua centrifuga existente.....	14
Figura 7-2. Tuberías PVC 4’’ existentes.....	14
Figura 8-2. Tuberías de acero 1 ½ ‘’ existentes.....	15
Figura 9-2. Tuberías PVC 1/2’’ existentes.....	15
Figura 10-2. Línea de purga baja.....	16
Figura 11-2. Línea de purga alta.....	16
Figura 12-2. Presóstato cola de cerdo existente.....	17
Figura 13-2. McDonnel existente.....	18
Figura 14-2. Válvula de seguridad existente.....	18
Figura 15-2. Cajetín de distribución.....	19
Figura 16-2. Tanque de almacenamiento de combustible.....	19
Figura 17-2. Accesorios de calderas.....	23
Figura 18-2. Caldera pirotubular horizontal y accesorios.....	24
Figura 19-2. Colores de tubería.....	30
Figura 20-2. Colores de texto de identificación y flujo de tubería.....	31
Figura 21-2. Dimensión del texto de identificación de tubería.....	31
Figura 22-2. Identificación externa con diámetros de tuberías menores a ¾ pulg.....	32
Figura 1-4. Ablandador de agua.....	60
Figura 1-5. Diagrama del circuito de circulación de la caldera.....	67

Figura 2-5. Diagrama corte de seccional de tubería.....	68
Figura 3-5. Relación de vapor generado con el tipo de combustible.....	80

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1-1. Análisis de concurrencia al Balneario.....	4
Gráfico 1-4. Perdidas de combustible por incrustaciones.....	59
Gráfico 2-4. Grafica de selección de bomba y motor de inyección de químicos	65
Gráfico 1-5. Diámetro recomendado de chimeneas para un rango determinado de caudal de humos.....	80

ANEXOS

- Anexo A.** Catálogo de selección de calderas pirotubulares horizontales.
- Anexo B.** Catálogo de selección de las dimensiones del tanque de condensado.
- Anexo C.** Catálogo para la selección de ablandadores de agua.
- Anexo D.** Catálogo de bombas de desplazamiento positivo para inyección de químico.
- Anexo E.** Catálogo para selección de tuberías de acero
- Anexo F.** Catálogo para selección de tuberías PVC.
- Anexo G.** Catálogo de aislante térmico (cañuela)
- Anexo H.** Catálogo de aislante térmico (fibra de vidrio)
- Anexo I.** Catálogo de dimensionamiento de tanques de almacenamiento de combustible.
- Anexo J.** Catálogo de selección de intercambiadores de calor para piscinas con caldera.
- Anexo K.** Dimensiones del intercambiador de calor GL140-3708-2
- Anexo L.** Hoja de aspectos técnicos de la caldera
- Anexo M.** Tabla de inspección de seguridad.
- Anexo N.** Hoja de autorización para las tareas que comprenden riesgo para el personal.

PLANOS

Plano 1: Balneario turístico Los Elenes

Plano 2: Zona de estudio piscina y sala de caldera

Plano 3: Sala de caldera acotación de equipos

Plano 4: Sala de caldera acotación de tuberías

Plano 5: Distribución esquemática de la sala de caldera

RESUMEN

El principal objetivo es elaborar un estudio para selección, diseño de instalaciones, plan de mantenimiento y seguridad de las nuevas calderas para la piscina semi-olímpica del balneario turístico Los Elenes del Cantón Guano, el cual incluirá cálculos de selección de equipos, diseño de distribución de instalaciones de la sala de caldera. La metodología a seguir es; primero proceder a la recolección de todos datos en la piscina y su ambiente como son; temperaturas, humedades relativas, volúmenes de agua, caudales. Mediante el cálculo de la carga térmica enfocados en la normativa ASME PTC 4.0 2008 y otras consideraciones generales para seleccionar los equipos adecuados para el sistema de generación de vapor; también en base a las normativas ANSI A13.1, ISO 9001, OHSAS 18001, ISO 14001, así como las leyes vigentes en nuestro país se procederá a diseñar la distribución de sus instalaciones, realizar un plan de mantenimiento, elaborar un plan de seguridad para salvaguardar la integridad del personal, ambiente y equipos del sistema. Se realizará un análisis de costos en función de beneficios y gastos del balneario para la factibilidad de ejecución y puesta en marcha de este estudio por parte del GAD del cantón Guano. Finalmente, luego de haber realizado la interpretación bajo normalización y criterio técnico de todos los resultados obtenidos se concluirá con la selección de los equipos necesarios para el sistema de generación de vapor que constará de una caldera pirotubular horizontal, un sistema de ablandamiento de agua, un sistema de alimentación de agua, un sistema de alimentación de combustible, un sistema de inyección de químicos y un intercambiador de calor. Además, se recomendará prestar la atención debida a todos los criterios mencionados en el presente trabajo para instalar un sistema eficiente, seguro y que preste facilidades a la hora de realizar mantenimientos.

Palabras Claves: <GENERADOR DE VAPOR (Caldera)>, <DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES>, <PLAN DE MANTENIMIENTO>, <PLAN DE SEGURIDAD>, <ANÁLISIS DE COSTOS>, <GUANO (CANTÓN)>.

ABSTRACT

The main objective is to carry out a study for the selection, design of facilities, maintenance plan and safety of the new boilers for the semi-olympic swimming spa Los Elenes, in Guano Cantón. It includes calculations of equipment selection, desing of distribution facilities of the boiler room. The methodology to follow is; first proceed to collect all the data in the pool and its environment such as; temperature, relative humidities, volume of water, flows. Through ASME PTC 4.0 2008 and other general considerations to select the appropriate equipment for the steam generation system; also based on the ANSI A13.1, ISO 9001, OHSAS 18001, ISO 14001 regulations, as well as the existing laws in our country. It will proceed to desing the distribution of the facilities, a maintenance plan was prepared, a security plan safeguard the integrity of the personnel, environment and equipment of the system. A cost analysis has been carried out according to the benefits and expenses of the spa for the feasibility of execution and implementation of this study by GAD of Guano Cantón. Finally, after the interpretation under standardization and technical criteria of all the results were performed. It will conclude with the selection of the necessary equipment for the steam generation system that will consist of a horizontal shell boiler, a water softening system, a water supply system, fuel supply system, chemical injection system and a calorie exchanger. In addition, it is recommended to pay attention to all the criteria established in this work to install an efficient, safe system that provides facilities for maintenance.

Keywords: <STEAM GENERATOR (Boiler)>, <DISTRIBUTION OF FACILITIES>, <MAINTENANCE PLAN>, <SECURITY PLAN>, <COST ANALYSIS>, <GUANO (CANTÓN)>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Antecedentes

El balneario turístico Los Elenes está ubicado en la provincia de Chimborazo, cantón Guano en la parte Sur-Este del mismo, fue reestructurado en el año 2009 con un monto inicial de \$ 2000000,00 (dos millones de dólares americanos), tiene una capacidad de acogida para 3000 personas aproximadamente. (VILLACIS, 2014). Véase ubicación en las figuras 1-1 y 2-1.

En este balneario dispone de una piscina semi-olímpica, que es calentada por un sistema de generación de vapor, en el cual enfocaremos nuestro estudio.

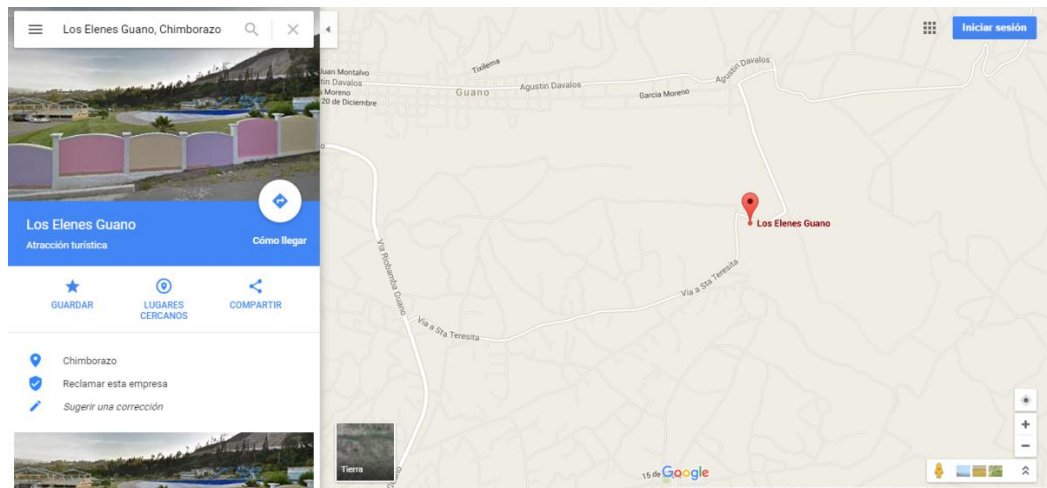


Figura 1-1. Ubicación balneario
Fuente:(google geography science, 2016)

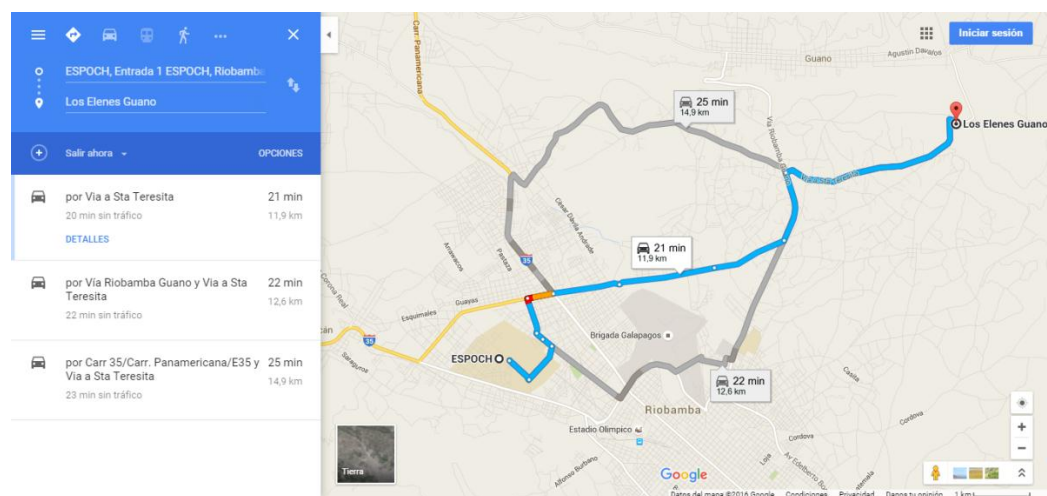


Figura 2-1. Ruta ESPOCH-Los Elenes
Fuente:(google geography science, 2016)

A partir de la Revolución Industrial se han venido dando cambios para facilitar el trabajo del hombre en el amplio campo de la industria, hasta inicios del siglo XIX se utilizaron las calderas en la industria de las vestimentas, produciendo vapor de secado, así en 1769 Dionisio Papín diseñó la primera caldera de pequeñas dimensiones, la misma que fue desarrollada en 1779 por James Watt con la finalidad de utilizarla para accionar bombas de agua, desde este acontecimiento inicio la utilización de los diferentes tipos de calderas en distintas aéreas industriales y de interés social.

Hoy en día se puede encontrar trabajando a una caldera en distintos lugares donde es indispensable para el funcionamiento de estos. Se puede encontrar una alta gama de calderas en el mercado, según la necesidad y las características que el usuario desee para su actividad productiva. El objetivo de estas generalmente es producir vapor para calentar distintos medios que sean requeridos en el proceso de producción de un servicio. Uno de estos campos, es el de la recreación acuática donde intervienen las calderas y todo su conjunto de equipos de funcionamiento.

Los ablandadores de agua son indispensables para el buen funcionamiento y la vida útil de una caldera, puesto que son los encargados del proceso de ablandamiento del agua que va a ingresar a la caldera, con el objetivo de evitar daños producidos por las incrustaciones que provoca el agua, debido a agentes de magnesio y calcio que contiene. Estos son un tipo especial de filtro que eliminan el magnesio y el calcio mediante tanques en serie que se auto limpian con un sistema de regeneración, los ablandadores de agua constan de tres partes esenciales; un tanque de minerales, un tanque de salmuera y una válvula de control.

Las bombas de alimentación de agua para calderas comúnmente utilizadas son las bombas centrífugas. Están compuestas de diversos elementos mecánicos entre los que se destaca el impulsor que se encuentra dentro de una carcasa, este es el elemento que transmite presión al agua mediante su movimiento giratorio, en esta bomba la entrada y salida del líquido es continua por no poseer válvulas de control.

Las Tuberías y accesorios recomendados para el correcto funcionamiento de los calderos son de acero negro las cuales generalmente son utilizadas en sistemas de generación de vapor debido a su alta resistencia a elevadas temperaturas y presiones, así como también baja pérdida de calor del fluido hacia el ambiente.

Los tanques de almacenamiento de combustible y condensando que para este tipo de función son recipientes metálicos y cilíndricos, necesarios también para el correcto funcionamiento del

sistema de generación de vapor mediante calderas, debido a su importancia por ser los que abastezcan y sirvan de almacenamiento de combustible y agua de alimentación para el funcionamiento de una caldera.

1.1.1 *Formulación del problema*

El cantón Guano teniendo como una fuente de ingresos económicos al balneario turístico Los Elenes, por sus tan conocidas piscinas de aguas termales, entre ellas la piscina semi-olímpica, la cual se caracteriza por ser cubierta y disponer de agua caliente para la recreación de sus usuarios. Sin embargo, en los últimos años la asistencia de turistas al balneario ha disminuido considerablemente, lo que ha generado importantes pérdidas económicas para el municipio. Esto por la falta de prestación de un buen servicio de calentamiento de agua enfocado en la piscina semi-olímpica, lo cual a su vez nace por el mal funcionamiento del sistema de calentamiento de agua, que se origina por la decadencia, deterioro y daños tempranos de la caldera instalada, ya sea por falta de mantenimiento, de su manejo y manipulación incorrectas y sobre todo por la inapropiada selección de la caldera existente.

En la mayoría de complejos y balnearios turísticos del cantón Guano, se instalan calderas sin tomar en cuenta los distintos criterios técnicos y profesionales ya sea por razones económicas o simplemente por falta de conocimiento, esto llevado al excesivo gasto en el mantenimiento de sus calderas e inclusive también el daño definitivo de las mismas, lo cual han generado paros no programados, conllevando así a la suspensión del servicio de sus piscinas.

Es así que tomando en cuenta la normativa, criterios técnicos y leyes vigentes, es preciso levantar información de los distintos parámetros que se deben tomar en cuenta para un correcto calentamiento del agua de la piscina semi-olímpica y con ello realizar un estudio para la correcta selección del sistema de calentamiento de agua, distribución de sus instalaciones, planes de mantenimiento y seguridad de los equipos que intervendrán en este sistema.

1.2 *Justificación*

1.2.1 *Justificación técnico – económica*

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guano, mediante su Dirección Económica Social y Ambiental, que se encarga de administrar el correcto funcionamiento del Balneario Los Elenes ubicado en el cantón antes mencionado, al personal que labora en el sitio, así como también la maquinaria del que depende, por esta razón se ha destinado una gran inversión de

recursos económicos y humanos, pero hoy en día la sala de caldera, en si la caldera, bombas, tuberías, accesorios, instalaciones, etc.; se encuentran en mal estado sin la oportunidad de ser repotenciadas debido principalmente a la incorrecta selección de la caldera y sus equipos, al mal uso y manejo que se los ha venido dando a lo largo de toda su vida útil, además del diseño rustico y carente de parámetros técnicos de sus instalaciones. Lo que ha llevado al deterioro de la mayoría de los equipos antes mencionados; dándonos como resultado la falta de calentamiento adecuado del agua de la piscina semi-olímpica, ocasionando inclusive la atención irregular de esta piscina al público, lo cual conlleva a que en ocasiones los asistentes ya no dispongan de la piscina y por este motivo dejen de asistir al balneario frecuentemente. Siendo esto un obstáculo para el desarrollo turístico del Cantón Guano considerando que el balneario Los Elenes es una de sus principales fuentes turísticas y económicas, este factor es tomado en cuenta por la pérdida de asistencia del público, basado en los reportes de ingresos económicos del balneario de los primeros semestres de los años 2014, 2015 y 2016; que maneja el Departamento de Turismo de este cantón (gráfico 1-1).



Gráfico 1-1. Análisis de Concurrencia al balneario

Fuente: (GAD municipal del cantón Guano, 2016)

Razón suficiente para que sea necesario un estudio de selección de un sistema de generación de vapor y sus respectivos equipos para el calentamiento del agua de la piscina semi-olímpica de este Balneario, los mismos que serán seleccionados de manera técnica basados en la normativa, leyes vigentes del estado y en un riguroso estudio de los diversos factores necesarios para el cálculo correcto de la potencia necesaria y la adecuada eficiente de los mismos.

El diseño de la distribución de las instalaciones para la circulación de fluidos (agua, vapor y combustible) será en base la normativa vigente teniendo en cuenta los diversos factores que serán de suma importancia para mantener el correcto funcionamiento de los equipos a los cuales

se hizo referencia.

El plan del mantenimiento de los nuevos equipos seleccionados, será el eje fundamental para evitar daños en los equipos ocasionados por la falta de mantenimiento, así como también por la manipulación de personal que no esté capacitado o sea inexperimentado en el manejo y control de los equipos seleccionados, esto permitirá mantener la correcta eficiencia de los equipos. Con el plan de mantenimiento se incluirá un plan de seguridad, para así precautelar la integridad de los trabajadores de este sitio, evitar eventos de contaminación ambiental y a su vez no tener pérdidas económicas por daños en los equipos que afecten al GAD Municipal del Cantón Guano.

1.2.2 Alcance

El presente estudio tiene como finalidad conseguir una solución para alcanzar el eficiente calentamiento del agua de la piscina semi-olímpica con la selección de un sistema de generación de vapor y sus equipos tengan la potencia, rendimiento y funcionamiento adecuados para realizar este trabajo, esto luego de analizar factores causales, económicos, ambientales, disposición de espacio físico, manejo de equipos, seguridad, entre otros, que nos permita el adecuado funcionamiento de la piscina dentro de los estándares técnicos necesarios; así como también el diseño correcto y técnicamente distribuido de sus instalaciones en la sala de caldera con sus respectivos planes de seguridad y mantenimiento. Este estudio servirá como propuesta y guía para el GAD municipal del cantón Guano en la selección apropiada de manera técnica y profesional de los equipos necesarios para el correcto calentamiento del agua de la piscina semi-olímpica del balneario turístico Los Elenes.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar un estudio para selección, diseño de instalaciones, plan de mantenimiento y seguridad de la nueva caldera para la piscina semi-olímpica del balneario turístico Los Elenes del Cantón Guano.

1.3.2 Objetivos específicos

Seleccionar una nueva caldera y sus respectivos equipos para la piscina semi-olímpica del balneario turístico Los Elenes.

Diseñar la distribución de las instalaciones para la circulación de los fluidos (agua, vapor y combustible).

Elaborar un plan de seguridad y mantenimiento para la nueva caldera y sus equipos de funcionamiento.

CAPÍTULO II

2. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

Calderas pirotubulares (tubos de fuego) son las que más prevalecen en el uso industrial así como comercial, debido a su configuración dispuesta para cubrir las necesidades de transferencia térmica necesarias, ésta y otras características más hacen que se clasifique en tubulares horizontales (HRT), acuotubulares, de presión baja, de presión media, de presión alta, súper críticas, chicas, medianas, grandes, de combustibles líquidos, de combustibles gaseosos, de combustibles sólidos, de circulación natural, de circulación asistida, de circulación forzada, radiantes, convectivos, de calentamiento indirecto.

2.1.1 Clasificación de calderas.

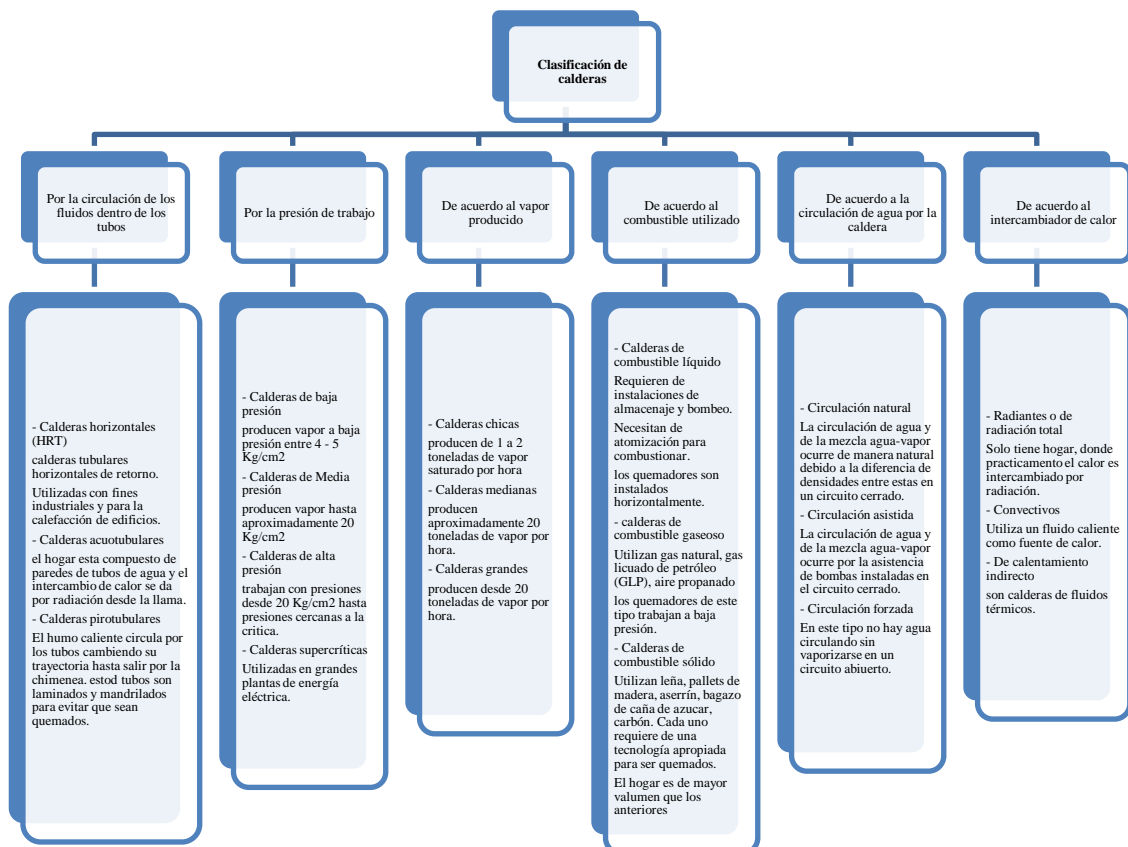


Figura 1-2. Clasificación de calderas

Fuente: Autor

Por lo cual todos y cada uno de estos puntos se toman como un factor indispensable para el inicio de una selección de calderas para el uso del calentamiento de agua en la piscina semi-

olímpica del balneario turístico Los Elenes.

2.1.2 Partes principales de una caldera

En este punto se tratarán sólo aquellas partes relevantes propias del diseño de las calderas pirotubulares horizontales por ser las calderas más utilizadas y comercializadas en el campo de la generación de vapor. Debido a que cada caldera dispone de partes características, es muy difícil atribuir a todas ellas un determinado componente. En razón a lo anterior se analizarán las partes principales de las calderas pirotubulares horizontales en forma general.

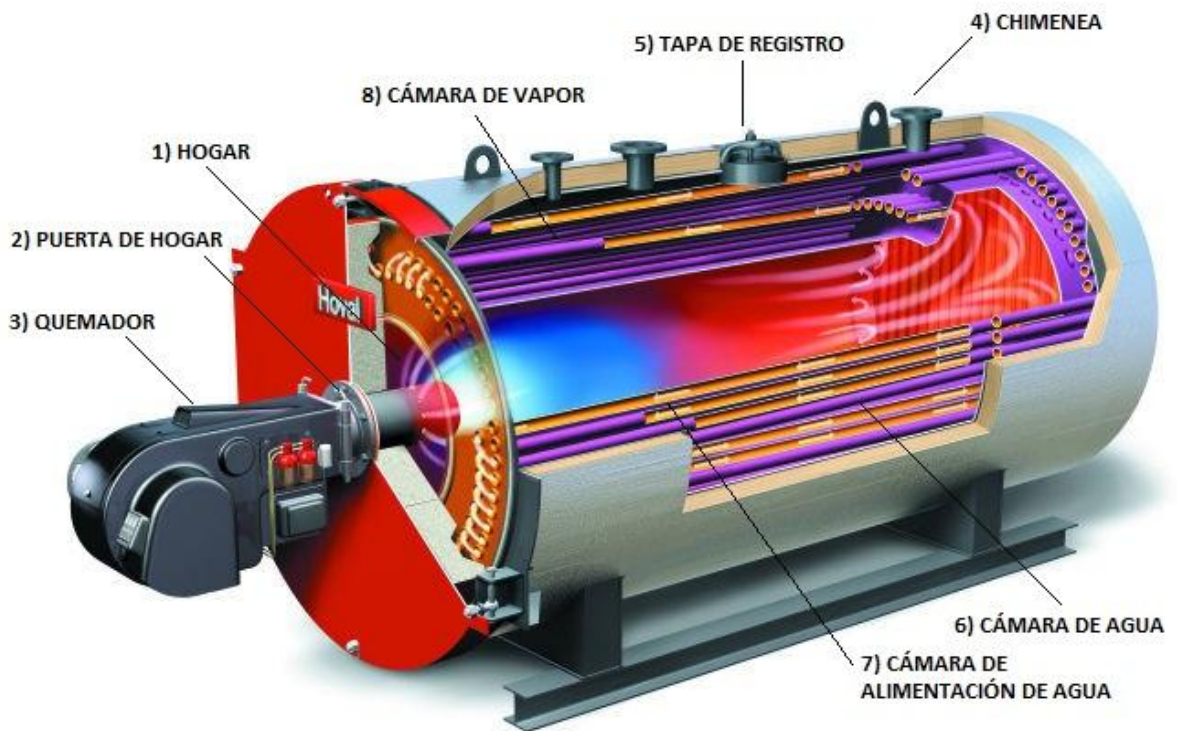


Figura 2-2. Partes principales de una caldera

Fuente:(Clever brooks, 2015)

- 1) **Hogar o fogón.-** Es el espacio donde se quema el combustible. Se le conoce también con el nombre de "Cámara de Combustión". Los hogares se pueden clasificar en:

Según su ubicación

Hogar exterior

Hogar interior

Según tipo de combustible

Hogar para combustible sólido

Hogar para combustible líquido

Hogar para combustible gaseoso

Según su construcción

Hogar liso.

Hogar corrugado.

Esta clasificación rige solamente cuando el hogar de la caldera lo compone uno o más tubos, a los cuales se les da el nombre de " tubo hogar".(ESTRUCPLAN S.A., 2011)

2) ***Puerta del hogar.***- Es una pieza metálica, abisagrada, revestida generalmente en su interior con refractario o de doble pared, por donde se echa el combustible al hogar y se hacen las operaciones de control del fuego.(ESTRUCPLAN S.A., 2011)

En calderas que queman combustibles líquidos o gaseosos, esta puerta es reemplazada por el quemador.

3) ***Quemador.***- Un quemador es un dispositivo para quemar combustible líquido, gaseoso o ambos (excepcionalmente también sólido) y producir calor generalmente mediante una llama.

En función de su tamaño, los puede haber desde uno como un encendedor de cigarrillos para calentar una probeta hasta un gigantesco capaz de producir 30 000 kW o más.

El combustible usado puede ser gaseoso, generalmente gas natural, butano, propano, etc.; líquido, generalmente gasóleo o una combinación de ambos (gas y gasóleo), en cuyo caso se denomina quemador mixto.

Los hay atmosféricos, que producen la llama a presión ambiente, y con soplante, donde un ventilador se encarga de aumentar la presión del aire necesario para la combustión, lo que hace que se pueda quemar más cantidad de combustible y que el rendimiento sea superior.

Su principio de funcionamiento con combustible líquido es que una bomba de gasoil se encarga de someter el combustible líquido a una elevada presión que, al introducirlo por un tubo hacia una boquilla con un orificio muy pequeño, hace que salga pulverizado (como un aerosol) y, por efecto vénturi, se mezcla con aire, que un ventilador se encarga de introducir en el hogar de la caldera. La ignición se produce por medio de unos electrodos entre los que salta un reguero de chispas.

Hay dos tipos principales: quemador con etapas y quemador modulante:

Quemador de etapas:

Este quemador puede hacer llama de varios tamaños, dejando pasar más o menos combustible. El más sencillo es de tres etapas (todo-medio-nada), es decir que produce una llama mitad de la que es capaz de producir en condiciones de plena potencia, y otros de más etapas, aunque no suele tener más de cuatro (todo-dos tercios-un tercio-nada).

Quemador modulante:

En este quemador, tanto para combustibles líquidos como gaseosos, puede modularse la potencia (el tamaño) de la llama por un sistema electrónico, que regula en función de las necesidades de calor, necesidades que conoce por una sonda situada en la conducción de retorno del sistema de calefacción; a menos temperatura, mayor potencia habrá que dar a la llama.(ESTRUCPLAN S.A., 2011)

4) **Chimenea.-** Es el conducto de salida de los gases y humos de la combustión para la atmósfera. Además, tiene como función producir el tiro necesario para obtener una adecuada combustión.

5) **Tapas de registro o puertas de inspección.-** Son aberturas que permiten inspeccionar, limpiar y reparar la caldera. Existen dos tipos, dependiendo de su tamaño:

Las puertas hombre (manhole)

La puerta hombre por sus dimensiones permite el paso de un hombre al interior de la caldera.

Las tapas de registro (handhole)

Las tapas de registro por ser de menor tamaño sólo permiten el paso de un brazo.

- 6) **Cámara de agua.-** Es el espacio o volumen de la caldera ocupado por el agua. Tiene un nivel superior máximo y uno inferior mínimo bajo el cual, el agua, nunca debe descender durante el funcionamiento de la caldera.
- 7) **Cámara de alimentación de agua.-** Es el espacio comprendido entre los niveles máximo y mínimo de agua. Durante el funcionamiento de la caldera se encuentra ocupada por vapor y/o agua, según sea donde se encuentre el nivel de agua.
- 8) **Cámara de vapor.-** Es el espacio o volumen que queda sobre el nivel superior máximo de agua y en el cual se almacena el vapor generado por la caldera. Mientras más variable sea el consumo de vapor, tanto mayor debe ser el volumen de esta cámara.

En este espacio o cámara, el vapor debe separarse de las partículas de agua que lleva en suspensión. Por esta razón algunas calderas tienen un pequeño cilindro en la parte superior de esta cámara, llamado " domo" y que contribuye a mejorar la calidad del vapor.(ESTRUCPLAN S.A., 2011)

2.2 Marco teórico

2.2.1 Equipos e instalaciones existentes.

Al hablar de equipos e instalaciones existentes se debe tomar en cuenta todos los que se encuentran ubicados en el cuarto de calderas del balneario, en el área de calderas para poder recolectar y analizar la información de todos y cada uno de estos.

2.2.2 Caldera pirotubular horizontal

La caldera que se encuentra instalada en la sala de caldera, con una potencia de 20 BHP (véase figura 3-2), por debajo de la necesaria para realizar el calentamiento necesario para fines recreativos del agua de la piscina semi-olímpica, además no se dispone de datos completos sobre las características de la caldera, pero con los datos que se disponen diremos que sus características técnicas son carentes a las requeridas, es decir están fabricadas sin normalización y estándares de calidad, debido a que es de fabricación artesanal, o sea que no posee estampe alguno que permite garantizar su correcto y seguro funcionamiento en la actividad para la cual fue adquirida, que en este caso es el fin recreacional con el calentamiento de agua de una piscina

semi-olímpica.



Figura 3-2. Caldera pirotubular horizontal existente
Fuente: Autor

2.2.3 Quemador

De acuerdo a la inspección visual realizada a su estado físico y funcional, el equipo se encuentra operativo, debido a sus características técnicas. Se encuentra empotrado a la caldera horizontalmente, por ser un quemador de combustible líquido (diésel), con una capacidad de 15 a 23 galones por hora, de adquisición comercial estandarizada lo cual permite trabajar de una manera segura y funcional. La siguiente figura muestra el quemador existente.



Figura 4-2. Quemador existente
Fuente: Autor

2.2.4 *Tanque de almacenamiento de agua de uso diario y condensado*

De acuerdo con la inspección visual realizada a su estado físico y funcional para la nueva caldera (véase figura 5-2), el equipo se encuentra en condiciones inapropiadas de funcionamiento, por la corrosión existente en su interior, sólidos en suspensión en las paredes del tanque, falta de medidor de nivel del tanque, y falta de sistemas de seguridad para apagar la caldera en caso de que el tanque se quede vacío. Su función es la de permitir que el agua ingrese, se almacene y por medio de una bomba sea enviada a la caldera. Es de fabricación artesanal, por lo cual no posee características técnicas necesarias como son sistemas de seguridad, peso, dimensiones o material, solamente se conoce que tiene una capacidad de almacenamiento de 100 galones, entonces el tanque no es el apropiado para la circulación del agua hacia la caldera, por lo que se deberá seleccionar un nuevo tanque de condensado.



Figura 5-2. Tanque de almacenamiento de agua y condensado existente

Fuente: Autor

2.2.5 *Bomba de agua*

Es una bomba centrífuga (véase figura 6-2), eléctrica y con protecciones de temperatura, que, de acuerdo a la inspección visual realizada de su estado físico y funcional, se encuentra en estado funcional. Según su característica de potencia es de 1 hp. Su función es la de bombear el agua del tanque de almacenamiento de agua hacia la caldera, lo cual implica que no se va a vencer ni alturas, ni longitudes considerables por la distribución de los equipos.



Figura 6-2. Bomba de agua centrifuga existente
Fuente: Autor

2.2.6 *Instalaciones existentes*

Tuberías PVC 4" de alta presión y temperatura.- Por medio de la inspección visual realizada a estas tuberías podemos saber que por su estado físico estas tuberías ya no se las debe mantener en funcionamiento, debido a que algunos de sus acoples presentan liqueos y otros están sujetos con parches de caucho. Entonces deberán ser reemplazadas por nuevas tuberías ya que estas son por donde realiza la circulación y recirculación del agua de la piscina, de esta forma se realiza el ciclo de acondicionamiento de agua caliente con fines recreativos. Las siguientes figuras 7-2, 8-2, 9-2, 10-2 y 11-2 muestran las instalaciones de tuberías existentes según corresponden.



Figura7-2. Tuberías PVC 4" existentes
Fuente: Autor

Tuberías de acero negro 1 1/2”.- Por medio de la inspección visual realizada a estas tuberías tanto por fuera así como por dentro en cortes de tubería obtenidos de anteriores mantenimientos, podemos saber que por su estado físico exteriormente ensanchado respecto a su diámetro original e interiormente debido al paso del tiempo de uso y a la dureza del agua que no es tratada de forma correcta antes del ingreso a la caldera lo cual provoca excesivas incrustaciones, estará en malas condiciones. Entonces estas tuberías deberán ser reemplazadas por nuevas, ya que estas líneas son por donde se conduce el vapor de agua.



Figura 8-2. Tuberías de acero 1 1/2” existentes
Fuente: Autor

Tuberías PVC 1/2”.- Por medio de la inspección visual realizada a estas tuberías podemos saber que por su estado físico estas tuberías ya no están operativas, ya que presentan liqueos en sus uniones, así como también están parchadas con cauchos en lugares donde se presentaban liqueos. Estas tuberías son utilizadas para conducir el agua hacia la entrada del tanque de almacenamiento.



Figura 9-2. Tuberías PVC 1/2” existentes
Fuente: Autor

Tuberías acero galvanizado 1/2".- Por medio de la inspección visual realizada a estas tuberías diremos que son inapropiadas para la operación en la cual se las está utilizando, por lo cual deberán ser reemplazadas por tubería ideal para ese trabajo, como son las tuberías de acero negro. Estas tuberías son utilizadas para evacuar las purgas de vapor y excesos de presión.



Figura 10-2. Línea de purga baja
Fuente: Autor



Figura 11-2. Línea de purga alta
Fuente: Autor

2.2.7 *Presóstato cola de cerdo*

Según la inspección visual realizada a este equipo y por el mercurio que se encuentra intacto y completo en el presóstato, su estado es funcional, pero al ser un equipo de seguridad en el que seamos los límites de posibles excesos de presión, lo recomendable por seguridad será enviar a que se realice un chequeo y calibración del este equipo, este instrumento es utilizado para medir presiones y controlar excesos de presiones mediante un sistema de control programado manualmente (seteado), para evitar daños o puestas en riesgo de la caldera; consta de dos instrumentos (véase la figura12-2).

Manómetro. - Su función es la de medir la presión a la que está trabajando la caldera.

Pressuretrol. - Su función es la programar y controlar el exceso de presiones en la caldera.



Figura 12-2. Presóstato cola de cerdo existente

Fuente: Autor

2.2.8 *McDonnell*

Según la inspección visual realizada a este equipo su estado físico es bueno, pero luego de observar el estado de las tuberías de conexión al McDonnell (figura13-2) llenas de incrustaciones en sus paredes, en su interior podría tener incrustaciones pronunciadas debido a la dureza del agua. lo que interferirá en su correcto funcionamiento, entonces al tratarse de un elemento de seguridad debe ser reemplazado por un nuevo que cumple su función de ser una bomba de control y cortes de corriente cuando hay bajo nivel de agua, también es utilizado para impedir el retorno del agua que ingresa a la caldera su principio de funcionamiento es el de una válvula check, consta también de una pipeta de nivel mediante la cual se puede visualizar el

nivel de agua que hay en la caldera, así como también consta de un circuito de control automático que brinda mayor seguridad en el funcionamiento de este.



Figura 13-2. McDonnell existente
Fuente: Autor

2.2.9 *Válvula de seguridad*

Según la inspección visual realizada a este equipo, la válvula (figura 14-2) ya no está operativa debido a que no posee calibraciones vigentes, lo cual no nos asegura su correcto funcionamiento, para que esta válvula de seguridad siga en funcionamiento se debe enviar a chequear su mecanismo de seguridad y calibrarla, esta válvula es utilizada como una válvula de seguridad de respuesta de emergencia a las sobre presiones que por motivos inesperados se puedan presentar en la caldera.



Figura 14-2. Válvula de seguridad existente
Fuente: Autor

2.2.10 *Cajetín de distribución*

Según la inspección visual realizada a este equipo se encontró en mal estado y deterioro de las instalaciones y botoneras. Entonces este equipo debe ser reemplazado, por medidas de seguridad y buen funcionamiento de la caldera, por ser un cajetín donde va conectada la caldera y sus equipos a la alimentación eléctrica. La siguiente figura muestra el cajetín de distribución.



Figura 15-2. Cajetín de distribución
Fuente: Autor

2.2.11 *Tanque de almacenamiento de combustible*

El tanque de almacenamiento de combustible existente (figura 16-2) tiene una capacidad de almacenamiento de 1000 gal, es de fabricación artesanal, lo que no nos garantizan los parámetros de seguridad ante posibles contaminaciones, además según la inspección visual realizada a este tanque vemos que se encuentra deteriorado, corroído en su interior y mal ubicado (ubicado fuera de la sala de caldera), sin tomar en cuenta parámetros de seguridad. Entonces por medidas de seguridad y malas condiciones físicas este tanque no está en condiciones aptas para la operación.



Figura 16-2. Tanque de almacenamiento de combustible
Fuente: Autor

2.2.12 Resumen de los equipos e instalaciones existentes

Tabla 1-2. Estado y funcionalidad de equipos e instalaciones existentes

<i>Descripción</i>	<i>Características</i>	<i>Estado</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Capacidad</i>
Caldera pirotubular	Caldera para el Calentamiento de agua de la piscina	No óptimo	No puede seguir en uso debido a que no está correctamente seleccionado, su capacidad no es la adecuada para el calentamiento del agua de la piscina	20 BHP
Quemador	Quemador de combustible diésel	Funcional	Luego de la inspección realizada el equipo puede seguir en uso	(15-23) gal/h
Tanque de condensado	Tanque de almacenamiento de agua y condensado	No óptimo	No puede seguir en funcionamiento debido a su falta de capacidad de almacenamiento y mal estado interior	100 gal
Bomba centrífuga	Bomba centrífuga de agua de alimentación de la caldera	Funcional	Puede seguir en funcionamiento luego de un mantenimiento preventivo y correctivo, debido a que tiene la potencia y características requeridas	1 hp
Tuberías PVC de 4"	Tuberías de PVC de alta temperatura y presión	Malo	No puede seguir en funcionamiento debido a su mal estado y desgaste de su roscado	NA
Tuberías de cero de 1 1/2"	Tuberías de conducción de vapor y agua	Malo	No puede seguir en funcionamiento debido al mal estado de la tubería	NA
Tuberías PVC de 1/2"	Tuberías de conducción de agua	Malo	No puede seguir en funcionamiento debido al mal estado de la tubería	NA
Tuberías de acero galvanizado de 1/2"	Tuberías de conducción de vapor y condensado	Malo	No puede seguir en funcionamiento debido al mal estado interior de la tubería y sus características inadecuadas para la operación (purga)	NA
Presóstato cola de cerdo	Accesorio de control de la caldera	Chequear	Chequear y calibrar el equipo para ponerlo en operación	100 psi
McDonnel	Accesorio de control de la caldera	No óptimo	No puede seguir en funcionamiento ya que por medidas de seguridad debe ser reemplazado	NA
Válvula de seguridad	Accesorio de control de la caldera	Chequear	Chequear y calibrar el equipo para ponerlo en operación	250 psi
Cajetín de distribución	Cajetín de distribución eléctrico	Malo	No dispone de identificación, ni señal ética y sus instalaciones están deterioradas	NA
Tanque de combustible	Tanque reservorio de combustible diésel	No optimo	No puede seguir en funcionamiento debido a su falta de capacidad de almacenamiento y mal estado interior	1000 gal

Fuente: Autor

2.2.13 Teorías para el cálculo de las variables a tomar en cuenta en la selección de la caldera.

Para asegurar la selección correcta del equipo para producir vapor, hay que considerar una serie de variables. Una instalación satisfactoria refleja un alto sentido de responsabilidad; por el contrario, una selección inadecuada ocasiona problemas que a la larga afectan a todos los interesados.

Factores predominantes para la selección de calderas

Cantidad y tipo de vapor requerido

Combustible disponible

Exigencias futuras

Régimen de consumo

Utilización diaria

Requisitos

Por otra parte, el usuario espera que el equipo reúna ciertos requisitos básicos, que incluyen lo siguiente:

Seguridad en el servicio

Sencillez

Bajo costo de adquisición, operación y mantención

Servicio adecuado

Entrega inmediata

(ASME, 2014)

La gran variedad de diseños y tipos de equipos que se ofrecen en la actualidad, hacen de la

selección de la caldera un problema bastante complejo. Pero por otro lado esta abundancia, ha permitido la obtención de una caldera adecuada para cada caso. A continuación, daremos una guía general para la selección de calderas basados en los diferentes factores enumerados anteriormente.

En todo caso, cualquiera que sea el tipo de caldera a seleccionar, la elección deberá ser hecha por un profesional idóneo que garantice que la caldera elegida finalmente es la más adecuada para el trabajo en el que se la necesita.

En nuestro caso necesitamos calentar el agua de una piscina semi-olímpica con fines recreativos, lo cual necesita una demanda de vapor constante en toda su jornada, entonces la más recomendada será una caldera pirotubular, y por las características de eficiencia, funcionamiento y de disposiciones físicas se recomienda una de tipo horizontal de tres pasos.

Caldera pirotubular horizontal de tres pasos

Son calderas con tres pasos de gases que permiten obtener un rendimiento térmico máximo, estas calderas también conocidas como tubos de humo por los tubos que pasan a través de la misma. En estas calderas la combustión se produce y se completa dentro del hogar, totalmente rodeado por agua, los humos resultantes pasan a través de los tubos e intervienen su sentido de circulación en las cajas anterior y posterior que posee esta caldera, obteniendo así un aprovechamiento máximo de su calor, para que estos humos sean finalmente expulsados por la chimenea.

Ventajas:

Obtiene un rendimiento térmico máximo en relación a las de cuatro pasos.

Tienen una mayor capacidad de agua respecto a las verticales.

Se aprovechan de mejor manera ya que sus tubos se sumergen totalmente (lo que no sucede con las verticales).

Sirven para flujos de vapor altos, bajos y constantes.

El agua de alimentación para estos calderos no requiere tratamientos costosos.

Fácil mantenimiento.

Alta comercialización.

Disponibilidad de repuestos.

Accesorios de calderas

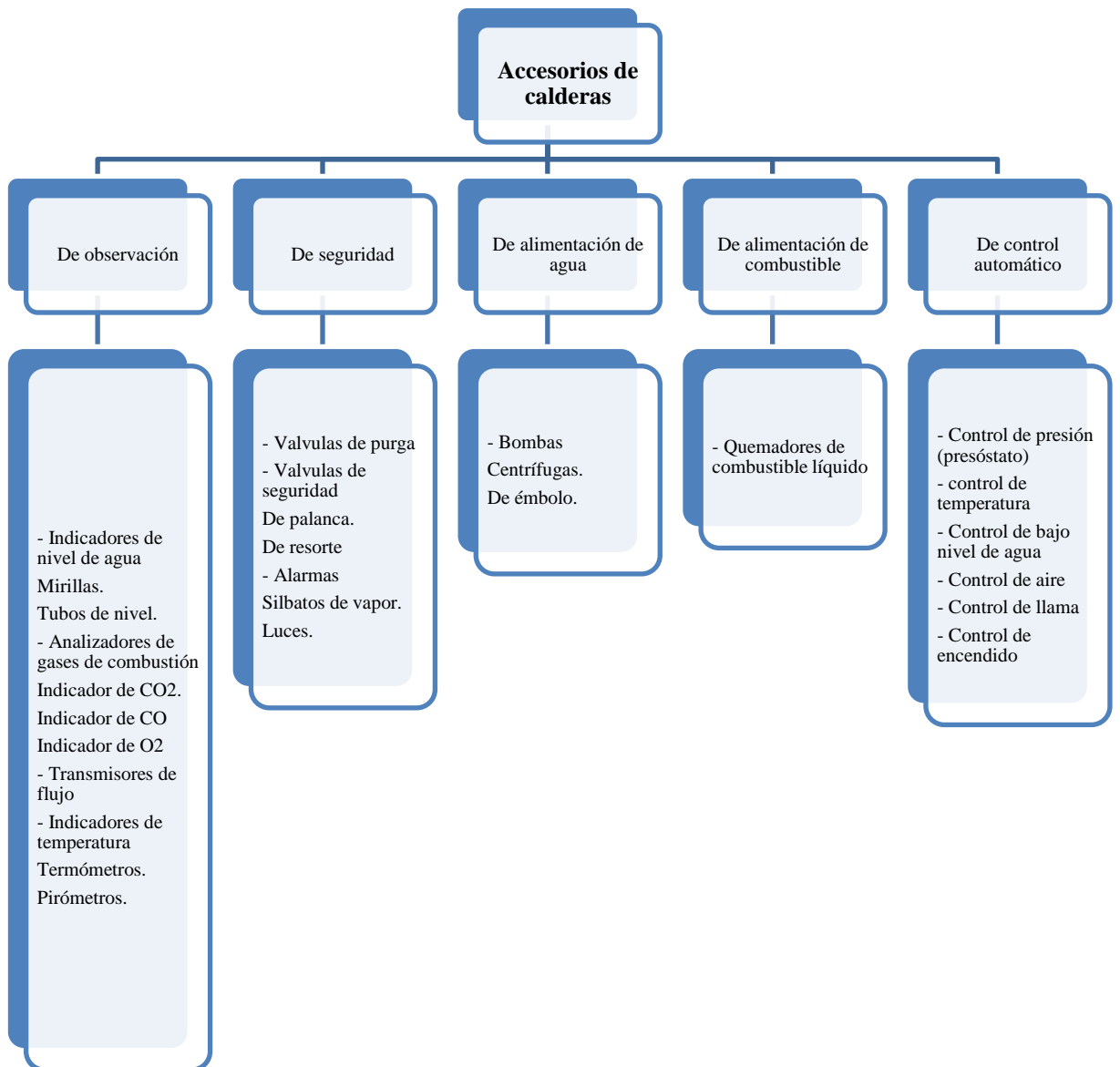


Figura 17-2. Accesorios de calderas

Fuente: Autor

La siguiente figura hace referencia a una caldera pirotubular horizontal y sus partes.



Figura 18-2. Caldera pirotubular horizontal y accesorios
Fuente:(Clever brooks, 2015)

2.2.14 Equipos a seleccionar.

Caldera pirotubular horizontal con estampe ASME

Se selecciona este tipo de caldera debido a sus estándares de calidad, seguridad, propiedades y características específicas para el uso de estas en la generación de vapor para el calentamiento de agua de la piscina semi-olímpica del balneario turístico Los Elenes del cantón Guano con fines recreativos, esto se toma en cuenta a partir de diversos aspectos y análisis realizados en el presente estudio para la selección de los equipos de funcionamiento del sistema.

Para este tipo de selección se realizarán cálculos de pérdidas de calor en la piscina y su ambiente, así como también la potencia necesaria para calentar el agua de la piscina considerando estas pérdidas, a una temperatura de 28°C que es la ideal del agua para recreación según el RITE (Reglamento de instalaciones térmicas), el objetivo de utilizar la ingeniería en la selección de calderas, es cumplir adecuadamente con estándares de eficiencia, seguridad, mantenimiento, prolongación de su vida útil, además del aspecto económico, es decir en base al cálculo se podrá seleccionar los equipos necesarios para la adecuada generación de vapor para el calentamiento del agua de la piscina en mención.

Como se trata de un lugar muy delicado en el tema de seguridad industrial por ser un lugar que acoge a visitantes particulares ajenos a la operación de la generación de vapor (turistas), además de los ingresos que produce el balneario por ofrecer la recreación acuática en una piscina de agua temperada, este viene a ser una de las principales fuentes de ingresos económicos para el GAD Municipal del cantón Guano. Razón por la cual se debe seleccionar un sistema de generación de vapor adecuado y de calidad garantizada para evitar gastos innecesarios en daños o inconvenientes que se pudieran presentar. Entonces se seleccionará un sistema eficiente, seguro, con un alto índice de aplicabilidad en el campo de generación de vapor para el calentamiento del agua de piscinas de recreación acuática, además de considerar su alta oferta en el mercado, facilitando así la disponibilidad de repuestos y accesorios cuando sean requeridos en casos de mantenimiento o daño, entonces el sistema de generación de vapor seleccionado será el que funcione mediante caldera pirotubular horizontal con estampe ASME.

Bomba de agua centrífuga

La presión a vencer nos permite seleccionar una bomba centrífuga, por sus características adecuadas para el bombeo de agua de alimentación para la caldera, esta bomba es usada en la mayoría de procesos de bombeo de agua por la baja densidad que este líquido posee a pesar de la dureza presente, cabe recalcar que luego de un proceso de tratamiento para el ablandamiento del agua, la vida útil de la bomba y del resto de equipos será más duradera.

Analizando el estado de la bomba existente se toma a consideración la utilización de la misma

luego de un proceso de mantenimiento.

Quemador

Previo a un análisis de funcionamiento y estado del quemador existente se pone a consideración la utilización del mismo quemador con la finalidad de obtener un ahorro significativo de recursos económicos para que posteriormente sirvan para la adquisición de otros equipos necesarios para el correcto funcionamiento de las calderas.

Ablandadores de agua

Las aguas para la alimentación de calderas arrastran materias solidas en suspensión, como arena, arcilla, que se los conoce como lodos por ser pulverulentos y poco adherentes, además también llevan disueltas sales cálcicas y/o magnésicas que se los conoce como incrustaciones muy adherentes. Luego de realizar análisis de dureza del agua de alimentación para el cuarto de caldera en el laboratorio Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos en Aguas y Alimentos (SAQMIC), con un resultado de 256 ppm, los cual está fuera de los límites permisibles para poder alimentar con este tipo de agua a la caldera, se selecciona un ablandador de agua debido para tratar el agua para la caldera y reducir al máximo las sales disueltas existentes, para poder tener una mayor vida útil de la misma, ya que en el balneario el agua es el principal agente causante del deterioro de la caldera, sus accesorios, equipos y tuberías por las incrustaciones que esta produce al no ser tratada. El ablandador cumple la función de quitar el calcio y el magnesio del agua, que, al precipitar por los cambios de temperatura, va formando capas de sarro en la serpentina.

Un agua dura puede hacer bajar hasta un 30% en algunos casos el rendimiento de la caldera debido al taponamiento de tubería por incrustaciones con el paso del tiempo de uso.

El tratamiento del agua de una caldera de vapor o agua caliente es fundamental para asegurar una larga vida útil libre de problemas operacionales, reparaciones de importancia y accidentes. El objetivo principal del tratamiento de agua es evitar problemas de corrosión e incrustaciones, asegurando la calidad del agua de alimentación y del agua contenida en la caldera.(RUIZ LARA, 2012)

Sistema de inyección de químicos

Luego de observar las tuberías reemplazadas en el sistema de calentamiento de agua se tiene

una gran cantidad de incrustaciones que se adhieren a las paredes de las tuberías, así como a los distintos equipos del sistema, además de los sólidos en suspensión que logran ingresar a la caldera luego de su paso por los filtros instalados para el agua de alimentación. Entonces se selecciona un sistema de inyección de químicos que consta de una bomba de embolo de doble etapa y dos tanques de almacenamiento, esto con el fin de poder realizar la inyección de químicos de manera controlada y específica. Este sistema servirá para la inyección de los diferentes químicos que actuaran en beneficio de la eficiencia de la caldera, así como también para su cuidado físico, mediante el tratamiento químico que se aplique a través del agua.

Los químicos más utilizados son: Secuestrantes de oxígeno, aminas neutralizantes, anti-incrustantes, antiespumantes, limpiadores para que circule por todas las tuberías y equipos necesarios en la ayuda del buen funcionamiento del sistema, así como también protectores y neutralizantes para la línea de retorno de condensado.

Secuestrantes de oxígeno.- Estos están encargados de eliminar los residuos de oxígeno disueltos en el agua de alimentación, evitando así la corrosión por pitting en la caldera, ya que el hierro presente en el agua se oxidara y por acción del oxígeno pasara a ser hidróxido férrico (sustancia rojiza) que a temperaturas elevadas se convierte en una capa llamada magnética que protege al metal del agua y el oxígeno. Los productos secuestrantes de oxígeno pueden ser: sulfito sódico, hidracina, carbohidracina, ácidoeritórbito, metiletilcetona (MEKO), hidroquinona, dietilhidroxilamina (DEHA), entre otros.

Aminas neutralizantes.- Estas están encargadas de eliminar el dióxido de carbono (CO₂) presente en el agua de alimentación, lo cual evitara la corrosión por bajo pH en las líneas de condensado, esto lo realizan formando un carbonato al reaccionar con el ácido carbónico presente en el dióxido de carbono, lo cual eleva el pH del condensado. Las aminas pueden ser: morfolina (para recorridos de vapor cortos), dietilaminoetanol (para recorridos de vapor medios), ciclohexilamina (para recorridos de vapor largos), octadecilamina, amina de soja, entre otras.

Antiincrustantes, dispersantes, antiespumantes y limpiadores.- Estos evitan la acumulación de incrustaciones en las tuberías y equipos del sistema procedentes de las sales disueltas en el agua de la caldera, esto mediante la precipitación química y bloqueo de iones, inhibición y dispersión de incrustaciones. Los principales productos son: fosfatos, quelantes (bloqueadores), fosfonatos, dispersantes, antiespumantes (TECFOAM permite controlar la presencia de espuma).(García, y otros, 2008)

Observación: La selección de químicos se deberá realizar posterior a los análisis del agua de alimentación y de retorno del sistema, por un ingeniero químico especializado en este tipo de análisis.

2.3 Normativa.

2.3.1 Estampe ASME para calderas

El estampe ASME S para calderas tiene como objetivo certificar la seguridad y el diseño de estos equipos, gracias a su estricto código de normas de fabricación lo cual garantiza la calidad, vida útil, confiabilidad y seguridad en la operación.

Para poder estampar un sello ASME en una caldera, se requiere que la fábrica o taller en el que se construya la caldera cuente con una certificación de ASME en la que se le autorice a fabricar y estampar sellos ASME en sus calderas. Para obtener esta certificación por parte de ASME la fábrica o taller deberá cumplir con ciertos requisitos:

Contar con un ingeniero titulado para control de calidad.

El ingeniero de control de calidad deberá ser conocedor del código ASME.

Contar con un programa de control de calidad en el que conste los siguientes puntos.

- a) Control de dibujos y especificaciones.
- b) Control de lista de materiales.
- c) Control de adquisición de materiales.
- d) Control de recepción de materiales.
- e) Control de almacenaje de materiales.
- f) Control de certificados de calidad de los materiales, en especial de la placa de acero para la fabricación de las calderas.
- g) Control especial para los diferentes materiales de soldadura.

- h) Control de soldadura, procedimientos de soldadura calificada.
- i) Control de soldadores, soldadores certificados.
- j) Control de relevado de esfuerzos en el horno de relevado de esfuerzos.
- k) Control de ensayos no destructivos, este se llevará a cabo por una empresa externa.
- l) Inspección durante el proceso de fabricación.
- m) Inspección de ensamble del cuerpo.
- n) Inspección de instalación de tubos flux.
- o) Prueba hidrostática.

Contar con un horno de relevado de esfuerzos para poder llevar a cabo el relevado de esfuerzos de todas las soldaduras que forman el cuerpo de presión de la caldera, de acuerdo a las exigencias del código ASME.

Contar con soldadores certificados para los cordones de soldadura del cuerpo de presión de la caldera.

Contar con procedimientos de soldadura calificados con calidad código ASME Sección IX, para cada tipo de cordón de soldadura que se utilice en el cuerpo de presión de la caldera.

Una vez que la fábrica o taller cumpla con estos requisitos y poder estampar el sello ASME en una caldera, se requiere de un reporte de inspección llamado "DATA-REPORT" firmado por un inspector externo autorizado por ASME.

El inspector deberá ser contactado por el ingeniero de control de calidad. Este inspector deberá chequear minuciosamente:

La existencia y vigencia de la certificación para estampar sellos ASME.

Verificar la documentación y certificados del programa de control de calidad.

Revisar el diseño y cálculo de la caldera de acuerdo a la norma ASME

Realizará tres visitas a la fábrica o taller para inspeccionar la caldera.

Una vez que el inspector ha realizado su chequeo de forma satisfactoria, expedirá su reporte para que la caldera pueda ser estampada y registrada con un número en ASME. (ASME, 2014)

2.3.2 Esquema para la identificación de tuberías

El diseño de la distribución de las instalaciones para la circulación de fluidos en la sala de caldera estará basado en la normativa ANSI a13.1, la misma que especifica la designación de colores de las distintas tuberías por las cuales circularan los diferentes fluidos que intervienen en el proceso de calentamiento de agua para la piscina semi-olímpica del balneario (véase la figura 19-2).

COLOR			
	Naranja	Gris	Café
FLUIDO	Se empleará para pintar tuberías sin aislar que conduzcan vapor a cualquier temperatura; tuberías que conduzcan ACPM, Fuel-oil, gasolina, petróleo y combustibles en general; tuberías de escape de gases de combustión; cilindros y tuberías de acetileno; tubería que conduzca gas carbónico.	Se empleará para pintar tuberías de aceite y sistemas de tuberías de agua fría; tuberías de agua caliente, con franjas de color naranja de dos pulgadas de ancho, espaciadas un metro entre sí; ductos y partes varias de sistemas de ventilación y extracción de gases, humos, neblinas, etc.	El color café se empleará para pintar tuberías del condensado del vapor.

Figura. 19-2. Colores de tubería

Fuente: (Standard for the identification of pipes ANSI A13.3, 2007)

Tomando en cuenta para el diseño de las instalaciones los colores resaltados en los recuadros debido a los diferentes tipos de fluidos que se van a manejar en la sala de caldera que son agua, vapor y diésel.

Las tuberías deberán estar correctamente identificadas con sus respectivos colores e identificación de acuerdo al fluido que circule por ellas, así como también el sentido de flujo que este tenga (véase la figura 20-2).

TIPO DE FLUIDO	COLOR DE LETRA	COLOR DE FONDO	COMBINACIÓN
Fluidos combustibles	Blanco	Café	Letras blancas sobre café
Agua potable, enfriamiento, alimentación de calderas, etc.	Blanco	Verde	Letras blancas sobre verde

Figura 20-2. Colores de texto de identificación y flujo de tubería

Fuente: (Standard for the identification of pipes ANSI A13.3, 2007)

El tamaño del texto de identificación en las tuberías debe ser mínimo 13 mm de altura y esta se incrementará según el diámetro de la tubería que se esté identificando (véase la figura 21-2).

Diámetro de tubería o cubierta externa en pulgadas	Longitud de la etiqueta en pulgadas	Altura de letras en pulgadas
0.75 a 1.25 (19 a 32 mm)	8 (200 mm)	0.5 (13 mm)
1.5 a 2 (38 a 51 mm)	8 (200 mm)	0.75 (19 mm)
2.5 a 6 (64 a 150 mm)	12 (300 mm)	1.25 (32 mm)

Figura 21-2. Dimensión del texto de identificación de tubería

Fuente: (Standard for the identification of pipes ANSI A13.3, 2007)

Los sistemas de tuberías se identificarán con etiquetas que indiquen el nombre del contenido, completo o abreviado, puede incluir el dato de temperatura y presión, para mayor identificación del peligro. Se utilizarán flechas para indicar el sentido del flujo del contenido de la tubería. En procesos complejos es posible encontrar varias tuberías con cintas del mismo color, pero con fluidos diferentes, lo cual se presta para confusiones. Por tanto, se sugiere pintar las tuberías de otros colores, pero conservando los colores de las cintas marcadoras que cumplan con las normas del código de colores.

Esta sugerencia de pintar las tuberías con diferentes colores se puede aplicar a libre criterio, siempre que los colores escogidos sean bien conocidos por todo el personal que labore en el balneario y además no haya confusión con lo especificado en la norma.

Las cintas de marcación deben estar colocadas en lugares estratégicos de fácil visualización espaciadas 1 metro o menos en la tubería, a los intervalos de distancia regulares que se considere necesario.

Cuando la tubería tenga un diámetro menor que 3/4 pulg, se le fijara un aviso externo a la misma para una correcta identificación (véase la figura 22-2).



Figura 22-2. Identificación externa de tuberías con diámetros menores a 3/4 pulg.
Fuente: (Standard for the identification of pipes ANSI A13.3, 2007)

Pero no sólo nos enfocaremos en la identificación de la tubería mediante colores, también se deberá tomar en cuenta el tipo de tubería que se utilizará en las líneas de alimentación de agua a la caldera y circulación de agua a la piscina, salida de vapor, alimentación de combustible diésel. Como son PVC clase 7.5, acero negro ASTM 795 cedula 40, acero negro ASTM A53 cedula 40, respectivamente.(ASME - ANSI A13.1, 2014)

2.3.3 *Mantenimiento de la caldera.*

La ingeniería de mantenimiento se refiere a los servicios en un nivel de excelencia profesional y uso eficiente de los recursos, garantizando un alto grado de confiabilidad, deduciéndose claramente que se aplicara a todas las máquinas y equipos involucrados en un sistema, en este caso en el calentamiento de agua de la piscina.

La implementación del sistema moderno de gestión de mantenimiento como un medio eficaz de ayudar a evitar, controlar, prevenir y predecir paradas de equipos; para efectos de su cotidiana implementación es necesario la conformación de un área de coordinación técnica el cual deberá asumir la tarea de elaborar, actualizar, vigilar e implantar las normas, procedimientos y demás disposiciones requeridas, así como para asesorar y apoyar en todo lo que compete al tema de mantenimiento, preventivo y correctivo.

2.3.4 *Mantenimiento preventivo*

Este tipo de mantenimiento reduce hasta en un 30% los costos de mantenimiento y está basado en el conocimiento de que las máquinas se desgastan con el tiempo, y con dicho conocimiento se puede determinar la vida útil de cada equipo o sistema.

Este mantenimiento también es denominado "mantenimiento planificado", tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son

los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante de los equipos también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos para este tipo de mantenimiento.

Características del mantenimiento preventivo

Se realiza al momento en que no se estén operando los equipos.

Se lleva a cabo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios

Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido.

Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los equipos.

Permite contar con un historial de mantenimiento y por ende de funcionalidad de los equipos.

Este tipo de mantenimiento tiene un problema fundamental que está basado en el tiempo, con el cual, una máquina puede fallar antes del mantenimiento y tendríamos una falla catastrófica, o se puede cambiar una pieza cuando ya se cumplió el tiempo, estando aún esta pieza en muy buenas condiciones.

2.3.5 *Mantenimiento correctivo*

En este mantenimiento los equipos operan en forma continua, sin interrupción. Pero cuando las fallas ocurren, pueden ser muy severas y causar daños a otros componentes, es decir se llega a los que se conoce como una falla catastrófica.

Este tipo de mantenimiento por su naturaleza no puede planificarse en tiempo, presenta costos por reparación o adquisición de repuestos no presupuestados, puesto que puede implicarse el cambio de alguna pieza de los equipos cuando sea necesario. A continuación, se detalla la tabla de costos de los mantenimientos preventivo y correctivo.

Tabla 2-2. Comparación de los tipos de mantenimiento en función de costos

<i>Costos</i>	<i>Correctivo</i>	<i>Preventivo</i>
Implementación	Bajos	Medios
Improductividad	Altos	Medios
Tiempo de parada	Altos e indefinidos	Predefinidos

Fuente: (COMESA, 1997)

2.3.6 *Mantenimiento predictivo.*

Son las técnicas usadas que nos ayudan a anticiparnos a los desperfectos que se pueden dar en la Sala de Calderas, éstas son mejor realizarlas mediante una empresa externa. Las operaciones más frecuentes a ejecutar son los análisis boroscópicos, análisis de vibraciones, análisis de humos, termografías, análisis de ultrasonidos y análisis de aceites y combustible.(ASME PTC4.0, 2008)

2.3.7 *Codificación de los equipos de la sala de caldera.*

Los equipos que intervienen en el funcionamiento general de un sistema de generación de vapor para el calentamiento de agua de una piscina, se los identificara del todo a las partes, o sea los identificaremos partiendo de los distintos sistemas, subsistemas y partes que conforman los mismos en el cuarto de caldera.

La división de los sistemas, subsistemas y equipos será:

Sistema

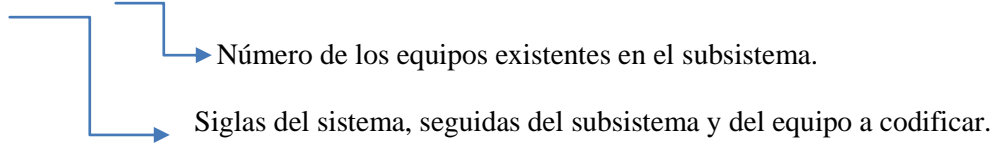
- Subsistema

Equipo

En un programa de mantenimiento se deberá codificar todos los equipos existentes en el sistema de calentamiento del agua de la piscina semi-olímpica en la sala de caldera. Esta codificación se realizará de acuerdo a los sistemas y subsistemas internos, seguido de los equipos que conforman los mismos.

Es así que se tendrá lo siguiente:

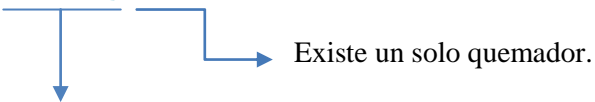
XXXXX - ##



Ejemplo:

Necesitamos codificar la caldera que se encuentra en el sistema de generación de vapor.

GVCAQ - 01



El sistema **Generación de Vapor (GV)**, subsistema **Caldera (CA)** y equipo **Quemador (Q)**

CAPÍTULO III

3. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PARA LA SELECCIÓN DE LA NUEVA CALDERA Y SU EQUIPAMIENTO

3.1 Análisis de información de los calderos antiguos, su equipamiento e instalaciones

3.1.1 Evaluación de la caldera existente

El levantamiento de la información necesaria para el análisis y evaluación de la caldera existente en el cuarto de caldera del balneario para calentar el agua de la piscina semi-olímpica, serán las características principales de la caldera, sus parámetros de eficiencia, de consumo de combustible y también la inspección visual del estado físico de la caldera.

La caldera en actualmente instalada es una caldera pirotubular horizontal de 20 BHP, de fabricación artesanal, por lo que no está fabricada con la normativa, parámetros y estándares que nos garanticen su correcto funcionamiento, aun mucho menos su seguridad.

Eficiencia de la caldera existente

La eficiencia de la caldera existente es:

Para el rendimiento del generador se empleará el método ASME, para medir eficiencias de calderas.

Tabla 1-3. Método ASME, eficiencia para calderos

<i>Método</i>	<i>Eficiencia</i>	<i>Especificaciones</i>
Directo	$n = \frac{Q_u}{Q_c} * 100$	Q_u : Calor útil Q_c : Calor del combustible
Indirecto	$n = 100 - \sum Q_p$	Q_p : Calor perdido en gases de combustión, humedad en el combustible, formación de CO y por combustión de hidrogeno.

Fuente:(ASME PTC4.0, 2008)

Se utilizará el método directo

$$n = \frac{Q_u}{Q_c} * 100 \quad (1)$$

n: Rendimiento para calderas

Q_u : Calor útil [KJ/h]

Q_c : Calor del combustible [KJ/h]

$$Q_u = \dot{D}_v(h_2 + h_1) \quad (2)$$

\dot{D}_v : Flujo másico del vapor [Kg/h]

h_2 : Entalpia del vapor [KJ/Kg], se encuentra con la presión absoluta de la caldera.

h_1 : Entalpia de líquido subenfriado [KJ/Kg], se encuentra con la presión de la caldera y con la temperatura de suministro.(ASME PTC4.0, 2008)

Densidad del agua de suministro ($\rho = 998,68 \text{ Kg/m}^3$)

Caudal del sistema ($Q_{\text{sistema}} = 0,24 \text{ m}^3/\text{h}$)

Presión de la caldera: 25 psi = 1,758 Kg/cm²

Presión de vapor: 23 psi = 1,617 Kg/cm²

Presión atmosférica Guano: 10,654 psi (h=2631,6 m.s.n.m)

Pabs: Presión absoluta (23+10,654=33,654 psia)

$$h_2 = h_g = 1166,63 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} = 2713,07 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \text{ (Cálculo de las variables de la caldera)}$$

$$h_1 = h_f = 32,4636 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} = 75,523 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \text{ (Cálculo de las variables de la caldera)}$$

Calculo del flujo de vapor necesario para calentar la piscina

$$P_c = \dot{m}_{sv}(h_2 - h_1) \quad (3)$$

$$\dot{m}_{sv} = \frac{P_c}{(h_2 - h_1)} \quad (4)$$

$$\dot{m}_{sv} = \frac{669500 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}}{(1166,63 - 32,4636) \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}}$$

$$\dot{m}_{sv} = 590,301 \frac{\text{lb}}{\text{h}}$$

$$\dot{m}_{sv} = 267,71 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

$$\dot{m}_{sv} = \dot{D}_v \quad (5)$$

$$Q_u = \dot{D}_v(h_2 - h_1) \quad (6)$$

$$Q_u = 267,71 \frac{Kg}{h} (2713,07 - 75,523) \frac{KJ}{Kg}$$

$$Q_u = 706097,707 \frac{KJ}{h}$$

$$Q_c = \dot{m}_c * PCI \quad (7)$$

\dot{m}_c : Flujo másico del combustible [Kg/h]

PCI : Poder calorífico del combustible Diesel ($10221 \frac{Kcal}{Kg} = 18397,8 \frac{Btu}{lb} = 42764,664 \frac{KJ}{Kg}$)

Densidad del diésel ($\rho = 837 \text{ Kg/m}^3 = 7,044 \text{ lb/gal}$)

El consumo promedio de combustible es de $10,567 \frac{gal}{h}$

$$10,567 \frac{gal}{h} = 40 \frac{lt}{h}$$

$$\dot{m}_c = 40 \frac{lt}{h} (0,837 \frac{Kg}{lt})$$

$$\dot{m}_c = 33,48 \frac{Kg}{h}$$

$$Q_c = 33,48 \frac{Kg}{h} (42764,664 \frac{KJ}{Kg})$$

$$Q_c = 1431760,951 \frac{KJ}{h}$$

$$n = \frac{Q_u}{Q_c} (100)$$

$$n = \frac{706097,707 \frac{KJ}{h}}{1431760,951 \frac{KJ}{h}}$$

$$n = 0,493$$

$$n = 49,3\%$$

Considerando que el valor de la eficiencia en este tipo de calderas es del 82%, tenemos:

Eficiencia de la caldera existente < eficiencia normal caldera con las mismas características

$$49,3\% < 82\%$$

$$\text{Diferencia} = (82 - 49,3) \% = 32,7\%$$

Entonces la eficiencia de la caldera en existente es menor a la eficiencia normal de una caldera de las mismas características con una diferencia del 32,7%

Consumo de combustible

Según datos obtenidos de la información del consumo semanal (los cuales se tomarán en cuenta de 3 meses de mayor consumo, divididos en 4 semanas por mes) de combustible del balneario tenemos:

Tabla 2-3. Consumo de combustible de la caldera existente

<i>Mes</i>	<i>Semana</i>	<i>Consumo [gal]</i>
Junio	1	495
	2	500
	3	515
	4	520
Julio	5	495
	6	515
	7	495
	8	510
Agosto	9	520
	10	500
	11	510
	12	510
	Promedio	507,1

Fuente: (GAD municipal del cantón Guano, 2016)

Según los datos entonces tenemos un consumo de combustible semanal promedio de 507,1 gal. Tomando en cuenta el tiempo de trabajo de la caldera que será de 12 horas diarias y 4 días a la semana tenemos:

Consumo de combustible: $40\text{lt/h} = 10,567 \text{ gal/h}$

Tiempo de trabajo diario: 12 h

Días de trabajo: 4 días

Volumen de combustible necesario semanalmente (Vcs)

$V_{cs}=507,1 \text{ gal/semana}$

Cuando el consumo normal de trabajo de una caldera de estas condiciones debería ser de:

Consumo de combustible: $22\text{lt/h} = 5,812 \text{ gal/h}$

Tiempo de trabajo diario: 12 h

Días de trabajo: 4 días

Volumen de combustible necesario semanalmente (Vcs)

$V_{cs}=278,976 \text{ gal/semana}$

Entonces se puede evaluar que la caldera existente tiene un exceso de consumo de combustible de:

$\text{Exceso} = (507,216 - 278,976) \text{ gal/semana} = 228,24 \text{ gal/semana}$

El exceso de consumo de combustible semanal es de 228,24 gal/semana, también se debe a la baja eficiencia de la caldera, lo que genera gastos que no se deberían considerar al tener una caldera apropiada y seleccionada correctamente.

3.1.2 *Resultados de la evaluación*

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de los datos levantados de la caldera existente se detalla en la tabla 3-3.

Tabla 3-3. Evaluación de la caldera existente

	<i>Eficiencia</i>	<i>Consumo de combustible</i>
Caldera existente	49,3 %	507,1 gal/semana
Caldera en condiciones normales	82%	278,976 gal/semana
Diferencia	32,7%	228,24 gal/semana

Fuente: Autor

El exceso de consumo de combustible semanal es de 228,24 gal/semana, también se debe a la baja eficiencia de la caldera, las incrustaciones en las tuberías y equipos de la caldera ocasionadas por la dureza del agua de alimentación, lo que genera gastos que no se deberían considerar al tener una caldera apropiada y seleccionada correctamente.

3.1.3 *Análisis de los resultados obtenidos*

Luego de la evaluación de la caldera existente enfocados en su eficiencia (49,3%), la cual está por debajo del rango necesario para su correcto funcionamiento (82%), lo que genera un mal funcionamiento de la caldera, que no permite calentar correctamente el agua de la piscina; su excesivo consumo de combustible (507,1 gal/semana) que esta sobre los límites que este tipo de calderas deberían mantener (278,976 gal/semana), lo que genera gastos superiores en la adquisición del combustible por ende bajan las ganancias económicas del balneario. Estos aspectos forma una cadena de perjuicios ya que también si se tiene una baja eficiencia y mayor consumo de combustible, se estará generando una mala combustión, lo cual recae en la emisión excesiva de gases de combustión lo que afectara al ambiente, además con la recolección de información sobre los equipos existentes en la sala de caldera se presentara un mal estado en su interior por falta de mantenimiento, manejo inapropiado y la falta de tratamiento que no se le da al agua de alimentación, es así que la temperatura a la que se calienta actualmente el agua de la piscina no es la adecuada (por debajo del valor de referencia) para fines recreativos; por estos motivos analizados anteriormente, se deberá dar de baja a la caldera existente y adquirir cuanto antes una nueva caldera con estampe ASME (fabricados con normativa), que reemplace la anterior, cuyo funcionamiento sea optimo, adecuado para todos sus requerimientos y cumpliendo con los estándares de calidad necesarios, tanto en el ámbito de funcionalidad, así como de seguridad personal, ambiental y de los equipos.

3.2 *Planificación para la toma de datos*

Toma de datos con la caldera apagada.

Toma de datos de temperatura en la entrada a la cubierta de la piscina.

Toma de datos de temperatura y humedad relativa en el ambiente de la piscina.

Toma de datos de temperatura y humedad relativa en el agua de la piscina.

3.3 *Análisis de las variables físicas a medir*

Las variables físicas a medir son temperatura y humedad relativa en el ambiente, en el agua y en la entrada a la piscina; tomadas a los cuatro lados de la piscina a los cuales se les denominara lado 1 (ubicado hacia ingreso al ambiente cerrado de la piscina), lado 2 (ubicado hacia bar), lado 3 (ubicado hacia los ventanales laterales) y lado 4 (ubicado hacia el cuarto de sauna), para poder

obtener un mejor sondeo de estos valores y utilizarlos obteniendo un promedio para un mejor cálculo.

Estas variables son tomadas en cuenta para realizar las mediciones debido a que son indispensables para los cálculos necesarios para la selección de la nueva caldera.

Temperatura: esta variable será tomada en grados centígrados (°C), debido a que el instrumento utilizado para tomar las mediciones nos las entrega en estas unidades.

Humedad relativa: esta variable será tomada en relación porcentual, debido a que no posee unidades de medida.

3.4 Toma de datos

Los datos que se muestran a continuación en las tablas 4-3, 5-3, 6-3, 7-3, 8-3 y 9-3 son el resultado promedio de la toma de varios valores en distintos días y a distintas horas en la piscina. La primera toma son un resultado promedio de los datos tomados en la tarde y la segunda toma son datos tomados en la mañana.

Primera toma:

Tabla 4-3. Datos de variables en la puerta de ingreso (a)

<i>Entrada piscina</i>	
VARIABLE	TEMPERATURA (°C)
Fuera	25.6
Dentro	26.7

Fuente: Autor

Tabla 5-3. Datos de variables dentro de la cubierta (a)

<i>Ambiente piscina</i>		
VARIABLES	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
Lado 1	21,9	50,3
Lado 2	23,1	49,3
Lado 3	25,2	46,7
Lado 4	27,1	46

Fuente: Autor

Tabla 6-3. Datos de variables en agua de la piscina (a)

<i>Agua piscina</i>			
<i>Datos tomados al borde de la cortina de agua</i>			<i>Datos tomados al fondo de la piscina</i>
VARIABLES	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA (°C)
Lado 1	18,8	43,9	22,0
Lado 2	20,0	48,0	21,9
Lado 3	22,1	45,7	21,9
Lado 4	22,5	47,8	22,5

Fuente: Autor

Segunda toma:

Tabla 7-3. Datos de variables en la puerta de ingreso (b)

<i>Entrada piscina</i>	
VARIABLE	TEMPERATURA (°C)
Fuera	23,4
Dentro	25,1

Fuente: Autor

Tabla 8-3. Datos de variables dentro de la cubierta (b)

<i>Ambiente piscina</i>		
VARIABLES	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
Lado 1	20,8	53,5
Lado 2	22,1	50,4
Lado 3	22,9	50
Lado 4	26,2	47,4

Fuente: Autor

Tabla 9-3. Datos de variables agua de la piscina (b)

<i>Agua piscina</i>			
<i>Datos tomados al borde de la cortina de agua</i>			<i>Datos tomados al fondo de la piscina</i>
VARIABLES	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA (°C)
Lado 1	17,5	53,5	21,5
Lado 2	19,2	50,4	21,5
Lado 3	21,8	50,0	21,6
Lado 4	21,5	47,4	21,6

Fuente: Autor

3.5 Análisis de los datos tomados.

Los datos tomados de las variables en el ambiente interno de la cubierta de la piscina, no son muy bajos debido a que la piscina posee una cubierta bien estructurada que no permite tener

pérdidas calor considerables, además de que al momento que la caldera esté en funcionamiento calentará el agua de la piscina y lo que también proporcionará que la temperatura del ambiente aumente de igual manera, también se demuestra en las tablas de datos de las mediciones de temperatura en la entrada a la piscina que son valores que no tienen un rango de diferencia considerable dentro y fuera de la cubierta de la piscina.

También se toman datos de variables en el agua de la piscina, ya que la normativa nos dice que la temperatura en el agua de las piscinas climatizadas debe estar entre el rango de (28 – 36) °C esto debido a que es la única piscina existente en la cubierta y en ella ingresarán personas de todas las edades, desde niños hasta adultos, este rango se da debido a que la normativa nos da distintos límites de temperatura para personas de distinta edad o sea para niños en brazos de (35-36) °C, personas con algún tipo de discapacidad de (32-34)°C, para niños de (30-32) °C y para el resto de personas va de (28- 30) °C. Entonces podemos ver que los datos obtenidos no son valores muy distantes de los que necesitamos.

CAPÍTULO IV

4. CÁLCULO DE LAS VARIABLES PARA LA SELECCIÓN DE LA NUEVA CALDERA Y SU EQUIPAMIENTO

4.1 Interpretación de los datos obtenidos de las variables de la caldera.

4.1.1 *Cálculo de las variables de la caldera.*

Pérdidas de calor en la piscina (Q_r)

Pérdidas en el vaso de la piscina

Evaporación del agua en el vaso de la piscina (Q_E)

$$Q_E = M_{e\ total} * C_v \quad (8)$$

Donde:

$M_{e\ total}$: Flujo másico por evaporación total por unidad de superficie [Kg/hm^2]

C_v : Calor latente de evaporación del agua, a la temperatura del agua [Wh/Kg]

El flujo másico de evaporación de agua se calcula mediante la ecuación de Bernier en la cual se contemplan diversos parámetros importantes.

Piscina sin agitación (coeficiente = 16)

Piscina con bañistas (coeficiente = 133n)

$$M_e = \{[(16+133n)(W_e-G_a(W_{as}))]+(0,1N)\}/S \quad (9)$$

Donde:

S: superficie del agua de la piscina ($S=312,5m^2$)

W_e : Humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua de piscina [Kg_{agua}/Kg_{aire}]

Was: Humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del aire ambiente interior [Kg_{agua}/Kg_{aire}]

Ga: grado de saturación (Humedad relativa = 48,77 %)

n: número de bañistas (n=35)

N: Número de espectadores (N=20)

T agua: temperatura ideal del agua de la piscina (T agua = 28 °C)

T amb: temperatura ambiente (T amb = 23,64 °C)

Cv = 581,4818182 Kcal/Kg = 2432919,93 J/Kg

Tabla 1-4. Humedades absolutas del aire saturado.

$T [^{\circ}C]$	$W [Kg_{agua}/Kg_{aire}]$
20	0.0147
21	0.0155
22	0.0165
23	0.0177
24	0.0187
25	0.0200
26	0.0213
27	0.0225
28	0.0240
29	0.0255
30	0.0270

Fuente: (Humedades absolutas del aire saturado, 2005)

T agua = 28 °C ; $We = 0,0240 Kg_{agua}/Kg_{aire}$

T ambint = 23,64 °C ; $Was = 0,01834 Kg_{agua}/Kg_{aire}$

$$Me = \{[(16 + 133(35))(0,0240 - 0,4877(0,01834))] + 0,1(20)\}/312,5$$

$$Me = \{[(16 + 133(35))(0,01506)] + 2\}/312,5$$

$$Me = 72,3453/312,5$$

$$Me = 0.2315 Kg/hm^2$$

$$Qe = Me .Cv$$

$$Q_E = (0.2315 Kg/hm^2)(2432919,93 J/Kg)(1h/3600s)$$

$$Q_E = 156,45 \text{ W/m}^2$$

Pérdidas por evaporación [W]

$$Q_E = 156,45 \text{ W/m}^2 * 312,5 \text{ m}^2$$

$$Q_E = 48890,71 \text{ W}$$

Radiación de calor por diferencias de temperatura (Q_R)

$$Q_R = \sigma \cdot \varepsilon \cdot (T_{\text{agua}}^4 - T_c^4) \quad (10)$$

Donde:

σ : Constante de Stefan Boltzman ($\sigma=5,67(10)^{-8} \text{ W/m}^2(\text{°K})^4$)

ε : Emisividad de la superficie ($\varepsilon=0,95$ agua)

$T_{\text{agua}} = 28 \text{ °C} = 301,15 \text{ °K}$

$T_c = T_{\text{entradaint}} = 21,9 \text{ °C} = 295,05 \text{ °K}$

$$Q_R = \left[5,67(10)^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2(\text{°K})^4} \right] (0,95)[301,15^4 - 295,05^4](\text{°K})^4$$

$$Q_r = 34,82 \text{ W/m}^2$$

Pérdidas por radiación [W]

$$Q_R = 34,82 \text{ W/m}^2 (312,5 \text{ m}^2)$$

$$Q_R = 10881,25 \text{ W}$$

Convección de calor entre el agua y el aire (Q_C)

$$Q_c = 0,6246(T_{\text{agua}} - T_{\text{amb}})^{4/3} \quad (11)$$

Donde:

Tagua: Temperatura ideal del agua de la piscina ($T_{\text{agua}} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$)

Tamb: Temperatura ambiente ($T_{\text{amb}} = 23,64 \text{ }^\circ\text{C}$)

$$Q_c = 0,6246(28 - 23,64)^{4/3}$$

$$Q_c = 4,45 \text{ W/m}^2$$

Pérdidas por convección en [W]

$$Q_c = 4,45 \text{ W/m}^2(312,4 \text{ m}^2)$$

$$Q_c = 1389,83 \text{ W}$$

Renovación del agua en el vaso de la piscina (Q_{RV})

$$Q_{RV} = V_r(\rho)C_e(T_{ap} - T_{as}) \quad (12)$$

Donde:

V_r : 5%(Volumen de la piscina)

V : Volumen de agua de la piscina ($V=425\text{m}^3$)

ρ : Densidad del agua ($\rho=998,47 \text{ Kg/m}^3$).

C_e : Calor específico del agua ($C_e=1,16 \text{ Wh/Kg }^\circ\text{C}$).

T_{ap} : Temperatura del agua caliente en la piscina ($T_{ap}=28 \text{ }^\circ\text{C} = 82,4 \text{ }^\circ\text{F}$)

T_{as} : Temperatura del agua de suministro ($T_{as}=18 \text{ }^\circ\text{C} = 64,4 \text{ }^\circ\text{F}$)

$$V_r = 0,05(425)$$

$$V_r = 21,25 \text{ m}^3$$

$$Q_{RV} = 21,25(998,47)1,16(28 - 18)$$

$$Q_{RV} = 246122,855 \text{ Wh}$$

Pérdidas por renovación por unidad de superficie:

$$Q_{RV} = 246122,855 \text{ Wh}/312,5 \text{ m}^2$$

$$Q_{RV} = 787,59 \text{ Wh/m}^2$$

Pérdida diaria:

$$Q_{RV} = 246122,855 \text{ Wh}(1\text{día}/24\text{h})$$

$$Q_{RV} = 10255,11 \text{ W}$$

Transmisión de calor del agua del vaso (Q_T)

$$Q_T = C_T A_T (T_{ap} - T_{amb}) \quad (13)$$

Análisis de pérdidas de transmisión por la pared lateral.

C_T : Coeficiente de transmisión de muros y solería ($1,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$). (MAILLO, 2005)

$$A_T = 2A_1 + 2A_2 \quad (14)$$

Donde:

A_T : Área total

A_1 : Área de la pared mayor (25m x 1,45m)

A_2 : Área de la pared menor (12,5m x 1,45m)

$$A_T = 2(36,25) + 2(18,125)$$

$$A_T = 108,75m^2$$

$$Q_L = 1,5(108,75)(28 - 23,64)$$

$$Q_L = 711,225 W$$

Pérdidas de transmisión por unidad de superficie lateral (Q_L)

$$Q_L = 711,225 W / 108,75m^2$$

$$Q_L = 6,54 W/m^2$$

Análisis de pérdidas de transmisión por el fondo de la piscina

$$S = \text{Largo} \times \text{Ancho} \tag{15}$$

$$S = (25 \times 12,5) = 312,5 m^2$$

$$Q_F = 1,5(312,5)(28 - 23,64)$$

$$Q_F = 2043,75 W$$

Pérdidas de transmisión por unidad de superficie en el fondo (Q_F)

$$Q_F = 2043,75 W / 312,5m^2$$

$$Q_F = 6,54 W/m^2$$

Pérdidas por conducción totales por unidad de superficie.

$$Q_T = Q_L + Q_F \tag{16}$$

$$Q_T = 6,54 \frac{W}{m^2} + 6,54 \frac{W}{m^2}$$

$$Q_T = 13,08 \frac{W}{m^2}$$

Pérdidas por conducción total [W]

$$Q_T = Q_L + Q_F$$

$$Q_T = 711,225 \text{ W} + 2043,75 \text{ W}$$

$$Q_T = 2754,975 \text{ W}$$

Pérdidas de calor totales en la piscina (Qr)

$$Q_r = Q_E + Q_R + Q_C + Q_{RV} + Q_T \quad (17)$$

$$Q_r = 48890,71 + 10881,25 + 1389,93 + 10255,11 + 2754,975$$

$$Q_r = 74171,975 \text{ W}$$

$$Q_r = 253085,284 \text{ BTU/h}$$

Cálculo del calor necesario para el calentamiento del agua en la piscina (Qo)

El calor necesario para el calentamiento del agua de la piscina semi-olímpica del balneario turístico Los Elenes se calcula según formulas establecidas y condiciones dadas. (MAILLO, 2005)

$$Q_0 = \frac{V \cdot \rho \cdot C_e \cdot (T_{ap} - T_{as})}{t} \quad (18)$$

Donde:

Qo: Calor necesario para calentar el agua de la piscina [W]

V: Volumen de agua de la piscina ($V=425m^3$)

ρ : Densidad del agua ($\rho=998,47 \text{ Kg}/m^3$)

Ce: Calor específico del agua

Tap: Temperatura del agua caliente en la piscina ($T_{ap}=28 \text{ °C} = 82,4 \text{ °F}$)

Tas: Temperatura del agua de suministro ($T_{as}=18 \text{ °C} = 64,4 \text{ °F}$)

t: Tiempo de puesta en régimen [h]

Calor específico promedio a las dos temperaturas tomadas:

Ce: calor específico promedio

$$Ce = \frac{Ceap+Ceas}{2} \quad (19)$$

Donde:

Ce: calor específico promedio

Ceap: calor específico del agua de la piscina a la temperatura promedio (Ceap=69,53 °F)

Ceas: calor específico del agua de suministro a la temperatura promedio (Ceas=64,4 °F)

Ceap= 4,179 KJ/Kg.k = 1,161 Wh/Kg °C

Ceas= 4,183 KJ/Kg.k = 1,162 Wh/Kg °C

$$Ce = \frac{1,161+1,162}{2}$$

$$Ce = 1,1615 \text{ Wh/Kg } ^\circ\text{C}$$

Tiempo de régimen de la caldera

La piscina semi-olímpica del balneario turístico Los Elenes es normal, construida de hormigón, lo cual se toma en cuenta para el cálculo del tiempo de puesta en régimen de la caldera.

Piscinas de hormigón normales: el calentamiento del agua es de 1 hora por cada 1 °C.

Piscinas de hormigón grandes o pesadas: el calentamiento del agua es de 4 horas por cada 1 °C.

Entonces:

$$\Delta T = T_{ap} - T_{as} \quad (20)$$

Donde:

Tap: Temperatura del agua caliente en la piscina (Tap=28 °C = 82,4 °F)

Tas: Temperatura del agua de suministro ($T_{as}=18\text{ }^{\circ}\text{C} = 64,4\text{ }^{\circ}\text{F}$)

$$\Delta T = (28 - 18)\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t = \Delta T \cdot 2 \quad (21)$$

Donde:

t: tiempo de puesta en régimen de la caldera

$$t = 10 \cdot (2)$$

$$t = 20\text{ h}$$

$$Q_0 = \frac{425 * 998,47 * 1,1615 * (28 - 18)}{20}$$

$$Q_0 = 246441,1173\text{ W}$$

Calor requerido en la piscina (Q_{rp})

Para el calor requerido en la piscina se debe considerar el calor necesario para calentar el agua de la piscina así como también reponer el calor que se pierde a través de las paredes de la piscina.

$$Q_{rp} = Q_0 + Q_r \quad (22)$$

Donde:

Q_{rp} : Calor requerido en la piscina

Q_0 : Calor necesario para calentar el agua de la piscina (246441,1173 W)

Q_r : Calor total perdido en la piscina (74171,975 W)

$$Q_{rp} = 246441,1173 + 74171,975$$

$$Q_{rp} = 320613,0923\text{ W}$$

$$Q_{rp} = 320,6130 \text{ KW}$$

Potencia de la caldera (Pc)

$$P_c = Q_{rp} \tag{23}$$

Donde:

Q_{rp} : Calor requerido en la piscina

P_c : Potencia de la caldera

$$P_c = 320,6130 \text{ KW}$$

$$P_c = 1093976,97 \text{ Btu/h}$$

Al realizar la transformación de $\frac{\text{Btu}}{\text{h}}$ a BHP tenemos:

Si: $1 \text{ BHP} = 33475 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$, entonces:

$$P_c = 1093976,97 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \left(\frac{1 \text{ BHP}}{33475 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}} \right)$$

$$P_c = 32,68 \text{ BHP}$$

Potencia real de la caldera (Pr)

Para el cálculo de la potencia real de la caldera necesitamos multiplicar a la potencia de la caldera por un factor de seguridad (f_s) de acuerdo a criterio técnico.

Si: $1 < f_s < 2$, entonces:

$$f_s = 1,2$$

$$P_r = f_s * P_c \tag{24}$$

Donde:

Pr: Potencia real de la caldera

fs: Factor de seguridad (fs = 1,2)

Pc: Potencia de la caldera

$$Pr = 1,2 * 32,68 \text{ BHP}$$

$$Pr = 39,22 \text{ BHP}$$

4.1.2 *Análisis de los resultados obtenidos de las variables de la caldera*

De acuerdo con los resultados obtenidos en el cálculo de la potencia necesaria para el calentamiento del agua de la piscina semi-olímpica, se necesita una potencia de 39,22 BHP, la cual es una potencia ideal, lo que nos permite analizar y recomendar la utilización de una caldera de 40 BHP existente en el mercado.

Lo cual nos permitirá obtener una temperatura correcta para el uso recreativo de la piscina.

4.1.3 *Selección de la caldera*

Para la selección de los calderos se toma en cuenta el análisis del cálculo de los mismos.

Se necesita una caldera pirotubular horizontal de tres pasos de 40 BHP con estampe ASME.

Se selecciona una caldera pirotubular horizontal de tres pasos debido a que el arreglo de tubos en el interior de la misma nos permite una mejor circulación de fluido, lo cual nos da una mayor eficiencia y un menor consumo de combustible. Además, en el mercado el 95% de este tipo de calderas son fabricadas de tres pasos, lo cual brindara la fácil adquisición de repuestos en caso de que se necesitaran.

Además con este tipo de caldera se cumplirá con todas las condiciones y estándares necesarios para un correcto funcionamiento tales como:

Una correcta área de transferencia de calor por ser de tres pasos.

Temperatura a la salida de gases de la caldera de $(60 \pm 10)^\circ\text{C}$ arriba de la temperatura de vapor

saturado de la caldera.

Niveles de CO₂ entre (12 – 13) % y los de hollín entre (0 – 1) que son los adecuados para una correcta combustión y eficiencia en la caldera. Las características de la caldera seleccionada se detallan en la siguiente tabla, además véase el catálogo de selección en el anexo A.

Tabla 2-4. Características de la caldera seleccionada.

Caldera 40 BHP modelo CPH40-3		
Descripción	Medida	Unidades
Potencia de salida	337420	Kcal/h
Evaporación a 100 °C	628	Kg/h
Superficie de calefacción	21,945	m ²
Presión de diseño	10	Kg/cm ²
Dimensiones		
Diámetro de la caldera	1250	mm
Longitud de la caldera	3400	mm
Longitud del cuerpo	2650	mm
Longitud de la base	2340	mm
Ancho de la caldera	1620	mm
Ancho de la base	1000	mm
Altura de la caldera	2121	mm
Medidas de conexiones		
Salida de vapor	50,8	mm
Entrada de agua	25,4	mm
Purga de fondo	25,4	mm
Salida de gases	254	mm
Espacio mínimo requerido		
Al frente	1500	mm
Hacia atrás	1350	mm
A la derecha	1200	mm
A la izquierda	1200	mm
Consumo máximo		
Diésel	44	lt/h
Pesos aproximados		
De embarque	3100	Kg
En operación	4000	Kg
Totalmente llena de agua	4650	Kg

Fuente: Catálogo de selección de calderas

4.2 Interpretación de los datos obtenidos de las variables del ablandador de agua

4.2.1 Cálculo de las variables del ablandador de agua

Las variables obtenidas para la selección del ablandador de agua son:

Capacidad de las calderas.

La caldera seleccionada generara 40 BHP.

Dureza

El agua utilizada para la alimentación de las calderas es de la red de distribución del Cantón, así como también agua de vertientes naturales propias del balneario; según un estudio de dureza del agua realizado en el laboratorio, con una muestra tomada sin el funcionamiento de la caldera existente en el balneario, dio como resultado una dureza de 256 ppm

Volumen

Dato obtenido por el dimensionamiento de la piscina semi-olímpica del balneario, se obtuvo:

V_{tp}: Volumen total de la piscina (vacía)

$$V_{tp} = (25 \times 12,5 \times 1,5 \text{m})$$

$$V_{tp} = 468,75 \text{m}^3$$

V_p: Volumen de agua de la piscina

$$V_p = (25 \times 12,5 \times 1,36 \text{m})$$

$$V_p = 425 \text{ m}^3$$

Tiempo de trabajo del ablandador

El ablandador de agua trabajara un tiempo de 12 horas diarias (720 min).

Factor de conversión ppm a granos por galón.

$$1 \text{ppm} = 0,058 \text{ granos por galón}$$

Caudal requerido

Se requiere un caudal de 0,069 GPM de agua por cada BHP.

Considerando un retorno de condensando del 20% tendremos:

$$\# \text{ granos del ablandador} = 1,6(\text{Pr})(\text{Caudal requerido})(\text{tiempo de trabajo ablandador})(\text{dureza})(\text{factor de conversión}) \quad (25)$$

granos del ablandador = 1,6(40)0.069(720)256(0,058)

granos del ablandador = 47209,51 granos

4.2.2 *Análisis de los resultados obtenidos de las variables del ablandador de agua*

El agua por ser un solvente universal se encuentra en estado puro en la naturaleza; por tal motivo toda fuente de suministro de agua va a contener sustancias extrañas; denominadas impurezas, las cuales son perjudiciales debido a que ocasionan inconvenientes durante el funcionamiento de la caldera, teniendo que ser tratadas químicamente para su remoción o eliminación.

Las impurezas en el agua de alimentación están constituidas por sales disueltas y suspendidas, las mismas que causan problemas de incrustaciones, corrosión, fragilidad caustica, espumeo y arrastre. La presencia de incrustaciones causa muchos problemas en las calderas y tuberías, así entre los principales se pueden señalar:

Mayor consumo de combustible, se ha llegado a determinar que por ejemplo 2.5 mm de incrustación ocasiona un 16% adicional de combustible gastado.

Pérdida de eficiencia de las calderas, debido a que, en las superficies de calentamiento, las incrustaciones reducen la cantidad de calor transmitido, lo que representa un aumento de la resistencia a vencer por parte del calor.

Recalentamiento de los tubos, con el consiguiente debilitamiento del material de los mismos.

Fallas muy costosas, por ejemplo, un recalentamiento excesivo causado por las incrustaciones, puede inclusive originar explosiones en las calderas.

Corrosión acentuada bajo las incrustaciones.

En el siguiente gráfico 1-4 se muestran las pérdidas de combustible causadas por incrustaciones.

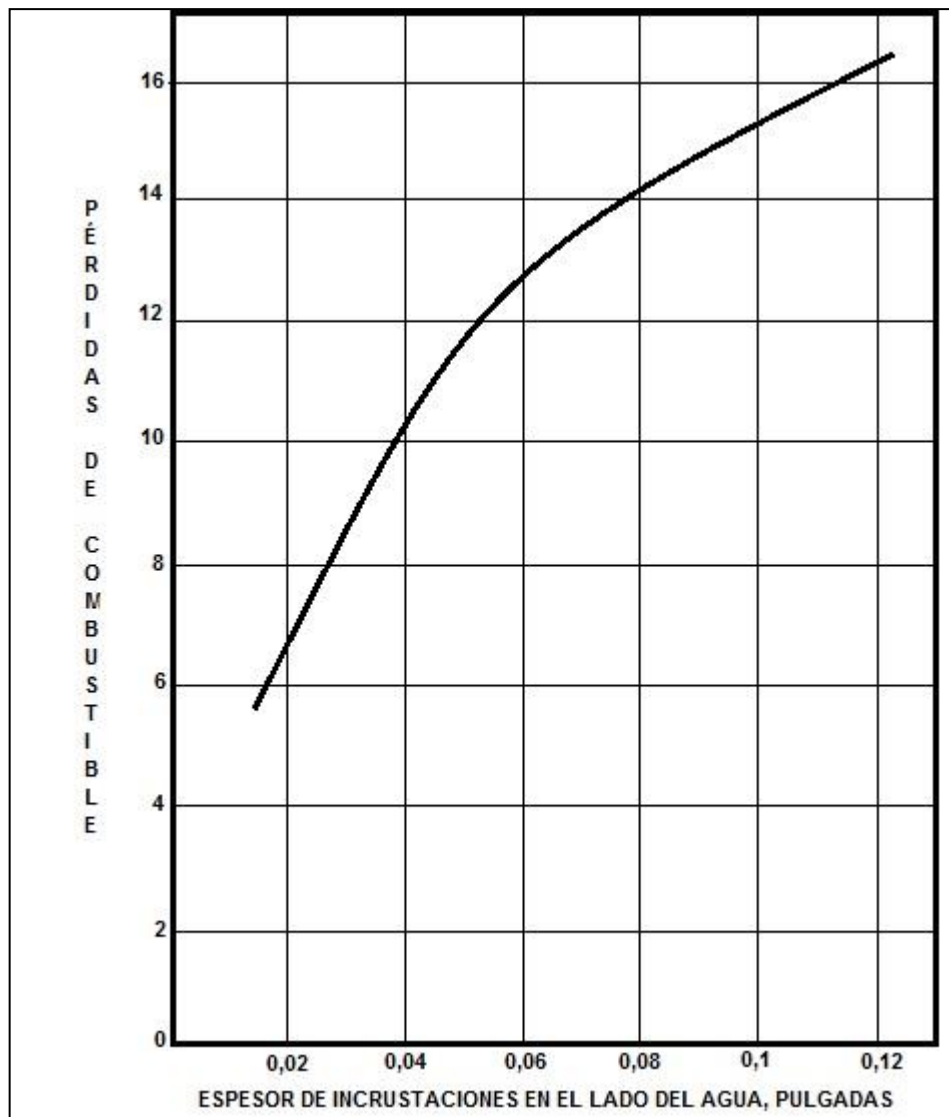


Gráfico 1-4. Pérdidas de combustible por incrustaciones

Fuente: Análisis para el mejoramiento de la eficiencia de las calderas.

4.2.3 Selección del ablandador

Debido a que el número de granos calculado fue de 47209,51 el ablandador seleccionado será automático, donde el máximo caudal de servicio que puede entregar es de 21 GPM y su capacidad máxima de ablandamiento es de 60000 granos por cada tanque lo cual está muy acorde a los límites requerido. La resina utilizada es de tipo alimenticio de alta capacidad y libre de solventes clorado.

Entonces el ablandador tendrá las siguientes características técnicas especificadas en la tabla 3-4:

Tabla 3-4. Características del ablandador de agua seleccionado.

Ablandador automático	
Descripción	Características
Ablandador	Automático modelo SCWS 60-1
Caudal continuo	16 GPM
Caudal máximo de servicio	21 GPM
Presión mínima requerida	20 PSI
Presión máxima	125 PSI
Temperatura de operación máxima	48 °C
Tamaño del tanque del ablandador	12x52 in
Tamaño del tanque de salmuera	18x40 in
Cantidad de resina	2 ft ³

Fuente: Catálogo de selección de ablandadores

El equipo cuenta con un tanque robusto hecho de fibra de vidrio reforzada con poliéster y capas de fibra adicional, el cual permite que no se corroa, y además lo hacen ideal para trabajar en ambientes duros. Cuenta además con un sistema volumétrico que tiene incorporado un módulo electrónico y una pantalla de programación, que permite visualizar la capacidad disponible, caudal instantáneo, promedio consumo de agua tratada por día, además indica también el nivel de sal bajo.



Figura 1-4. Ablandador de agua

Fuente: Catálogo de ablandadores

En lo que se refiere al control de la regeneración, existen tres sistemas comunes de la regeneración. El primero incluye un control del tiempo-reloj, en el cual se debe programar el reloj para regenerar en un horario fijo; el segundo es un control del controlador de agua, en este

se cuantifica los regenerados después de una cantidad fija de agua que han pasado a través del ablandador; y por último existe un control del sensor de la dureza, donde el sensor detecta la dureza del agua que sale de la unidad y señala el ablandador cuando la regeneración es necesaria. El ablandador a utilizar tiene controles electrónicos, un temporizador o reloj de tiempo para programar (timer), y un contador de agua.

4.3 Interpretación de los datos obtenidos de las variables de la bomba de agua

4.3.1 Cálculo de las variables de la bomba

Demanda del Agua en la Caldera

Por medios de datos experimentales se tiene que para satisfacer la demanda de 1 BHP se requieren 0,069 galones americanos por minuto o 0.261 litros por minuto. Entonces:

$$CE=2(0,069)Pr \quad (26)$$

Donde:

CE: Capacidad de evaporación.

Pr: Potencia de las calderas. (Pr=40 BHP)

$$CE=2(0,069)40$$

$$CE=5,52 \text{ GPM}$$

Presión de descarga

La presión de descarga de la bomba de agua de alimentación es siempre mayor que la presión de diseño de la caldera, un valor recomendable para la presión de descarga es de 0.35 a 1.76 kg/cm^2

$$P_{\text{caldera}} = 10 \text{ Kg/cm}^2 = 142,23 \text{ psi}$$

$$P_{\text{descarga}} = P_{\text{caldera}} + P_{\text{descarga recomendable}} \quad (27)$$

$$P_{\text{descarga}} = 10 \text{ Kg/cm}^2 + 0,35 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_{descarga} = 10,35 \text{Kg/cm}^2 = 147,21 \text{ psi}$$

La cantidad de agua que se necesita suministrar a la caldera para que este opere normalmente se la obtiene de la siguiente ecuación:

$$CB = \frac{0.069(Pr)f_e}{g_e} \quad (28)$$

Donde:

CB: Capacidad de bombeo en GPM

f_e : Factor de encendido ($f_e=1.15$)

g_e : Gravedad especifica del agua = 1

Pr: Potencia de la caldera

Factor de encendido para bombas de turbina y centrifugas adecuadas para el bombeo de agua hacia las calderas son:

Bombas centrifugas: 1,10 a 1,15

Bombas de turbina: 1,15 a 2

Como se necesita una bomba centrifuga óptima para el funcionamiento de la caldera pirotubular horizontal de 40 BHP, entonces el factor de encendido es:

$$CB = \frac{0.069(40)1,15}{1}$$

$$CB=3,17 \text{ GPM}$$

Potencia del motor de impulsión de la bomba

$$HP = \frac{8,33*CB*TDH* g_e}{33000* n} \quad (29)$$

Donde:

TDH: Altura total dinámica de descarga

n: Eficiencia

g_e : Gravedad específica del agua

$$TDH = P_{descarga} \left(\frac{2,31 \text{ pies } H_2O}{1 \text{ psi}} \right) \quad (30)$$

$$TDH = 147,21 \text{ psi} \left(\frac{2,31 \text{ pies } H_2O}{1 \text{ psi}} \right)$$

$$TDH = 340,05 \text{ pies } H_2O$$

Es recomendable utilizar la menor eficiencia del rango debido que se debe trabajar en el peor de los casos; esta dado entre 0,35 a 0,85

$$HP = \frac{8,33 * 3,17 \text{ GPM} * 340,05 \text{ pies } H_2O * 1}{33000 * 0,35}$$

$$HP = 0,78$$

4.3.2 *Análisis de los resultados obtenidos de las variables de la bomba*

La generación de vapor en la caldera va a depender de la cantidad de agua que se suministre, por lo que es recomendable que la cantidad de agua de reserva y la capacidad del tanque de condensado sea de tal manera que almacene una cantidad mínima de agua lo suficiente para mantener la evaporación de la caldera por lo menos durante 20 minutos.

La bomba de agua de alimentación succiona agua del tanque para llevarla hasta la caldera para generar el vapor.

Para seleccionarla es necesario considerar los siguientes criterios:

Operación continua o intermitente.

Operación intermitente

Temperatura del agua de succión.

$$T = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Volumen del agua en la piscina.

$$V = 425 \text{ m}^3$$

Presión de descarga.

$$P_{\text{descarga}} = 147,21 \text{ psi}$$

4.3.3 Selección de la bomba

La potencia necesaria es de 0,78 HP, pero como no es un valor existente en el mercado y para una mejor utilidad debido a los parámetros mencionados, para la bomba se tomará una potencia de 1 HP. Con las siguientes características técnicas según catálogos de selección y comercialización, especificadas en la tabla 4-4.

Tabla 4-4. Características bomba centrífuga.

Bomba Centrífuga	
Descripción	Características
Bomba	De servicio continuo con protección térmica
Motor Eléctrico	1HP/60Hz
Caudal	50 lt/min
Voltaje	110/220 V
Hmax	60 m

Fuente: Catálogo de bombas

4.4 Selección del sistema de inyección de químicos

En esta selección se tomará en cuenta solamente los diferentes químicos que se van a utilizar para el mantenimiento funcional y eficiente de la caldera, para lo cual ya hemos conocido anteriormente el tipo de químicos que vamos a inyectar, así como los beneficios que se van a obtener. Es así que seleccionaremos un de los sistemas más comunes y eficientes para la inyección de químicos en calderas, basado en los catálogos de selección, iniciando por la transmisión y la potencia del motor como se muestra en el gráfico 2-4.

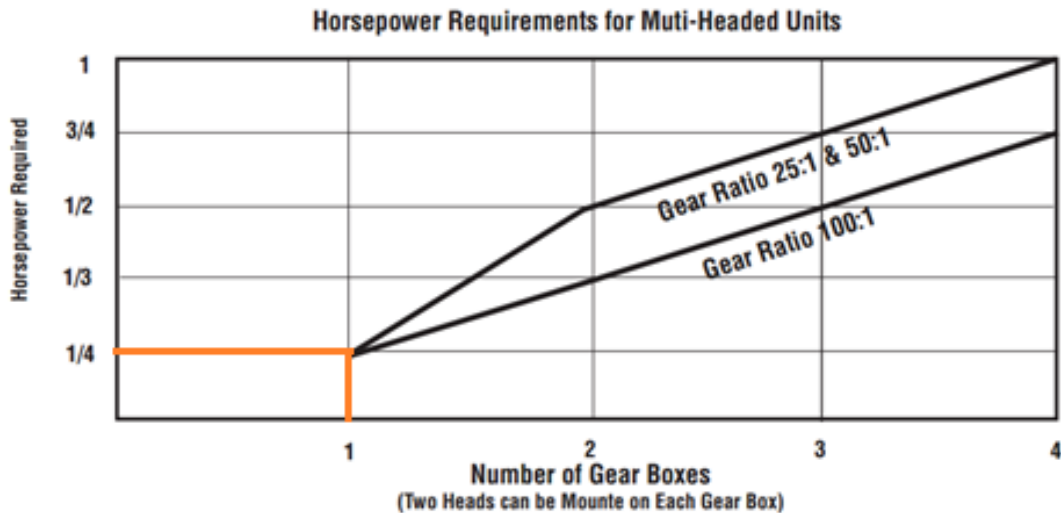


Gráfico 2-4. Gráfica de selección de bomba y motor de inyección de químicos
Fuente: Catálogo de selección de bombas de químicos

Se selecciona una bomba de desplazamiento positivo de doble etapa con relación de transmisión de 100:1, con capacidad de 1 a 10 gal/día, con motor eléctrico de 1/4 HP y dos tanques de almacenamiento de químico de 5 gal cada uno. (véase la tabla 5-4)

Tabla 5-4. Características del sistema de inyección de químicos.

<i>Bomba desplazamiento positivo modelo 4321-2</i>		<i>Motor eléctrico</i>		<i>Tanques de almacenamiento</i>	
Relación de transmisión	100:1	Frecuencia	60 Hz	Número de tanques	2
Etapas	Doble	Potencia	1/4 HP	Capacidad	5 gal
Diámetro del pistón	1/4 "				
Galones por día	1 - 10				
Presión máxima de descarga	2400 psi				

Fuente: Catálogo de bombas de químicos

4.5 Selección del intercambiador de calor

Para la selección del intercambiador de calor adecuado para el intercambio de energía calórica entre un fluido frío (agua de la piscina semi-olímpica) y un fluido caliente (vapor de agua proveniente de la caldera) se tomarán en consideración los factores más importantes para esta, los cuales son:

Aplicación: Piscina de recreación acuática semi-olímpica.

Sistema de generación de vapor: Caldera pirotubular horizontal de 40 BHP

Fluidos frío: agua de recirculación de la piscina

Fluido caliente: vapor de agua de la caldera

Volumen de la piscina: 425 m³

Flujo másico de vapor: 628 kg/h

Temperatura del agua para recreación: 28 °C

Temperatura del agua de recirculación de la piscina: 21,12 °C

En base al análisis de los parámetros antes mencionados se seleccionará un intercambiador de calor que ofrezca un rendimiento óptimo. Tomando en cuenta que la aplicación de este será con fines recreativos, que el vapor se obtendrá mediante un sistema de generación de vapor con una caldera pirotubular horizontal de 40 BHP. Entonces tendremos un intercambiador de calor de coraza y tubos, tipo GL140-3708-2C (cuproníquel) (véase anexo J del catálogo de selección de intercambiadores de calor para piscinas con caldera) ideal para intercambio de calor en el cual interviene principalmente vapor de agua, agua de recirculación con agentes químicos. En la siguiente tabla se tendrá de manera detallada las características del intercambiador de calor.

Tabla 6-4. Características del intercambiador de calor.

Intercambiador de calor GL140-3708-2C						
Características	Material		Peso [Kg]	Flujo máximo de vapor de la caldera [$\frac{m^3}{h}$]	Flujo máximo de agua de la piscina [$\frac{m^3}{h}$]	
Con protector de termostato integral de 7mm	Cuproníquel		30	12,6	50,4	
Dimensionamiento						
Dimensiones	Largo	Ancho	Diámetro de entrada de agua de la piscina	Diámetro de salida de agua de la piscina	Diámetro de entrada de vapor	Diámetro de salida de vapor
Media	532 [mm]	190 [mm]	3"	3"	1 ½"	1 ½"

Fuente: Catálogo de selección de intercambiadores de calor

CAPÍTULO V

5. DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES PARA LA NUEVA CALDERA, SU EQUIPAMIENTO Y LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE FLUIDOS

Todas las instalaciones están realizadas en software AutoCAD, sus dimensionamientos y especificaciones técnicas se encuentran en los anexos de este documento; a continuación en la figura 1-5, se observa los conjuntos de los diferentes tipos de instalaciones:

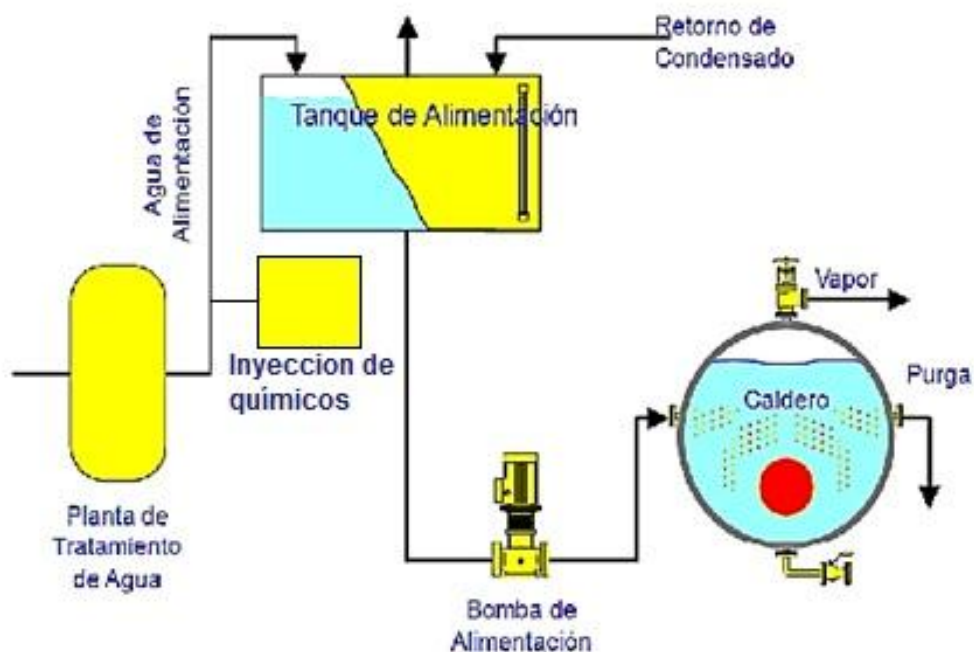


Figura 1-5. Diagrama del circuito de circulación de la caldera

Fuente:(García, y otros, 2008)

5.1 Distribución de instalaciones entre la caldera y sus equipos de funcionamiento

Deberá elegirse la distribución más óptima de tal modo que asegure un buen funcionamiento del sistema y no se produzcan caídas de presión significativas, evite pérdidas excesivas de calor y minimice costos de instalación. A continuación, en la tabla 1-5 se detallan las distintas tuberías a utilizar en las instalaciones de la sala de caldera.

Tabla 1-5. Características de tubería seleccionadas

Instalación uso	Descripción	Dnom [pulg]	Dext [mm]	Dint [mm]	Espesor [mm]	Presión Trabajo [psi]	Conductividad térmica
Vapor y agua de la cadera	Acero negro 1 ½” ASTM 795 Cedula 40	1 ½”	48,33	42,76	2,77	980	0,35
Purga de vapor y flujo de combustible	Acero negro ½” ASTM A 53 Cedula 40	½”	21,30	15,76	2,77	687	0,35
Flujo de agua a la piscina	Tubería PVC 4” Clase 7,5	4”	114	105,8	4,10	180	0,94
Flujo de agua de alimentación para la caldera	Tubería PVC ½” Clase 10	½”	22,25	15,8	1,75	105	0,94

Fuente: Autor

5.1.1 Cálculo de pérdidas de calor en la tubería de vapor

Para las pérdidas de calor en la tubería de acero negro de 1 ½” la cual conduce el vapor desde la caldera de generación de vapor (véase la figura 2-5), se tomará en cuenta.

El sistema opera a régimen permanente.

El flujo de calor es básicamente direccional radial.

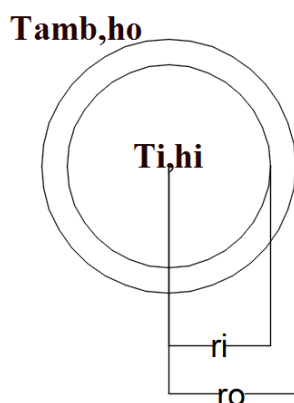


Figura 2-5. Diagrama vista seccional de tubería

Fuente: Autor

La pérdida de calor (q_p) en la tubería se calcula mediante la ecuación.

$$q_p = \frac{2\pi L(T_{\infty,i} - T_{amb\ nat})}{\frac{1}{r_i h_i} + \frac{1}{K_{tub}} \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right) + \frac{1}{r_o h_o}} \quad (31)$$

Donde:

q_p : Pérdida de calor en la tubería

L: Longitud de la tubería (L=5,405)

r_i : Radio interno de la tubería ($r_i=0,02138$ m)

r_o : Radio exterior de la tubería ($r_o=0,02415$ m)

K_{tub} : Coeficiente de conductividad térmica de la tubería ($K_{tub}=37,5 \frac{W}{m^{\circ}C}$)

h_o : Coeficiente de transferencia de calor por convección y radiación [$\frac{W}{m^{\circ}C}$]

h_i : Coeficiente convectivo del vapor de agua dentro de un tubo [$\frac{W}{m^{\circ}C}$]

$T_{\infty,i}$: Temperatura de vapor saturado a presión absoluta del vapor

$T_{amb\ nat}$: Temperatura ambiental natural del balneario ($T_{amb\ nat}=16$ °C)

(ASME - ANSI A13.1, 2014)

Presión absoluta del vapor

$$P_{absvap} = P_{vapor} + P_{atm} \quad (32)$$

Donde:

P_{vapor} : Presión del vapor ($P_{vapor}= 142,23$ psi man)

P_{atm} : Presión atmosférica en el cantón Guano ($P_{atm}=10,654$ psi)

$$P_{\text{absvap}}=142,23 + 10,654$$

$$P_{\text{absvap}}=152,88 \text{ psi}$$

Con esta presión hallamos en tablas la temperatura de vapor saturado ($T_{\infty,i}$)

$$T_{\infty,i}=182,19 \text{ °C}$$

Temperatura fílmica (T_f)

$$T_f = \frac{T_i + T_{\infty,i}}{2} \quad (33)$$

Donde:

T_f : Temperatura fílmica

T_i : Temperatura en el interior de la tubería ($T_i=120 \text{ °C}$)

$$T_f = \frac{182,19 + 120}{2}$$

$$T_f = 151,1 \text{ °C}$$

Número de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{\delta(D_i)v_v}{\mu} \quad (34)$$

Donde:

Re : Número de Reynolds

δ : Densidad del vapor ($\delta=1,25 \frac{Kg}{m^3}$)

v_v : Velocidad del vapor

D_i : Diámetro interno de la tubería ($D_i=0,04276 \text{ m}$)

μ : Viscosidad dinámica ($1,96 \times 10^{-5} \frac{Ns}{m^2}$)

Velocidad del vapor (v_v)

$$v_v = 50(\sqrt{Di}) \quad (35)$$

$$v_v = 50(\sqrt{0,04276})$$

$$v_v = 10,33 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{\delta(Di)v_v}{\mu}$$

$$Re = \frac{1,25 \frac{Kg}{m^3} (0,04276 \text{ m}) 10,33 \frac{m}{s}}{1,96 \times 10^{-5} \frac{Ns}{m^2}}$$

$$Re = 28170,33$$

Coefficiente convectivo de vapor de agua dentro de la tubería (h_i)

$$h_i = \frac{Nu K_f}{Di} \quad (36)$$

Donde:

Nu: Número de Nusselt

K_f : Coeficiente de conductividad térmica del vapor ($K_f = 0,02713 \frac{W}{m^\circ C}$)

Número de Nusselt (Nu)

$$Nu = \frac{\frac{f}{8} Re Prd}{1,07 + 12,7 \sqrt{\frac{f}{8}} (Prd^{2/3} - 1)} \quad (37)$$

Donde:

Nu: Número de Nusselt

f: Factor de fricción

Prd: Número de Prandtl (Prd=1,0073)

Factor de fricción (f)

$$f=[1,82 \log_{10}(Re) - 1,64]^{-2} \quad (38)$$

$$f=[1,82 \log_{10}(28170,33) - 1,64]^{-2}$$

$$f=0,024$$

$$Nu = \frac{\frac{0,024}{8}(28170,33)1,0073}{1,07 + 12,7 \sqrt{\frac{0,024}{8}(1,0073^{2/3} - 1)}}$$

$$Nu=79,31$$

$$h_i = \frac{Nu K_f}{Di}$$

$$h_i = \frac{79,31(0,02713)}{0,04276}$$

$$h_i = 50,32 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

El coeficiente de convección (ho) que compone la resistencia a la transferencia de calor de la superficie externa de la tubería, es una combinación de convección natural y radiación.

$$h_o = h_c + h_r \quad (39)$$

Donde:

ho: Coeficiente convectivo de la superficie externa de la tubería

hc: Coeficiente convectivo del ambiente natural del balneario

hr: Coeficiente convectivo debido a la radiación solar

Coeficiente convectivo del ambiente natural del balneario (hc)

$$h_c = 5,7 + 3,8 v_a \quad (40)$$

Donde:

v_a : Velocidad del aire en el balneario ($v_a=1,67 \frac{m}{s}$)

$$hc=5,7 + 3,8(1,67)$$

$$hc=12,046 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Coefficiente convectivo debido a la radiación solar (hr)

$$hr = \frac{0,173 \varepsilon \left[\left(\frac{T_{ext}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ambnat}}{100} \right)^4 \right]}{T_{ext} - T_{ambnat}} \quad (41)$$

Donde:

ε : Coeficiente de emisividad para la tubería de acero negro ($\varepsilon=0,35$)

T_{ext} : Temperatura exterior de la tubería ($T_{ext}=96 \text{ }^\circ C=664,49 \text{ }^\circ R$)

T_{ambnat} : temperatura del ambiente natural del balneario ($T_{ambnat}=16 \text{ }^\circ C=520,47 \text{ }^\circ R$)

$$hr = \frac{0,173 (0,35) \left[\left(\frac{664,49}{100} \right)^4 - \left(\frac{520,47}{100} \right)^4 \right]}{664,49 - 520,47}$$

$$hr = 0,5 \frac{BTU}{h \text{ ft}^2 \text{ }^\circ F}$$

$$hr = 2,84 \frac{W}{m^2 \text{ }^\circ C}$$

$$h_o = hc + hr$$

$$h_o = 12,046 + 2,84$$

$$h_o = 14,88 \frac{W}{m^2 \text{ }^\circ C}$$

$$q_p = \frac{2\pi L (T_{\infty,i} - T_{ambnat})}{\frac{1}{r_i h_i} + \frac{1}{K_{tub}} \ln \left(\frac{r_o}{r_i} \right) + \frac{1}{r_o h_o}}$$

$$q_p = \frac{2\pi(5,405)(182,19 - 16)}{\frac{1}{0,02138(50,32)} + \frac{1}{37,5} \ln \left(\frac{0,02415}{0,02138} \right) + \frac{1}{0,02415(14,88)}}$$

$$q_p = 1518,81 \text{ W}$$

$$q_p = 5182,39 \frac{BTU}{h}$$

$$q_p = 0,1548 \text{ BHP}$$

El factor de seguridad tomado y el valor aproximado que se tomó en la potencia de la caldera cubre las pérdidas de calor que vamos a tener en la tubería que transporta el vapor, lo cual demuestra que la selección de tubería ha sido correcta.

5.2 Distribución de instalaciones de alimentación de agua

El tanque de almacenamiento de agua de alimentación o tanque de condensado, este es el que recibirá el condensado que se forma después de que el vapor haya transferido calor en los diferentes procesos térmicos para los cuales se destinó, así como también el agua proveniente de la toma principal de alimentación. Además, este tanque por tener una base estructural con una diferencia de altura con respecto al nivel del suelo complementara el proceso de ablandamiento del agua de alimentación al caldero.

Sí la reserva mínima de agua deberá satisfacer la evaporación en la caldera durante 20 minutos, se tiene:

$$\text{Reserva de agua mínima} = CE \times (\text{tiempo de evaporación}) \quad (42)$$

$$\text{Reserva de agua mínima} = 5,52 \text{ GPM} \times 20 \text{ min} = 110,4 \text{ Galones}$$

$$\text{Reserva de agua mínima} = 417,91 \text{ litros}$$

Por otra parte, el tanque de agua de alimentación no deberá estar nunca 100 % lleno, sino que solamente el nivel de agua debe cubrir el 70 % del volumen del tanque, con el fin de considerar el aumento de presión cuando haya un incremento de temperatura en el agua.

La reserva será:

$$\text{capacidad del tanque} = \frac{\text{Reserva mínima de agua}}{0,7} \quad (43)$$

$$\text{capacidad del tanque} = \frac{110,4}{0,7}$$

$$\text{capacidad del tanque} = 157,71 \text{ Galones}$$

$$\text{capacidad del tanque} = 0,597 \text{ m}^3$$

Por lo que se tiene que el agua de alimentación debe tener una capacidad mínima de 157,71 galones.

Esto indica que el dimensionamiento del tanque de alimentación de agua o tanque de condensado será con respecto a la capacidad del mismo que es de $0,597m^3$ y para una mayor facilidad de adquisición del tanque se tomará una capacidad aproximada a la calculada que será de $0,6 m^3$, con lo cual podremos diseñar un tanque de condensado cilíndrico.

Entonces tenemos:

Largo ($L=1,2$ m)

Radio ($R=0,4$ m)

Volumen ($V=0,6m^3$)

$$V=\pi r^2 L \quad (44)$$

$$0,6m^3=\pi(0,4m)^2(1,2m)$$

$$0,6m^3=0,6m^3$$

La siguiente tabla describe las características del tanque de alimentación de agua según anexoB.

Tabla 2-5. Características tanque de condensado

<i>Descripción</i>	<i>Simbología</i>	<i>Medida [m]</i>
Diámetro	Dt	0,8
Longitud	Lt	1,2

Fuente: Autor

5.3 Distribución de las instalaciones de alimentación de combustible

5.3.1 Tanque de almacenamiento de combustible

El diseño del tanque de combustible se lo realiza a condiciones extremas y con una frecuencia de abastecimiento de combustible al tanque de una vez por mes.

Consumo de combustible: 44 lt/h = 11,62 gal/h

Tiempo de trabajo diario: 12 h

Días de trabajo: 4 días

Semanas de trabajo al mes: 4 semanas

Volumen de combustible necesario mensual (V_{cm})

$$V_{cm}=(12 \text{ h/día})(4 \text{ días})(11,62 \text{ gal/h}) \quad (4 \text{ semanas}) \quad (45)$$

$$V_{cm}=2231,04 \text{ gal/mes}$$

Entonces el volumen aproximado de consumo de combustible tomando en cuenta el drenado de 5 galones diarios que se le realizará al tanque para eliminar impurezas y sólidos que se encuentren en este, será:

$$V_{cm}=2250 \text{ gal/mes}$$

Por cuestiones de costos de transporte para el abastecimiento de combustible y por normas de seguridad ambiental que rigen en la agencia de regulación y control de hidrocarburos (ARCH), el abastecimiento de combustible se realizara una vez por mes.

Además, se debe tomar en cuenta que el almacenamiento de combustible que se puede tener en el tanque solo deberá ser del 70% de su capacidad máxima.

$$V_{cm}=2250 \text{ gal} = 70\% \text{ de la capacidad}$$

Entonces el 100% de su capacidad, o sea la capacidad máxima del tanque será:

V_{tc} : Capacidad máxima de almacenamiento del tanque de combustible

$$V_{tc}=3214,286 \text{ gal}$$

Para una mejor selección del tanque de almacenamiento se toma un valor próximo.

$$V_{max}=3214,286 \text{ gal} = 3250 \text{ gal} = 12,3m^3$$

Entonces la dimensión del tanque de almacenamiento de combustible deberá ser de:

$$V_{tc}=\pi(r_t)^2L_t \quad (46)$$

Donde:

V_{tc} : Capacidad máxima de almacenamiento del tanque de combustible

r_t :Radio del tanque de combustible ($r_t=1 \text{ m}$)

Lt: Longitud del tanque de combustible (Lt=3,916 m)

$$V_{tc}=\pi(1)^2(3,916)$$

$$V_{tc}=12,3m^3$$

$$V_{tc}=3250 \text{ gal}$$

La siguiente tabla describe las características del tanque de combustible según anexo I.

Tabla 3-5. Características tanque de combustible

<i>Descripción</i>	<i>Simbología</i>	<i>Medida [m]</i>
Diámetro	Dt	2
Longitud	Lt	3,916
Base estructural		
Altura	hest	0,5
Longitud	Lest	2
Ancho	aest	1,2

Fuente: Autor

5.3.2 *Tanque de consumo diario de combustible*

Tener un tanque de abastecimiento diario de combustible es importante debido a que nos permite evitar el uso excesivo y paulatino uso de la bomba de alimentación de combustible desde el tanque de almacenamiento de 3250 gal, sirve como receptor del combustible que retorna como excedente del quemador, permite medir de manera fácil el consumo diario de combustible y además nos permite mantener de mejor manera el cuidado del quemador, ya que este tanque también servirá como una etapa más de filtrado del combustible, mediante su drenado de impurezas.

Su ubicación deberá ser a una altura mayor a la del quemador.

Los parámetros a tomar en cuenta para la selección del tanque son:

Consumo de combustible: 44 lt/h = 11,62 gal/h

Tiempo de trabajo diario: 12 h

Colchón de combustible: 10%

Volumen de consumo diario de combustible (Vcd)

$$V_{cd} = (11,62 \text{ gal/h}) \cdot (12 \text{ h})$$

$$V_{cd} = 139,44 \text{ gal}$$

Colchón de combustible.

El colchón de combustible se toma a consideración puesto que se debe tener siempre por medida de seguridad para la bomba del quemador, un remanente de combustible el cual debe ser del 10% del volumen de consumo diario. El cual será:

$$10\% = 13,944 \text{ gal}$$

Volumen del tanque de consumo diario de combustible (V_{tcd})

Para el volumen del tanque también se tomará en consideración el factor humano, es decir que se precautelara que el personal encargado de la sala de caldera no abastezca de combustible a este tanque en los horarios preestablecidos de 24h, para lo cual se considerara una capacidad de almacenamiento para dos días.

$$V_{tcd} = (139,44 \text{ gal}) (2) + 13,944 \text{ gal}$$

$$V_{tcd} = 292,824 \text{ gal}$$

El valor obtenido es de 292,824 gal y para mayor facilidad de selección y dimensionamiento del tanque se tomará en consideración el valor próximo de 300 gal.

Entonces:

$$V_{tcd} = 300 \text{ gal} = 1,136 \text{ m}^3$$

Donde:

V_{tcd} : Capacidad máxima de almacenamiento del tanque de combustible diario

r_t : Radio del tanque de combustible ($r_t = 0,5 \text{ m}$)

L_t : Longitud del tanque de combustible ($L_t = 1,446 \text{ m}$)

$$V_{tcd} = \pi(0,5)^2(1,446)$$

$$V_{tcd} = 1,136 \text{ m}^3$$

$$V_{tcd} = 300 \text{ gal}$$

La siguiente tabla describe las características del tanque de combustible según anexo I.

Tabla 4-5. Características tanque de consumo diario de combustible

<i>Descripción</i>	<i>Simbología</i>	<i>Medida [m]</i>
Diámetro	Dt	1
Longitud	Lt	1,446

Fuente: Autor

5.4 Distribución de las instalaciones para la emisión de los gases de combustión

Las chimeneas tienen por misión la conducción de los gases producto de la combustión desde la caldera hasta el exterior, por esta razón una chimenea debe tener el tiro suficiente para vencer la resistencia de los humos de la caldera, debe cumplir con una temperatura a la salida de la caldera de $(60 \pm 10)^\circ\text{C}$ por arriba de la temperatura de vapor saturado de la caldera, lo cual garantizara una correcta combustión. Además, la chimenea que sale al exterior y por encima del cuarto de calderas deberá tener una distancia mínima de 1m de separación con respecto a la construcción civil. (Norma UNE 123.001), (ASTM D2156)

Para el cálculo del dimensionamiento de la chimenea se emplearán valores aproximados, para posteriormente corregirlos con los datos que se obtengan:

Combustible: Diésel

Vapor generado: 628 Kg/h

Temperatura promedio de los humos de chimenea: $250^\circ\text{C} = 942^\circ\text{R}$ (valor próximo recomendado)

Temperatura de bulbo seco en el balneario los Elenes del cantón Guano: $16^\circ\text{C} = 520^\circ\text{R}$

Tiro de la chimenea: 4 mm de columna de agua = 0,16 pulgadas de columna de agua (valor teórico recomendado)

Presión atmosférica en el balneario los Elenes del cantón Guano: 10,654 psi

La figura 3-5 da el valor del vapor generado con respecto al tipo de combustible.

Relación en peso	
Tipo de hogar	Caudal de humos/caudal de vapor
Combustible líquido o gaseoso	1.15
Carbón pulverizado	1.25

Figura 3-5. Relación de vapor generado con el tipo de combustible
Fuente: Centrales térmicas, circuito aire – humo, Ing. Ismael Prieto

Debido a que el combustible que se va a utilizar es líquido, el caudal de humos será:

$$1,15 \times 628 \text{ Kg/h} = 722,2 \text{ Kg/h} = 0,201 \text{ Kg/s}$$

Con este caudal obtenido, podremos encontrar el diámetro recomendado para la chimenea según el gráfico 1-5.

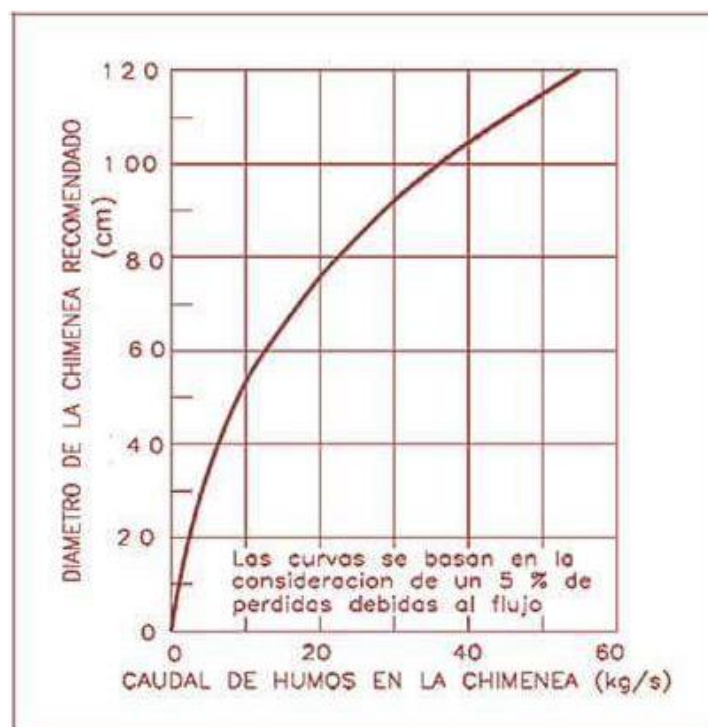


Gráfico 1-5. Diámetro recomendado de chimeneas para un rango determinado de caudal de humos
Fuente: Centrales térmicas, circuito aire – humo, Ing. Ismael Prieto

Con un caudal de humos de 0,201 Kg/s, se obtiene un diámetro de 25 cm, este diámetro es aproximado al recomendado por el catálogo de selección de calderas que es 25,4 cm, entonces

se trabajara con este diámetro.

Ahora calcularemos la altura de la chimenea por medio de la siguiente ecuación:

$$h = \frac{\Delta P}{1,71P \left(\frac{1}{T_{abs}} - \frac{1}{T_{pg}} \right)} \quad (47)$$

Donde:

h: Altura de la chimenea en metros

ΔP : Tiro teórico en pulgadas de agua

P: Presión atmosférica en Psi

Tabs: Temperatura de bulbo seco en grados R

Tpg: Temperatura promedio de los humos en grados R

$$h = \frac{0,28 \text{ pulg de columna de agua}}{1,71(10,654 \text{ psi}) \left(\frac{1}{520^\circ\text{R}} - \frac{1}{942^\circ\text{R}} \right)}$$

$$h = 10,20 \text{ m}$$

Entonces necesitamos una chimenea con un diámetro de 10 pulg (25,4 cm) y con una altura de 10 m para el correcto funcionamiento de la caldera. El dimensionamiento de la caldera es el adecuado ya que es una caldera de 40 BHP que con respecto a la chimenea funciona a tiro natural.

CAPÍTULO VI

6. PLAN DE MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DE LA NUEVA CALDERA, EQUIPOS DE FUNCIONAMIENTO E INSTALACIONES

6.1 Plan de Mantenimiento

El plan de mantenimiento de la caldera se elabora tomando en consideración todas las partes importantes e indispensables para el correcto funcionamiento del mismo.

Un programa de mantenimiento bien enfocado ayudara a evitar paros innecesarios y reparaciones costosas, promoverá la seguridad y ayudara al personal encargado de la sala de caldera. Debe establecerse un plan de inspección calendarizado. También se recomienda que se mantenga una bitácora o registro de la sala de caldera. El registrar parámetros de funcionamiento, actividades rutinarias y de mantenimiento diarias, semanales, mensuales, semestrales y anuales proveerán una guía valiosa que ayudará a obtener información de cualquier anomalía o novedad en la caldera, lo cual permitirá un mejor cuidado y por ende su correcto funcionamiento a largo plazo.

Inspección y mantenimiento

Controles de nivel de agua. - En la caldera de vapor, También se debe revisar y realizar análisis de dureza de muestras de agua de caldera y condensado por lo menos una vez por semana.

Dado que los dispositivos de corte por bajo nivel de agua por lo general se ajustan por el fabricante original, no se debe tratar de ajustar estos controles para alterar el punto de corte por bajo nivel de agua o conexión y desconexión de bomba.

En una caldera de vapor, el mecanismo principal del dispositivo de corte por bajo nivel de agua debe quitarse al menos anualmente para revisar y limpiar el flotador, las partes internas con movimiento y la columna de agua.

Mantenimiento rutinario y preventivo

Diariamente: se llevará a cabo una rutina de inspección de parámetros de los niveles de agua, de manómetros y de controles de ignición de la caldera. Los cuales se consignará en el formato del

programa preventivo diario. Donde se revisan las condiciones más críticas como son:

Nivel de agua y combustible: Es muy necesario revisar periódicamente los controles de nivel de agua. En la mayoría de los casos en que hay un daño grande a la caldera, se da por operar con bajo nivel de agua o por usar agua no tratada o tratada incorrectamente, el cual es el caso que se ha venido dando continuamente en el balneario. Así como también el chequeo a diario del nivel de combustible mediante el aforo del tanque de combustible.

Drenaje de la caldera y nivel de agua.

La columna de agua debe ser purgada a diario.

Registro de Presiones.

El registro de presiones se debe llevar cuando la caldera esté en funcionamiento diariamente hora a hora.

Chequeo general (condiciones físicas)

Semanalmente se revisarán los resultados de las rutinas, si dado caso que presente muestras de cualquier anomalía, se tomarán las medidas pertinentes para mantener la caldera en óptimas condiciones de funcionamiento y seguridad. También se realizara el cierre del manifold de las tuberías de circulación y recirculación de agua de la piscina para obtener un sistema de circulación cerrado lo cual nos permitirá realizar la inyección de químicos (mediante el sistema de inyección de químicos el cual consta de un tanque de almacenamiento y una bomba de embolo de doble etapa) secuestrantes de oxígeno, aminas neutralizantes, anti-incrustantes, antiespumantes, limpiadores para que circule por todas las tuberías y equipos necesarios en la ayuda del buen funcionamiento del sistema, así como también protectores y neutralizantes para la línea de retorno de condensado. Luego de realizar la inyección de químicos se procederá a purgar la caldera.

Con la purga adecuada nos ahorramos un 1,5 % del consumo de combustible, esto quiere decir eliminar mediante la purga solo la cantidad de agua necesaria para extraer los sólidos que se encuentren en el interior de la caldera.

Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se realizará con lapsos de tiempo considerables como son semestrales y anuales debido a los costos que implica realizar este tipo de mantenimiento, por la adquisición de repuestos y la parada de la caldera que no calentara el agua de la piscina. Este mantenimiento se realizará en lo posible en los días en los cuales no hay atención al público.

Semestralmente: se comprobará el funcionamiento de todos los controles elevando el nivel del agua en la caldera; se observará como responden los controles de la ignición elevando y reduciendo la presión; se comprobará el estado de las válvulas de seguridad, accionando manualmente el dispositivo correspondiente.

Con intervalos programados de entre 1 y 2 años, se deberá realizarse una revisión completa y cuidadosa, tanto externa como internamente.

El examen visual comprende la búsqueda de pequeñas fugas (liqueo); coloración o decoloración de algunas áreas; acumulación de óxidos o de otros compuestos, leves deformaciones y/o sonidos extraños.

Se deberá llevar un registro de las inspecciones, pruebas y reparaciones en la bitácora correspondiente a la caldera y sus equipos.

En la siguiente tabla se detallará de manera fácil y concisa un plan de mantenimiento calendarizado para poder llevar de una mejor y fácil manera la sistemática del mantenimiento.

Tabla 1-6. Programa de mantenimiento de la caldera y sus equipos

Diariamente	Semanalmente	Mensualmente	Semestralmente	Anualmente
-Revise el nivel de agua -Revise visualmente la coloración de los humos de combustión -Purgue la caldera -Purgue la columna de agua -Registre la presión/temperatura de agua de alimentación -Registre la temperatura de gases de combustión -Registre las temperaturas de alimentación y retorno de agua de caldera -Registre el uso de agua de compensación -Registre la presión de vapor -Busque condiciones inusuales, ruidos, en los equipos. -Trate el agua de suministro.	-Revise que la válvula de combustible esté bien apretada -Revise luces y alarmas -Revise los indicadores -Revise los controles de seguridad y bloqueo -Busque fugas, ruidos, vibraciones, condiciones inusuales, en los equipos y tuberías	-Inspeccione el quemador -Busque fugas en el gas de chimenea -Busque fuentes de calor anormales -Revise que la válvula de combustible esté bien cerrada -Revise el enlace de combustible y aire -Revise controles de seguridad y bloqueo -Analice los gases de combustión -De mantenimiento preventivo a las bombas.	-Limpie el corte por nivel bajo de agua -Limpie la alineación de acoplamiento de la bomba -Inspeccione el refractario - De mantenimiento correctivo a las bombas.	-Limpie superficies en contacto con calor -Limpie conexiones de todos los equipos -Inspeccione superficies en contacto con agua -Revise las válvulas de seguridad de operación

Fuente:(COMESA, 1997)

6.1.1 Equipos de la sala de caldera

El fabricante es el mejor conocedor de los equipos por lo que la primera acción necesaria será tener en cuenta como fuente principal de mantenimiento los manuales de la caldera y sus equipos de funcionamiento. El segundo punto será llevar un historial de datos de parámetros de funcionamiento y novedades en la caldera y sus equipos.

6.2 Codificación de equipos

Para un mejor reconocimiento y planificación de mantenimiento los equipos deberán tener una codificación que los haga únicos, para poder llevar un historial propio de cada uno de ellos en lo

que respecta al mantenimiento, además de servir también para una mejor toma de datos y otros aspectos de la operación que se deseen manejar de manera más detallada, indicado en la siguiente tabla.

Tabla 2-6. Codificación de equipos

<i>Sistema</i>	<i>Subsistema</i>	<i>Equipo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Código</i>
Generación de vapor	Caldera	Quemador	1	GVCAQ-001
		Mirilla de nivel	1	GVCAM-001
		Hogar o fogón	1	GVCAH-001
		Tuberías de circulación de fluidos	1	GVCAH-001
		Válvulas de purga	2	GVCAT-001
				2
				GVCAV-002
	Sistema de encendido	Swich de encendido y apagado	1	GVSES-001
		Contactos eléctricos	1	GVSEC-001
	Sistema de seguridad	McDonnell	1	GVSSM-001
Presóstato		1	GVSSP-001	
Tubería de escape de gases de combustión	Chimenea	1	GVTEC-001	
Intercambiador de calor	Tubos	1	GVICT-001	
Alimentación de agua	Ablandador de agua	Filtro de agua	1	AAAF-001
		Tanque de almacenamiento	1	AAATA-001
		Tanque de salmuera	1	AAATS-001
	Tanque de condensado	Filtro de agua	1	AATFA-001
		Válvulas de globo	1	AATVG-001
	Bomba centrífuga	Sellos mecánicos	1	AABCS-001
		Rotor	1	AABCR-001
Eje		1	AABCE-001	
Carcasa		1	AABCC-001	
Alimentación de combustible	Tanque de combustible	Filtro de combustible	1	ACTCF-001
	Bomba de transferencia de combustible	Sellos mecánicos	1	ACBCS-001
		Rotor	1	ACBCR-001
		Eje	1	ACBCE-001
	Tanque de consumo diario de combustible	Carcasa	1	ACBCC-001
Filtro de combustible		1	ACTDF-001	
Inyección de químico	Tanque de químico	Mangueras	1	IQTQM-001
	Bomba de émbolo	Sellos	1	IQBES-001
		Pistones	1	IQBEP-001

Fuente: Autor

Periodos de mantenimiento de la caldera y sus equipos de funcionamiento

6.3 Plan de mantenimiento del sistema generación de vapor

Diario

Limpieza de la mirilla.

Purga de caldera.

Orden y limpieza general.

Revisión de sistemas de seguridad.

Semanal

Revisión de sistemas de encendido

Revisión del estado de las conexiones de los sistemas de control de la caldera

Revise que los enlaces del quemador de combustible estén bien apretados. Vuelva a apretar de ser necesario.

Mensual

Revise la tapa trasera del caldero y reajuste los pernos de manera uniforme para evitar fugas de ser necesario.

Revise el buen funcionamiento de los manómetros y termómetros en el caldero.

Semestral

Verifique el estado del McDonell o control de nivel de agua y realice la limpieza para evitar que se acumule lodos.

Limpie los contactos para el encendido del caldero.

Para su lavado, en caso de haber estado encendido, enfríe el caldero lentamente hasta la temperatura ambiente (si no se enfría lentamente puede afectar la vida de la caldera y posiblemente causar fugas en los tubos).

Mientras la caldera esta parada, revise todas las válvulas y accesorios y reemplace si es necesario.

Limpie los tubos de fuego utilizando cepillos y una aspiradora de acuerdo al diámetro.

Revise el refractario trasero y rellene cualquier imperfección con cemento refractario.

Anual

Enjuague el caldero con una manguera a presión (para desplazar todo el lodo acumulado).

Cambie el ring gasket (empaquet) del ManHole para evitar fugas de vapor y agua.

Revise las válvulas de seguridad o alivio de presión manualmente.

Cambie los empaques de las tapas de los tubos de fuego cuando existan fugas de vapor.

Inspeccione la carcasa y la superficie de los tubos para detectar signos de corrosión o incrustaciones.

Revise el estado del aislante térmico de la tubería. Cambie de ser necesario.

En la siguiente tabla se detallará de manera fácil y concisa un plan de inspecciones de mantenimiento diario y semanal del sistema de generación de vapor.

Tabla 3-6. Inspecciones de mantenimiento diario-semanal del sistema de generación de vapor.

Subsistema	Revisión de equipo	Código	Inspección
Caldera	Mirilla de nivel	GVCAM-001	Visual
	Válvula de purga	GVCAV-001	Manual
		GVCAV-002	Manual
	Pernos de anclaje	N/A	Visual
	Aislamiento térmico de la tubería	N/A	Visual
Tubería de escape de gases de combustión	Chimenea	GVTEC-001	Visual
Encendido	Swich contactor de arranque	GVSES-001	Visual
Seguridad	Presóstato	GVSSP-001	Visual
	Temperatura	N/A	Visual
	Seteo de manómetro y termómetro	N/A	Visual

Fuente: Autor

6.4 Plan de mantenimiento del sistema de alimentación de agua

Los ablandadores darán un tratamiento de agua, que comprenda: Clarificación, filtración, intercambio iónico, desaireación, tratamiento químico, retención de oxígeno, acondicionamiento de la dureza y utilización de desincrustantes, dependiendo de las necesidades requeridas por el análisis de agua, realizado previamente.

En si por ser equipos costosos y delicados, para evitar alguna clase de daño en él, de preferencia el mantenimiento correctivo se lo realizará por técnicos capacitados ya sean de la empresa distribuidora de los ablandadores o de alguna empresa que preste este tipo de servicio.

Debe existir un Mantenimiento Preventivo y correctivo planificado sobre la bomba centrífuga de alimentación de agua. El objetivo principal consiste en la detección de fallas en fase inicial para solucionarlos de inmediato, si es posible, o en el momento planificado si no lo es emergente.

Diario

Realice la purga del tanque de condensado para eliminar los sedimentos depositados en el fondo del tanque.

Revise la temperatura del agua de condensado no menos de 160⁰F de más de 200⁰F.

Chequee que no existan sonidos extraños ni liqueos en la bomba de alimentación de agua.

Inspección del nivel de aceite en el cuerpo de rodamientos de la bomba de alimentación de agua.

Semanal

Realice el retro lavado de la resina que se encuentra dentro del tanque de ablandamiento del agua, para mantenerla activa.

Mensual

Limpie los filtros del ablandador del agua de alimentación y del agua de recirculación.

Semestral

Revise el estado de los filtros de agua.

Revise el estado de la bomba de alimentación de agua.

Anual

Realice la limpieza y revisión de los sellos mecánicos de las bombas.

Lubrique y limpie los rodamientos y cojinetes de las bombas.

Revise la válvula check.

En la siguiente tabla se detallará de manera fácil y concisa un plan de inspecciones de mantenimiento diario y semanal del sistema de alimentación de agua.

Tabla 4-6. Inspecciones de mantenimiento diario-semanal del sistema de alimentación de agua.

Subsistema	Revisión de equipo	Código	Inspección
Ablandador de agua	Válvulas entrada y salida	N/A	Visual
	Nivel	N/A	Visual
Tanque de condensado	Purga del tanque	AATVG-001	Manual
	Nivel	N/A	Visual
	Pintura y corrosión	N/A	Visual
Bomba centrífuga	Ruidos	N/A	Visual
	Nivel de aceite	N/A	Visual
	Sellos	AABCS-001	Visual
	Pernos de anclaje	N/A	Visual

Fuente: Autor

6.5 Plan de mantenimiento del sistema de alimentación de combustible

Diario

Verifique el nivel de combustible en el tanque de alimentación de combustible.

Drene 5 gal de combustible del tanque de almacenamiento para eliminar impurezas.

Semanal

Chequear que no existan ruidos extraños ni liqueos en la bomba de alimentación de combustible.

Mensual

Cambiar los filtros de combustible.

Semestral

Limpiar los shiglores con gasolina y aire a presión.

Revise el estado de las conexiones eléctricas del quemador.

Anual

Revise el estado de las mangueras de alimentación de combustible hacia el quemador.

Revise el apriete de los tornillos y pernos. Vuelva apretar si es necesario.

En la siguiente tabla se detallará de manera fácil y concisa un plan de inspecciones de mantenimiento diario y semanal del sistema de alimentación de combustible.

Tabla 5-6. Inspecciones de mantenimiento diario-semanal del sistema de alimentación de combustible.

Equipo	Revisión de equipo	Código	Inspección
Tanque de combustible	Puesta a tierra	N/A	Visual
	Pintura	N/A	Visual
	Estructura	N/A	Visual
	Acumulación de solidos o Polvos	N/A N/A	Visual Visual
	Tuberías y mangueras de conexión	N/A	Visual
Bomba de transferencia de combustible	Ruidos	N/A	Visual
	Nivel de aceite	N/A	Visual
	Sellos	ACBCS-001	Visual
	Pernos de anclaje	N/A	Visual

Fuente: Autor

6.6 Plan de mantenimiento del sistema de inyección de químicos

La dosificación de químicos a la caldera tiene la finalidad de evitar daños o deterioros de los tubos de fuego, espejos, carcasa, tuberías de circulación y todos los elementos y equipos que están en contacto con el agua, para así el buen funcionamiento de la caldera y además evitar paradas innecesarias.

Diario

Revise el funcionamiento de la bomba, que no existan ruidos extraños.

Verifique que no existan bolsas de aire en las mangueras.

Semanal

Inyecte químico sin cerrar el sistema.

Mensual

Revise las conexiones del tanque de químico a la bomba.

Inyecte químicos para recircular en la caldera mediante un sistema cerrado con la ayuda del manifold de las tuberías de inyección y recirculación de agua de la piscina.

Semestral

Revise el estado general de la bomba.

Anual

Realice limpieza y revisión de los sellos mecánicos de la bomba de químico.

En la siguiente tabla se detallará de manera fácil y concisa un plan de inspecciones de mantenimiento diario y semanal del sistema de inyección de químico.

Tabla 6-6. Inspecciones de mantenimiento diario-semanal del sistema de inyección de químico.

Equipo	Revisión de equipo	Código	Inspección
Tanque de químico	Pintura	N/A	Visual
	Soportes	N/A	Visual
	Tuberías y mangueras de conexión	IQTQM-001	Visual
Bomba de émbolo	Ruidos	N/A	Visual
	Nivel de aceite	N/A	Visual
	Sellos	IQBES-001	Visual
	Pernos de anclaje	N/A	Visual
	Pistones	IQBEP-001	Visual
	Válvulas de regulación	N/A	Visual
	Drenar bolsas de aire	N/A	Visual

Fuente: Autor

6.7 Plan de mantenimiento predictivo del sistema

Las operaciones de mantenimiento predictivas serán efectuadas por una empresa externa que llevará a cabo las operaciones más frecuentes a ejecutar son los análisis boroscópicos, análisis de vibraciones, análisis de humos, termografías, análisis de ultrasonidos y análisis de aceites y combustible, debido a que el balneario no dispone del personal ni del equipamiento necesario para este tipo de tareas, es más eficiente contratar a una empresa externa para que lo realice. El GAD mediante su personal técnico del balneario dispondrá de una estructura de supervisión, suficiente para la coordinación, control e inspección de los trabajos objeto del servicio de la empresa externa.

Inspecciones baroscópicas.- La boroscopia, videoscopia o videoendoscopia es una técnica predictiva basada en el diagnóstico de equipos por imagen. Se utilizará para inspeccionar partes del interior de las calderas, colectores y las tuberías de distribución de vapor, sin desmontarlas.

Los principales defectos más comunes que se suelen identificar en las boroscopias son:

Erosión.

Corrosión.

Deformaciones.

Piezas sueltas o mal fijadas.

Fracturas y agrietamientos.

Obstrucción de orificios

Análisis de vibraciones.- La maquinaria que interviene en el proceso de generación de vapor, la mayoría genera o sufre algún tipo de vibración que a medida que pasa el tiempo puede aumentar. Esta maquinaria siempre está sometida a varias vibraciones, aunque se mantenga en perfecto estado. El mayor problema reside en que el aumento de estas vibraciones continuadas cause fallos en las maquinas ocasionando pérdidas de energía. Por todo esto se ejecutarán la correspondiente toma de vibraciones en las partes de las bombas para indicarnos el estado de éstas. Los principales fallos que suelen encontrarse en el análisis de las vibraciones son:

Desequilibrios

Desalineación

Problemas en cojinetes

Problemas de bancada

Problemas de lubricación

Análisis de humos de escape.- Se analizarán los humos a la salida de las chimeneas de las calderas para determinar posibles fallos en la cámara de combustión o en las mezclas de combustible y comburente. La tabla siguiente muestra los principales fallos detectados en estas operaciones.

Termografías.- Se trata de una técnica de mantenimiento predictivo no invasiva para la supervisión y el diagnóstico del estado de componentes e instalaciones eléctricas y mecánicas. Gracias a esta se consigue identificar pequeños fallos de manera prematura, de modo que se puedan apuntar y arreglar antes de que estos ocasionen problemas más graves, resultando en una reparación mucho más costosa. En la Sala de calderas se utilizará para realizar diferentes inspecciones en varios elementos como son:

Cuadros eléctricos: Se utilizará para analizar todos los cuadros eléctricos e instalación eléctrica.

Apartado mecánico de las calderas: Se analizarán las piezas, etc para detectar de manera precisa los puntos donde existe un sobrecalentamiento.

Sistema de tuberías y válvulas: Gracias a las termografías se puede detectar con facilidad cualquier fuga o pérdida de material aislante.

Calderas: Se detectará reducciones en el grosor de los componentes de las calderas y pérdidas de aislamiento o elementos refractarios.

Niveles de los tanques: Se inspeccionarán el volumen de los tanques gracias a la diferencia de temperatura entre el aire y el agua.

Análisis de la llama: Se analizará debido a que algunos productos no son visibles al ojo humano.

Análisis de ultrasonido.- Se trata de una técnica en la cual una onda acústica con una frecuencia por encima de lo que las personas pueden escuchar, con lo que con el analizador de ultrasonidos podremos descubrir sonidos y analizarlos para poder ver las causas que los provocan, detectando partes que no estén funcionando de manera correcta y que nos puedan ocasionar una avería grave. Se analizarán las bombas para detectar estos posibles fallos que suelen ser los más comunes:

Fugas internas en válvulas.

Rodamientos de bombas.

Análisis de aceites y combustibles.- Se deberá reducir la fricción entre dos superficies las cuales se encuentran en movimiento y entran en contacto. Tiene como finalidad refrigerar todas las partes en contacto, tratando de enfriar el calor producido por el roce. También se utiliza para limpiar y arrastrar partículas que se encuentren en contacto con la maquinaria. Se analizarán los lubricantes para garantizar que se cumplan con las siguientes características:

Propiedades de lubricante: Analizar para determinar si el lubricante continúa teniendo las propiedades establecidas dentro de los límites estipulados.

Contaminación del lubricante: Comprobar que no existe ningún tipo de impureza u objeto que obstaculice la función del lubricante.

Desgaste de la maquinaria: Detectar si existe cualquier mínimo de trazas metálicas que nos avisen de una fricción anómala. Los principales elementos detectados que afectan negativamente al rendimiento de la maquinaria son los siguientes: Agua, combustible, aire, partículas.(GUACHE RAVELO, 2016)

6.8 Plan de Seguridad de la sala de caldera

El plan de seguridad es primordial en el manejo de maquinarias y equipos de uso industrial como son las calderas de vapor, por ello la importancia de implementar un plan de seguridad para la sala de la caldera del balneario, con la finalidad de salvaguardar principalmente la integridad física del personal que labora en las instalaciones, los usuarios que visitan el balneario, el medio ambiente y finalmente los equipos existentes en la sala de caldera.

Para iniciar, la caldera debe tener obligatoriamente:

Una mirilla de nivel de agua que indique en cada instante la cantidad de agua contenida dentro de la caldera, para evitar inundaciones innecesarias en la caldera lo cual podría producir sobre presiones en la misma.

Válvula de seguridad, la cual se abre automáticamente cuando la presión del vapor llega al límite de seteo de misma, el cual viene dado por el fabricante de la caldera. Este está fijado por las condiciones de seguridad de presión máxima.

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 máxima de trabajo.

6.8.1 *Anclaje, estructura y soporte para la caldera*

Desde el punto de vista de ubicación de la caldera y sus equipos de funcionamiento 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. La American Society of Mechanical Engineers (ASME) sección VIII, ha expedido normas y requisitos de construcción específicos. (CONCEJO INTERAMERICANO DE SEGURIDAD, 2008)

6.8.2 *Riesgos a la salud humana en la operación de la caldera*

Como factores principales para la seguridad del personal se deberá principalmente tomar en cuenta el uso adecuado y completo del equipo de protección personal, así como también el conocimiento adecuado del funcionamiento de todos y cada uno de los equipos existentes en la sala de caldera y los cronogramas de mantenimiento.

Riesgos en la operación de la caldera

De enfermedad

Para el personal de operarios en labores ordinarias.

Para el personal de inspecciones rutinarias.

Para el personal de mantenimiento.

Para el personal de limpieza.

De accidente

Para el personal de mantenimiento y operarios

De incendio y explosión

Para el personal del balneario y sus usuarios

Para las instalaciones y equipos

De contaminación atmosférica

Para el personal del balneario

Para la comunidad en los alrededores del balneario.

Riesgos en 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, el medio ambiente y los equipos de la sala de calderas. Tales efectos pueden y deben ser controlados a fin de evitar todas consecuencias adversas.

La caldera pirotubular se debe encontrar ubicada en una sala la cual tendrá acceso restringido, y características locativas de seguridad, donde laborarán operarios capacitados en turnos de ocho horas, al igual el personal de mantenimiento ingresará para su respectiva rutina de control, como también el técnico de SSO (seguridad y salud ocupacional) responsable con lista de chequeo de calderas una vez por mes.

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 diésel (CO, CO_2) son peligrosos y malos para la salud. También cuando se realice una limpieza por métodos físicos como el cepillado, se origina una nube de partículas que serán perjudiciales para la salud tanto por inhalación como por ingestión. Para mitigar este tipo de problemas el operador deberá llevar su equipo de protección personal con énfasis en la mascarilla para evitar la inhalación de estos agentes dañinos para la salud.

Riesgos de accidente

Se debe prevenir y controlar los factores causantes de accidentes de trabajo, mediante inspección continua del uso correcto del equipo de protección personal, así como también charlas de seguridad de trabajo y capacitaciones continuas sobre la seguridad en la sala de caldera por parte del personal de seguridad y salud ocupacional, de tal forma que estos no aumenten con el paso del tiempo. Sin embargo, entre los más frecuentes podemos encontrar los siguientes:

Quemaduras por contacto con elementos que están a temperatura elevada (tuberías, cenizas, quemador, etc.). Mitigarlo porcentualmente con el uso de guantes de cuero.

Choque eléctrico (alta o baja tensión) por defectos en las instalaciones, acometidas de alumbrado en mal estado o mantenimiento eléctrico inadecuado. Mitigarlo con el uso de guantes y botas dieléctricos cuando se tenga que manipular cables de corriente eléctrica. (CONCEJO INTERAMERICANO DE SEGURIDAD, 2008)

6.8.3 Riesgos de incendio y de explosión

El 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.

Indicándonos, las necesidades de implementación de las siguientes alternativas inmediatas como son:

a) Sensibilizar y capacitar a los trabajadores del balneario en la segura actuación ante posibles eventos.

b) Preparación inmediata frente a las necesidades de prevención y control de los riesgos de explosión en calderas.

c) En actividades de mantenimiento preventivo o correctivo, se deberá establecer un sistema de control, mediante el cual se pueda distinguir el equipo que está en operación del que se encuentra inoperando, mediante:

Aperturas de permisos de trabajo.

Etiquetas de bloqueo que indique “no encender o no manipular” sujetadas al equipo en cuestión.

Sistemas de clausura o cierres, para las válvulas e interruptores, con candado bajo la responsabilidad del técnico a cargo de la sala de caldera.

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 falta de un programa preventivo, las instalaciones deficientes y el no disponer de los medios adecuados para controlar y extinguir los incendios, producirán efectos graves como pérdida de vidas, lesiones, pérdidas materiales, pérdidas de tiempo y de operación.

En general, las explosiones o implosiones producen daños y lesiones como consecuencia de:

La onda de presión propagada.

Las llamas, humos y escapes de fluido y de fragmentos que salen proyectados.

Por las superficies calientes que quedan al descubierto.

Por riesgos eléctricos asociados.

Estos sucesos pueden ser provocados por muchas causas y estas pueden evitarse poniendo cuidado en el diseño de las instalaciones, el mantenimiento, las inspecciones y en el plan de seguridad del cuarto de caldera del balneario.(Canal de Panamá, 2012)

6.8.4 Riesgos de contaminación atmosférica

El uso de combustible necesariamente da origen a diversidad de agentes o gases producto de la combustión, que, al ser lanzados al aire por la chimenea, tienen oportunidad de dispersarse y de llegar a distancias considerables desde el punto de emisión.

Dependiendo de las propiedades químicas y biológicas de los materiales que llegan al aire, de la concentración y del tiempo durante el cual tengan oportunidad de actuar, se presentarán efectos adversos para la salud de las personas, para las plantas, los animales y los materiales (estructuras, recubrimientos, vestuarios, equipos, etc).

Debe tenerse presente que algunos de los efectos pueden presentarse a corto plazo y otros a largo plazo. Esto significa que no debe desestimarse la presencia de bajas concentraciones relativas del agente en aire en especial por fallas presentes en la función de los quemadores, lo cual debe incluirse prioritariamente en el mantenimiento preventivo si se estima que puede ser una situación continuada durante meses, por otra parte se puede estimar las concentraciones de agentes nocivos para la atmósfera (contaminación atmosférica) mediante un estudio isocinético (muestreo de partículas materiales) en la medida que se requiera de acuerdo a la posible concentración percibida.

Dentro de la población general, se presentan grupos hipersensibles a la acción de muchos agentes de contaminación atmosférica: los niños, los ancianos y los 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 la sala de caldera, también se presentan contaminaciones ambientales por exposición a ruido de los procesos de combustión, de equipos en funcionamiento y del tiempo de exposición, con riesgo para el operador de adquirir una enfermedad, claro está que por lo general el operador no permanece en la sala de caldera durante toda su jornada de trabajo, sino el tiempo suficiente para realizar los controles e inspecciones rutinarios.(CONCEJO INTERAMERICANO DE SEGURIDAD, 2008)

6.8.5 Prevención y control de los riesgos

Evitar la ocurrencia de accidentes y enfermedades tiene que ser una actividad permanente. La prevención y control se tendrá que aplicar en las diversas fases de la operación normal y de mantenimiento.

La labor fundamental es la de capacitación de absolutamente todo el personal que vaya o requiera ingresar a la sala de caldera. Crear una actitud positiva hacia las actividades de prevención, es la base para el éxito de cualquier programa de seguridad. El objetivo es crear la conciencia que dentro de cada trabajador haya la mentalidad de seguridad y salud ocupacional.

Actuar en forma segura no puede ser algo esporádico, debe ser un comportamiento continuo y esto se logra cuando existe una suficiente motivación y convencimiento por parte de todas las personas vinculadas con el trabajo en el balneario y en específico con la sala de caldera.

El área de la caldera, debe permanecer con acceso restringido, con señalización visible en la que indique la prohibición del ingreso a personal no autorizado, ingresando solamente el personal operativo encargado y cuando se efectúen labores de mantenimiento e inspección por parte del personal encargado del GAD municipal del cantón Guano

Prevención y control en la sala de Calderas.

La ubicación de la caldera será cerca de los puntos de uso del vapor para evitar el tendido de redes de distribución muy largas y el aislamiento respectivo para estas.

Se debe considerar la sala como algo permanente de mayor duración que la caldera.

Por esta razón deberán preverse espacios y facilidades para poder retirar la caldera y reemplazarla por otra, sin dañar la edificación (en su estructura y en su aspecto estético). Igualmente debe tenerse en cuenta que el ancho de los pasillos no debe ser inferior a 1,52m, lo cual cumple en el diseño de las instalaciones de la caldera, esto para permitir el acceso a todos sus componentes y para realizar labores de mantenimiento, además los pasillos deberán estar señalizados con colores amarillo y negro. Esto permitirá la libre y segura circulación del personal que ingrese a la sala de caldera incluso en caso de emergencia.

Se dispondrá de suficiente espacio para poder realizar sin dificultades las tareas de limpieza, mantenimiento y reparaciones.

Las puertas deben abrir hacia afuera o a los lados, deberá conducir hacia sitios seguros y libres de obstáculos, deberán tener como medidas mínimas 0,8 metros de ancho por 2 metros de altura.

Cualquier equipo de la sala de calderas deberá estar ubicado a una distancia menor a 15 metros

de la puerta de salida, con la finalidad de evacuaciones emergentes de manera rápida.

La caldera deberá estar ubicada a una distancia mínima de 0,7 metros de las paredes de la sala.

Los pisos tendrán superficies antideslizantes. (Área de trabajo, pasillos y plataformas).(CONCEJO INTERAMERICANO DE SEGURIDAD, 2008)

6.8.6 *Caja de enfriamiento del agua de purga*

Ningún desfogue ya sea de vapor o agua debe descargar sobre las vías de circulación de personal. Para el drenado y enfriamiento del agua de purga de la caldera se deberá adecuar una caja en la cimentación de la sala de caldera, la misma que permitirá enfriar el fluido purgado y conducirlo por canales cubiertos para su posterior evacuación.

6.8.7 *Ventilación de la sala de caldera*

Con respecto a la ventilación se deberán mantener libres las ventanas superiores de la sala de caldera, ya que por lo general se requiere ventilación forzada o natural para asegurar una buena aireación. El suministro de aire debe ser suficiente para lograr una combustión eficiente y para mantener la temperatura ambiente dentro de límites cómodos, es así que se conservara la misma construcción civil existente para la sala de caldera.

6.8.8 *Iluminación de la sala de caldera*

La iluminación debe ser adecuada para evitar riesgos de caídas, atrapamiento, poder leer sin equivocación, los diversos instrumentos de medida, control y verificar la bitácora de la caldera y sus equipos. Los niveles de iluminación pueden estar entre 150 a 500lux.

La iluminación en la sala de calderas es adecuada por el ingreso de iluminación natural gracias a la infraestructura de la misma que dispone de amplios ventanales, se encuentra aproximadamente a 400 luxes, en caso de ingreso a la sala de calderas en horario nocturno se dispondrá de iluminación artificial con lámparas a prueba de explosión que nos brinden la iluminación adecuada.

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

Sala de caldera	150 - 200 - 250 Luxes
Tableros de control	200 - 300 - 500 Luxes
Área tratamiento de aguas	200 - 300 – 500Luxes
Bodegas de almacenamiento	150 - 175 – 200Luxes
Iluminación de emergencia	100 - 150 – 200Luxes
Exterior de la sala de caldera	120 - 150 – 200Luxes
Manejo de combustibles	150 - 200 – 250Luxes
Tanques de almacenamiento	100 - 150 – 200Luxes

(Estatuto de seguridad, Resolución No 2400 de 1979, capítulo III).

Como complemento de la iluminación de emergencia podrá hacerse uso de pinturas luminiscentes para los avisos, señales indicadoras de las salidas de emergencia y avisos de prevención.(CONCEJO INTERAMERICANO DE SEGURIDAD, 2008)

6.8.9 Almacenamiento y manejo de combustibles

Tanto el almacenamiento como el manejo de los combustibles implican graves riesgos para el personal, bienes materiales del balneario y el medio ambiente.

Las medidas preventivas que deberán adoptarse dependerán en parte de las características del combustible (diésel) y de la cantidad que va a ser almacenada (2250 gal) y consumida en un determinado período. Características del combustible directamente relacionadas con el riesgo de explosión: Punto de ignición (flash point 52) y gravedad específica (0,88). Deberá estudiarse cuidadosamente cual puede ser la cantidad mínima que requiere ser almacenada (70% de la capacidad del tanque) y no se pretenderá sobrepasar ese mínimo, a fin de reducir el riesgo potencial. Lo cual está debidamente especificado y tabulado anteriormente.

Los tanques serán ubicados en superficies seguras con dispositivos de contención de derrames (muro de contención y recolección), constituyendo el método más seguro de almacenar líquidos inflamables. Su ubicación será a una distancia no menor de 0.6 metros de otros tanques y tuberías. Además, se deberá tomar en cuenta el área necesaria para actuar eficientemente en caso de incendio.

Cubeto de detención de fugas de combustible.- El tanque de almacenamiento de combustible deberá estar instalado sobre terreno inclinado, de forma que, si ocurre un escape del combustible, éste fluya descendiendo hacia 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.

En caso de poseer tanques de facilidades tempranas (tanques instalados momentáneamente) o en caso de no poseer muros de contención y recolección, se instalara un cubeto de estructura metálica en forma cubica, cubierta completamente por una geomembrana elástica (polímero) intacta, por debajo del tanque de almacenamiento, con una capacidad de almacenamiento volumétrico del 125% del total de la capacidad del tanque de combustible, este nos servirá como contenedor y recolector en caso de existir alguna fuga de combustible. Las dimensiones superficiales del cubeto deberán sobrepasar la estructura del tanque de almacenamiento y su altura dependerá de la capacidad que haya sido calculado en base al porcentaje antes mencionado.

El tanque de almacenamiento de combustible tendrá una conexión a tierra eficiente, a fin de evitar la acumulación de cargas de electricidad estática.

Otro de los aspectos para tener en cuenta en el diseño, es el de evitar o el de controlar la presencia de fuentes de ignición en el área de almacenamiento de combustibles. Todo el equipo eléctrico (motores, interruptores y lámparas de iluminación) deberá ser a prueba de explosión (explosionproof).

Además, se deberá tener en cuenta que, para el abastecimiento de combustible diésel, se debe cumplir con la reglamentación vigente en nuestro país, la misma que es dictaminada por la agencia de regulación y control de hidrocarburos (ARCH). Esta agencia expide permiso de compra de combustible, en los cuales consta la cantidad de combustible permitida para el consumo industrial, que es el tipo de consumo para calderas, así también consta los lapsos de tiempo en los que se permite adquirir el combustible. El GAD municipal del cantón Guano por ser una institución pública, deberá por medio de su departamento de compras públicas subirá a concurso la adquisición de combustible, para poder disponer de un distribuidor de combustible el mismo que deberá cumplir de igual manera con lo que estipula en ente regulador. Cabe recalcar que por más que se disponga de un distribuidor directo de combustible para el funcionamiento de la caldera, el GAD de cantón Guano deberá de igual manera solicitar los permisos respectivos de consumo de combustible a la agencia de regulación y control de hidrocarburos. (CONCEJO INTERAMERICANO DE SEGURIDAD, 2008)

6.8.10 *Sistemas de control de incendios*

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

Son esenciales los extintores de mano, que pueden controlar los incendios incipientes, antes de que se extiendan y se conviertan en una destructora conflagración. Los de mayor efectividad son aquellos de polvo químico seco de 20 lb por ser de fácil manejo para cualquier persona; además se deberá tener un extintor satelital de 125 lb el cual será utilizado en caso de conatos de incendio más pronunciados. Los extintores deberán estar debidamente cargados e inspeccionados por el personal del cuerpo de bomberos del cantón Guano para que puedan estar operativos en caso de emergencias, los extintores de 20 lb deberán tener fácil acceso y maniobrabilidad (no estar anclados), estar ubicados en la parte interior de sala de caldera en la pared más cercana a los equipos, así como también en la parte exterior del cuarto de caldera cerca a la puerta de ingreso y otro cerca al tanque de diésel; el extintor satelital deberá mantenerse siempre ubicado en un lugar neutro que nos permita actuar de una manera rápida ya sea en la sala de calderas o en el tanque de combustible.

Para grandes incendios lo más seguro es pedir ayuda al cuerpo de bomberos del cantón Guano y alejarnos del lugar a una distancia segura.

En los quemadores, para evitar las explosiones internas en el hogar se debe controlar el mal encendido mediante:

- a) Revisar las boquillas del quemador para comprobar su limpieza
- b) Inspeccionar el ajuste de los electrodos
- c) Comprobar fallas en los terminales de los cables de encendido y en la porcelana del electrodo
- d) Revisar los conductos de aire al encendido
- e) Revisar el explorador y el piloto de encendido

(CONCEJO INTERAMERICANO DE SEGURIDAD, 2008)

6.8.11 *Números de emergencia*

En caso de presentarse algún evento ya sea conato de incendio, contaminación hacia el ambiente o accidentes con el personal. Se debe comunicar el evento al jefe inmediato encargado del balneario, este deberá analizar el evento y actuar en respuesta coordinando con las distintas instituciones que puedan brindar ayuda emergente. Siendo estas instituciones.

Institución	Número telefónico
Ecu 911	911
Cuerpo de bomberos de cantón Guano	2900930
Centro hospitalario del cantón Guano	2900171
Hospital General docente de la ciudad de Riobamba	2628064
Hospital del IESS de Riobamba	2997201
Policía nacional del cantón Guano	2900101

6.8.12 *Control Contaminación Atmosférica*

La reglamentación vigente de nuestro país prohíbe lanzar a la atmósfera agentes susceptibles que puedan contaminar el aire y concentraciones que sobrepasan los niveles permisibles.

El control se logra parcialmente mediante el uso de chimeneas de suficiente entre longitud y altura física, mínimo 6 metros y un apartado de la cubierta o losa de 1m.

Para retener las partículas producidas en la combustión (cenizas, hollín) pueden utilizarse desde filtros de tela.

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

Uno de los causantes de contaminación ambiental, son los quemadores, los cuales deben mantenerse en óptimas condiciones de funcionamiento mediante controles preventivos y acciones correctivas oportunas.

Control de las fallas del factor humano

El programa comprende diversos aspectos, los principales se encuentran a continuación:

Selección de personal de operación, mantenimiento o contratista mediante la exigencia de exámenes físicos y de pruebas psicotécnicas orientadas de acuerdo con la “fijación de los requisitos personales”. Como la aplicación de las normas de seguridad y control, en especial cuando se ejecuten tareas de mantenimiento de alto riesgo, autorización para realizar tareas de alto riesgo (permisos de trabajo).

Capacitación del personal admitido, dándoles a conocer los riesgos, la manera de prevenirlos e indicándoles cuál es la reglamentación vigente o normas de seguridad y funcionamiento de la caldera, por parte del técnico encargado y personal de seguridad del GAD municipal del cantón Guano.

Se deberán adelantarán campañas para despertar y mantener el interés de los trabajadores en los aspectos de prevención de los riesgos en calderas.

Se programará y se respaldará una labor de supervisión de los trabajadores, para comprobar permanentemente el cumplimiento de las normas de seguridad y de salud:

a) Para el control del cumplimiento de las normas, se cuenta con la participación del departamento de salud ocupacional del GAD municipal, el cual ejecuta tareas de Inspección Rutinaria a la sala de caldera.

b) Para el control de ejecución del mantenimiento, se contará con formatos de registro, el cual deberá estar con Visto Bueno del jefe inmediato, en su respectiva carpeta (véase los anexos).

c) Se debe contar con el manual de operaciones y mantenimiento de cada caldera y todos los equipos que se encuentren en la sala, como también el manual de seguridad y prevención.

(CONCEJO INTERAMERICANO DE SEGURIDAD, 2008)

6.8.13 *Prevención en las etapas de operación normal y de mantenimiento de la caldera*

Sistema de Autorización o permisos de trabajo.- Para las tareas de Alto Riesgo como las que han de realizarse en el interior de la caldera, por ejemplo, se requiere la adopción de un programa especial de autorización, a fin de que se dé cumplimiento a todas y cada una de las normas preventivas preestablecidas. Dicha autorización llevará las firmas de por lo menos dos

personas, que responderán por la seguridad del personal encargado de efectuar tales tareas (técnico o personal de seguridad ocupacional y jefe inmediato del balneario).

El programa para las tareas de alto riesgo consta de varias etapas:

Previamente se establecerá que clase de riesgos pueden presentarse y cuáles son las medidas preventivas aconsejables.

Si se requiere la entrada de trabajadores al hogar para el proceso, se deberá seguir las precauciones para ingreso a espacios confinados. Se debe vigilar en especial la ventilación, los ductos de alimentación y una adecuada señalización “Equipo en reparación” para evitar el encendido mientras hay empleados aún dentro.

El personal que va a ejecutar las tareas deberá seleccionarse convenientemente. Se le proporcionará una información completa sobre los riesgos y sobre la manera de prevenirlos.

Se mantendrá una renovación de aire (ventilación exhaustiva) para asegurar que se dispondrá de suficiente cantidad de oxígeno (mayor del 18% en volumen); que se opere por fuera del margen explosivo y que la concentración de agentes de contaminación del aire esté por debajo de los valores límites admisibles.

Se colocará señalización mediante avisos o carteles “No operar”, “Personal trabajando”, “Peligro área restringida”, etc. Se debe recordar que una buena señalización salva vidas.

Se hará una comprobación repetitiva de las condiciones atmosféricas dentro de la sala: Concentración de oxígeno, concentración de agentes tóxicos e inflamabilidad. Esto con un medidor de gases en la atmosfera de trabajo.

Uso de equipo eléctrico (herramientas, iluminación) de bajo voltaje y a prueba de explosión (motores, lámparas 6-12 voltios).

Uso de elementos de protección personal (EPP): Casco, guantes dieléctricos, ropa antífama, gafas, respirador específico de acuerdo a los contaminantes, calzado de seguridad.

Requerimientos

Teniéndose en cuenta la magnitud de los riesgos que implica el mantenimiento interno de la

caldera, este se realizará por personal experto (contratista), al cual se le exigirá el cumplimiento del programa.

Después de la limpieza o reparación, se realizará una limpieza general y ventilación adecuada para eliminar productos potencialmente perjudiciales, nocivos, inflamables o explosivos.

Manipulación de los combustibles

En el manejo de los combustibles, se evitará todo escape por pequeño que parezca.

Se mantendrán alejadas todas las fuentes de ignición.

El personal será entrenado en el uso adecuado y oportuno de los elementos para extinción de incendios.

Periódicamente deberán organizarse simulacros para entrenamiento del personal sobre la forma de actuar ante un incendio.

Supervisión del personal.- Con el propósito de garantizar el cumplimiento de las diversas normas de seguridad, se mantendrá una vigilancia cercana de todo el personal por parte del técnico encargado, personas de seguridad ocupacional o el jefe del balneario.

Actitudes ante emergencias.- El personal deberá estar familiarizado con los procedimientos que serán seguidos ante situaciones de emergencia. Este conocimiento junto con las prácticas frecuentes (ejercicios y simulacros) evitará daños mayores debido a la improvisación y a la aparición del pánico.

En todo momento estará presente por lo menos una persona entrenada en la aplicación de primeros auxilios (cuerpo de bomberos).

Ejemplos de acciones ante los problemas que pueden presentarse durante la operación de una caldera:

a) Si no hay líquido en el indicador de nivel de agua:

No suministrar agua fría dentro de la caldera

Apagar el sistema con el paro de emergencia

Interrumpir el suministro de combustible

Dejar que la caldera se enfríe naturalmente

Informar de “inmediato” al personal de mantenimiento

b) Si una llama de retroceso ha incapacitado al operario:

Apagar el sistema con el paro de emergencia.

Cerrar la válvula de suministro de combustible.

Retirar al lesionado del sitio de mayor riesgo.

Trasladar al accidentado hasta el lugar de atención médica más cercano.

Llamar al personal de mantenimiento.

c) En caso de un conato de incendio, actuar según plan de emergencias con el personal disponible de la brigada y utilizar los equipos contra incendios requeridos y necesarios para un control eficaz del mismo.

Inspección y control.- Teniendo en cuenta la potencialidad y gravedad generada por una “explosión” de una caldera, esta se debe controlar y chequear, para detectar tempranamente la posibilidad de ocurrencia de un posible desastre, de acuerdo al riesgo encontrado para tomar alternativas de solución que materialicen el control oportuno.

Para ello se diseñó el formato de inspección, el cual será diligenciado por el asesor del empresa contratista, en compañía del personal del GAD municipal relacionado con la operación y mantenimiento de la caldera, registrándose la información inicial, sobre las condiciones físicas y de control, desde el punto de vista operativo y de mantenimiento, como de higiene y seguridad industrial; minimizándose la probabilidad de accidente por fallas en el control y en especial en las operaciones de mantenimiento.

Esta inspección se realizará cada 6 meses, para controlar las acciones que la institución

implementó, de acuerdo a las recomendaciones técnicas, con el propósito de prestar un mejor servicio, garantizándose la salud y el bienestar de la población trabajadora de la misma.

(CONCEJO INTERAMERICANO DE SEGURIDAD, 2008)

6.8.14 Señalización ética de la sala de caldera y sus equipos

La sala de caldera deberá estar señalizada desde la parte exterior hasta la parte interior, así como todos los equipos que en esta existan. Aquí constara señalización de:

Ingreso solo a personal autorizado.

Rutas de evacuación.

Puntos de encuentro.

Salidas de emergencia.

Números de emergencia.

Uso de equipo de protección personal (EPP).

Sentidos de flujo de fluidos.

Capacidad de tanques de agua y combustible.

Peligro de atrapamiento.

Peligro de quemaduras.

Riesgo eléctrico.

Voltajes de los equipos e instalaciones.

Capacidad de los extintores.

Paradas de emergencia.

Datos de seguridad e información de los distintos tipos de sustancias químicas que se manejen.

Identificación de los recipientes que contengan sustancias químicas.

En la siguiente tabla se detalla la señalización ética que se debe manejar en los distintos equipos y lugares de la sala de caldera.

Tabla 7-6. Señalización ética de equipos y lugares de la sala de caldera

Equipo	Cantidad	Código	Señal ética
Caldera	1	GVCA-001	Quemadura
Sistema de encendido	1	GVSE-001	Riesgo eléctrico
Sistema de seguridad	1	GVSS-001	Riesgo eléctrico, parada de emergencia
Tubería de escape de gases de combustión	1	GVTE-001	Quemadura, sentido de flujo
Ablandador de agua	1	AAAA-001	Capacidad
Tanque de condensado	1	AATC-001	Capacidad
Bomba centrífuga	1	AABC-001	Atrapamiento
Tanque de combustible	1	ACTC-001	Capacidad, identificación de sustancia química.
Filtros de combustible	2	ACFC-001	No aplica
		ACFC-002	No aplica
Quemador de combustible	1	ACQC-001	Quemadura, riesgo eléctrico
Bomba de transferencia de combustible	1	ACBT-001	Atrapamiento
Tanque de químico	1	IQTQ-001	Capacidad, identificación de sustancia química
Bomba de émbolo	1	IQBE-001	Atrapamiento
extintores	1	No asignado	Capacidad
Caja de control eléctrica	1	No asignado	Riesgo eléctrico
Tuberías de vapor, agua y combustible	1	No asignado	Sentido de flujo

Fuente: Autor

CAPÍTULO VII

7. COSTOS

7.1 Costos de generación iniciales

Los costos iniciales son considerados desde las primeras calderas de vapor instaladas con la construcción del parque acuático, así como también el costo de la actual caldera instalada en la regeneración del parque acuático.

7.2 Costos de pérdidas

Las pérdidas económicas son en suma todos los equipos dados de baja por la falta de selección tecnicada de los mismos, la falta de mantenimiento y la inexperiencia del personal a cargo de su manejo.

7.3 Análisis económico

En el presente capítulo se analizará los costos que ocasionará el presente estudio al momento de ejecutarlo, pues con este análisis se podrá establecer la factibilidad o no de su implementación, desde el punto de vista económico para el GAD municipal del cantón Guano.

El estudio se ejecutará de acuerdo a los equipos que necesariamente hacen falta para el correcto funcionamiento del sistema de calentamiento de agua de la piscina. Este punto ira comprendido por.

Costos directos

Costos indirectos

Los costos directos serán los ocasionados por la adquisición de los equipos y todos los materiales que sean necesarios adquirir para la ejecución del proyecto. Así como también los costos ocasionados por la instalación de los equipos y accesorios, es decir los costos que se debe cubrir al personal que trabaje en la ejecución del proyecto.

Los costos indirectos serán los imprevistos que la empresa necesita para implementar el proyecto con la finalidad de representar una ganancia.

Además de los costos anteriores también se tomará en cuenta gastos varios que se generan en el proyecto como serian gastos asociados al mismo.

7.4 Costos de equipos y accesorios

Se analizará costos de equipos, implementos, accesorios y de más materiales necesarios para el funcionamiento del sistema.

Tabla 1-7. Costo de equipos para la caldera.

<i>Rubro</i>	<i>Descripción</i>	<i>Característica</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cant.</i>	<i>V. Unit. (USD)</i>	<i>Total(USD)</i>
1	Ablandador de agua	Automático modelo SCWS 60-1	u	1	4500,00	4500,00
2	Tanque de condensado	Placa ASTM A36, capacidad de 180 gal	u	1	300,00	300,00
3	Caldera pirotubular horizontal	Caldera 40 BHP con accesorios de presión, temperatura y nivel	u	1	35540,00	35540,00
4	Filtro de agua	Filtro de absorción de impurezas	u	1	75,00	75,00
5	Filtro de diésel	Filtro de absorción de impurezas	u	3	18,50	55,50
6	Tanque almacenamiento de diésel	Placa ASTM A36, capacidad de 3250 gal	u	1	4000,00	4000,00
7	Tanque de consumo diario de diésel	Placa ASTM A36, capacidad de 300 gal	u	1	500,00	500,00
8	Intercambiador de calor	Modelo GL140-3708-2C	u	1	2000,00	2000,00
9	Sistema de inyección de químicos	Bomba doble etapa, motor 1/4 HP, 2 tanques de 5gal	u	1	1000,00	1000,00
					TOTAL	47870,50

Fuente: Autor

Tabla 2-7. Costo de accesorios e implementos para las tuberías y equipos de caldera.

Rubro	Descripción	Característica	Unid.	Cant.	V.Unit. (USD)	Total (USD)
1	Tubo acero negro 1 1/2"	tubería de 6m de acero al carbón de 1 1/2"	u	4	24,52	98,08
2	Tubo acero negro 1/2"	tubería de 4m de acero al carbón de 1/2"	u	1	7,31	7,31
3	Tubo PVC 4"	tubería de 6m plastigama de 4"	u	1	18,00	18,00
4	Tubo PVC 1/2"	tubería de 6m plastigama de 1/2"	u	1	6,30	6,30
5	Válvula PVC 4"	válvulas de compuerta plastigama de 4"	u	3	21,00	63,00
6	Válvula acero 1 1/2"	válvulas de compuerta de 1 1/2"	u	5	12,70	63,50
7	Válvula acero 1/2"	válvulas de compuerta de 1/2"	u	2	7,20	14,40
8	Válvula PVC 1/2"	válvula de compuerta plastigama de 1/2"	u	2	5,10	10,20
9	Unión T PVC 4"	unión T de plastigama de 4"	u	2	7,00	14,00
10	Unión T acero 1 1/2"	unión T de acero de 1 1/2"	u	2	4,30	8,60
11	Unión T PVC 1/2"	unión T de PVC plastigama de 1 1/2"	u	1	0,64	0,64
12	Codo acero 1 1/2"	codo de acero de 1 1/2"	u	6	3,70	22,20
13	Codo acero 1/2"	codo de acero de 1/2"	u	2	2,90	5,80
14	Codo PVC 1/2"	codo de PVC plastigama de 1/2"	u	1	0,64	0,64
15	Reductor acero 4" a 1 1/2"	reductor de sección de acero de 4" a 1 1/2"	u	2	14,50	29,00
16	Reductor acero 1 1/2" a 1/2"	reductor de sección de acero de 1 1/2" a 1/2"	u	2	8,00	16,00
17	Válvula check 1 1/2"	Válvula check de acero de 1 1/2"	u	1	23,00	23,00
18	Teflón	teflón industrial	u	10	0,40	4,00
19	Polipega extrafuerte	cemento solvente de unión de accesorios y tuberías	u	2	22,50	45,00
20	Permatex	silicón en pasta sellante de uniones PVC	u	10	3,00	30,00
21	Aislante térmico	aislante de fibra de vidrio y cubierta de aluminio	m ²	5	21,30	106,50
					TOTAL	586,20

Fuente: Autor

7.5 Costos de instalación

Este costo se refiere a los pagos que se deben cubrir al personal que realizara la instalación del

sistema, o sea son los valores que cubrirán los honorarios de la mano de obra que instale o aporte en la instalación de la caldera y equipos que tengan que ver con el sistema del mismo.

7.5.1 Costo de mano de obra

Para cubrir estos valores se considerarán los valores estipulados en las leyes vigentes en nuestro país. Tal es el sueldo básico unificado es de \$ 375,00 (dólares americanos).

Este nos servirá como referente para el sueldo de los trabajadores municipales del parque acuático, tanto el técnico responsable como los ayudantes en general, quienes serán parte del personal de extra para la instalación de la caldera; debido a que la empresa ganadora de la licitación del caldero y sus equipos será a que provea del personal técnico capacitado para la instalación, lo cual no generará gastos extras en la mano de obra.

Tabla 3-7. Costo mano de obra en la instalación de tuberías y equipos de la caldera

<i>Trabajador</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo/hora(USD)</i>	<i>Total(USD)</i>
Técnico GAD	48	5,83	279,84
Ayudante GAD	48	3,75	180,00
Ayudante GAD	48	3,75	180,00
		Costo total	639,84

Fuente: Autor

7.6 Costos directos

Tabla 4-7. Costos directos de la instalación de la caldera

<i>Descripción</i>	<i>Costo(USD)</i>
Costo de equipos	47870,50
Costo de accesorios, implementos y materiales	586,20
Costo mano de obra	639,84
Costo total	49096,54

Fuente: Autor

7.7 Costos indirectos

Son aquellos que no fueron tomados en cuenta de manera enfática, así como; imprevistos, movilización, seguros y otros, los cuales la institución realiza de manera obligatorio con o sin una obra presente, pero que en este caso de análisis se deben cargar a los costos de la misma.

Entonces estos costos no aplican a un producto determinado y se expresan como el 25% de los

costos directos.

Tabla 5-7. Costos indirectos

<i>Descripción</i>	<i>Cargo</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Costo(USD)</i>
Administrativo	Policía municipal	4,5	2209,34
Administrativo	Bodeguero	5,5	2700,31
Administrativo	Conserje	4	1963,85
Administrativo	Aseo	4	1963,85
Logístico	Movilización	1,5	736,48
Seguro	Aporte al IESS	5,5	2700,31
	Total	25	12274,14

Fuente: Autor

7.8 Inversión

La inversión es la suma o total de costos, tanto directos como indirectos en la instalación de la caldera para el calentamiento de agua de la piscina semi-olímpica del balneario turístico Los Elenes.

Tabla 6-7. Costos totales

<i>Descripción</i>	<i>Valor(USD)</i>
Costos directos	49096,54
Costos indirectos	12274,14
Total inversión (P)	61370,68

Fuente: Autor

7.9 Costos por operación y mantenimiento.

Tabla 7-7. Costos de consumo de combustible

<i>Descripción</i>	<i>Costo(USD)</i>
Costo/gal	1,02
Consumo gal/hora	11,62
Consumo diario (gal)	139,44
Consumo mensual (gal)	2231,04
Consumo anual (gal)	26772,48
Costo anual (USD)	27307,93

Fuente: Autor

Tabla 8-7. Costos por mantenimiento

<i>Descripción</i>	<i>Costo mensual(USD)</i>	<i>Costo anual (USD)</i>
Técnico	700,00	8400,00
Operador	450,00	5400,00
	Total	13800,00

Fuente: Autor

Tabla 9-7. Costos totales de operación y mantenimiento

<i>Descripción</i>	<i>Costo anual (USD)</i>
Gastos de operación	27307,93
Gastos de mantenimiento	13800,00
Total egresos (Ea)	41107,93

Fuente: Autor

7.10 Análisis costo-beneficio

El análisis costo-beneficio determina si el proyecto es viable mediante la valoración posterior de todos los costos y beneficios derivados del proyecto. Además de ser un punto muy importante en la teoría de decisiones.

Este análisis está basado en obtener mejores resultados a menor precio, algo donde simplemente se podrá utilizar la lógica para su entendimiento, es así que, si los beneficios obtenidos son mayores que los costos el proyecto será exitoso, de no ser así sería lo contrario.

Si beneficio es mayor que el costo (>1), entonces el proyecto es viable

Si beneficio es menor que el costo (<1), entonces el proyecto no es viable

Afluencia de usuarios al balneario

Este análisis es un promedio que se realiza mediante los informes y bases de datos de las recaudaciones de ingresos al balneario en los últimos 3 años realizados por el departamento de recaudaciones del GAD municipal del cantón Guano.

Tabla 10-7. Ingreso de usuarios promedio con la piscina temperada correctamente

<i>Tipo de Usuarios</i>	<i>Usuarios mensuales</i>	<i>Precio/usuario (USD)</i>	<i>Ingreso mensual(USD)</i>	<i>Ingreso anual(USD)</i>
Adultos	2700	3,00	8100,00	97200,00
Niños y adultos mayores	1500	1,50	2250,00	27000,00
			Total ingresos (Ia)	124200,00

Fuente:(GAD municipal del cantón Guano, 2016)

7.10.1 Salvamento de la inversión

El salvamento representa el valor residual del activo al final de la evaluación del proyecto, es un valor que no depreciamos de modo que al terminar la evaluación del proyecto nos queda ese

valor sin depreciar.

En el caso de nuestro proyecto se estimará un valor de salvamento del 10% en un lapso de 10 años plazo, lo cual es el tiempo que establece las leyes tributarias de nuestro país.

$$V_s = \frac{P * \%}{100} \quad (48)$$

Donde:

V_s: valor de salvamento

P: inversión

P=61370,68

%: porcentaje del valor de salvamento

%=10%

$$V_s = \frac{61370,68 * 10}{100}$$

$$V_s = 6137,07$$

7.10.2 Depreciación anual

La depreciación anual es la pérdida de valor contable que sufren los activos fijos por el uso al que se les someten y su función productora de renta. En la medida en la que avance el tiempo de servicio, decrece el valor contable de dichos activos.

La vida contable de un activo fijo depreciable comienza desde la fecha en que empieza a explotarse económicamente, hasta la fecha en que cumple su depreciación total.

Las leyes tributarias vigentes en nuestro país determinan una vida legal para maquinaria y equipos de 10 años.

El método de depreciación en línea recta es el método más utilizado, debido a que este supone que los activos se deprecian más o menos con la misma intensidad año a año, a lo largo de su

vida útil; por lo tanto, la depreciación periódica debe ser del mismo monto.

Por esto es el método que aplicaremos en el análisis de depreciación anual.

$$Da = \frac{P - Vs}{n} \quad (49)$$

Donde:

n: vida útil contable

n=10 años

$$Da = \frac{61370,68 - 6137,07}{10}$$

$$Da = 5523,36$$

Tabla 11-7. Flujo de caja

<i>Descripción</i>	<i>Valor(USD)</i>
Inversión (I)	61370,68
Ingreso anual (Ia)	124200,00
Egreso anual (Ea)	41107,93
Valor de salvamento (Vs)	6137,07
Depreciación anual (Da)	5523,36
Tiempo de evaluación del proyecto (años)	10

Fuente: Autor

Gastos anuales totales del proyecto (Gtp)

$$Gtp = I + Ea \quad (50)$$

$$Gtp = 61370,68 + 41107,93$$

$$Gtp = 102478,61$$

7.10.3 Costos anteriores de inversión

El análisis de costos anteriores de inversión realizada en el proyecto se facilita tomando en cuenta los gastos ocasionados anteriormente en calderas y sus equipos mal seleccionados, que por falta de una correcta selección, manipulación y mantenimiento sufrieron un deterioro temprano y fueron dadas de baja. También se tomará en cuenta una proyección de gastos de combustible, mano de obra similar a los gastos actuales y los ingresos económicos que tenía el

balneario cuando el agua de la piscina no estaba temperada a la temperatura recomendable.

Tabla 12-7. Gastos de calderas y equipos mal seleccionados

<i>Descripción</i>	<i>Característica</i>	<i>Cant.</i>	<i>Costo unitario(USD)</i>	<i>Costo total(USD)</i>
Caldera 22 BHP	Caldera pirotubular vertical con equipo de funcionamiento	2	22525,54	45051,08
Caldera actual	Caldera pirotubular horizontal con equipo de funcionamiento	1	29807,25	29807,25
Tanque de condensado	Tanque de condensado de 100 gal	3	300,00	900,00
Bomba centrifuga	Bomba de agua centrifuga	2	389,00	778,00
Tuberías y accesorios	Tuberías accesorios de instalaciones	1	1500,00	1500,00
Tanque de combustible	Capacidad 1000 gal	1	2000,00	2000,00
			Total	80036,33

Fuente:(GAD municipal del cantón Guano, 2016)

Tabla 13-7. Ingresos de usuarios promedio con la piscina sin temperar correctamente

<i>Tipos de Usuarios</i>	<i>Usuarios mensuales</i>	<i>Precio/usuario (USD)</i>	<i>Ingreso mensual (USD)</i>	<i>Ingreso anual(USD)</i>
Adultos	1500,00	3,00	4500,00	54000,00
Niños y adultos mayores	800,00	1,50	1200,00	14400,00
			Total	68400,00

Fuente:(GAD municipal del cantón Guano, 2016)

Ingresos anuales totales con la piscina sin temperar correctamente (Iaa)

$$Iaa= 68400,00$$

Gastos totales invertidos en las calderas y sus equipos mal seleccionados, dados de baja

$$Gt=Gc + Gmo + Gce \quad (51)$$

Donde:

Gt: Gastos anuales totales anteriores

Gc: Gastos anuales de combustible (Gc=27307,93)

Gmo: Gastos anuales de mano de obra (Gmo=13800,00)

Gce: Gastos de calderas y equipos anteriores (Gce=80036,00)

$$Gt=27307,93 + 13800,00 + 80036,00$$

$$Gt=121143,93$$

7.10.4 *Análisis costo – beneficios en función de gastos*

Los gastos anteriores son mayores a los gastos que ocasionaran el proyecto actualmente, lo cual hace factible su ejecución desde el punto de vista de gastos anuales totales.

$$Gt > Gtp$$

$$121143,93 > 102478,61$$

Análisis Costo – beneficios en función de los ingresos anuales del balneario.

Los ingresos anuales totales con la piscina temperada de forma correcta gracias a la correcta selección de calderas son mayores a los ingresos anuales totales con la piscina sin temperar correctamente. Lo cual hace factible su ejecución desde el punto de vista de ingresos anuales totales.

$$Ia > Iaa$$

$$124200,00 > 68400,00$$

Análisis Costo – beneficios en función de la evaluación de gastos e ingresos anuales del proyecto.

$$\frac{\text{beneficio}}{\text{costo}} = \frac{Ia}{Gtp} \quad (52)$$

$$\frac{124200,00}{102478,61}$$

$$1,21$$

Entonces la comparación sería:

$$1,21 > 1$$

El análisis costo beneficio en función de gastos e ingresos hace que el proyecto se factible, además en el análisis de beneficio/costo nos da un resultado mayor que 1 lo cual hace que el proyecto se factible de ejecutarse.

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

En cumplimiento de la normativa ASME vigente para la selección de calderas, los resultados de los cálculos y con la consideración de un factor de seguridad de 1,2 se obtuvo una potencia necesaria para el calentamiento del agua de la piscina semi-olímpica de 39,22 BHP, entonces se selecciona una caldera pirotubular horizontal de tres pasos de 40 BHP modelo CPH40-3, así también el número de granos calculado fue de 47209,51 por lo que se selecciona un ablandador de agua automático modelo SCWS 60-1 con una capacidad de 60000 granos, un tanque de condensado de $0,6 m^3$, una bomba centrífuga de 1 HP, una bomba de inyección de químicos de embolo de doble etapa de $\frac{1}{4}$ de HP, un intercambiador de calor de coraza y tubos modelo GL140-3708-2C de cuproníquel, un tanque de combustible de 3250 gal de capacidad y un tanque de consumo diario de combustible de 300 gal de capacidad.

El plan de seguridad y mantenimiento cumple con los requerimientos necesarios para el cuidado del personal, ambiente y equipos, así como también para el correcto funcionamiento de equipos de la sala de caldera guiados con base en las normas OHSAS 18001 orientadas a la salud y seguridad ocupacional, las normas ISO 14001 orientadas a sistemas de gestión ambiental, las normas ISO 9001, ANSI A13.1 orientadas al sistema de calidad de equipos, además de respetar la vigente constitución de la república del Ecuador con el acatamiento del reglamento de la agencia de regulación y control de hidrocarburos (ARCH).

El plan de seguridad y mantenimiento de la sala de caldera basados en normativa, optimizara las actividades de mantenimiento y seguridad del personal, la eficacia del trabajo de los sistemas evitando paradas inesperadas de cualquiera de ellos y el ahorro económico por paradas improductivas o adquisición de repuestos innecesarios.

El cambio de la caldera en actual funcionamiento es prioritario realizarlo con prontitud para brindar un mejor servicio a los usuarios del balneario, con eficiencia y seguridad, lo cual permitirá que incremente el número de visitantes por la disponibilidad de la piscina temperada correctamente (esto en base a los datos de ingreso al balneario al inicio de sus operaciones, es decir con equipos nuevos en el año 2009) y por ende generara mayores ingresos económicos al balneario con la misma consideración.

Con el análisis de costo – beneficio que dio un resultado de 1,21 mayor que 1 (valor referencial análisis costo-beneficio), entonces se concluye que el estudio para selección, diseño de instalaciones, plan de mantenimiento y seguridad de los calderos para la piscina semi-olímpica del balneario turístico Los Elenes del cantón Guano es factible de ejecutar.

8.2 Recomendaciones

Prestar la atención debida a todos los criterios mencionados en el presente trabajo para poder instalar un sistema eficiente, seguro y que preste facilidades a la hora de realizar mantenimientos.

Cubrir la piscina con la manta térmica todos los días al finalizar la jornada de atención para disipar las pérdidas de calor y con esto obtener un ahorro en el consumo de energía de la caldera.

Cubrir con aislamiento térmico (cañuela o fibra de vidrio) las tuberías de vapor y de condensado para evitar pérdidas de calor.

La sala de caldera, así como todo su equipo de funcionamiento deben estar a cargo de personal profesional y capacitado para su operación.

Capacitar constantemente al personal que esté a cargo de la operación de sala de caldera, sobre temas y actualizaciones que tengan que ver con los equipos que van a manejar.

Utilizar los planes de seguridad antes de realizar cualquier operación en la sala de caldera.

Realizar charlas de análisis de seguridad de trabajo con todo el personal que labora en el balneario sin excepción previo al arranque de la caldera o antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento de la misma.

Gestionar permisos de trabajo con el jefe inmediato encargado del balneario antes de realizar cualquier tipo de mantenimiento en los equipos o cualquier tipo de trabajo en la sala de calderas diferente al que se realice cotidianamente.

El personal que opere la caldera, personal de mantenimiento, así como todo aquel que deba ingresar a la sala de caldera siempre deberá llevar puesto el equipo de protección personal (EPP).

Realizar simulacros en caso de emergencias en la salud del personal, conatos de incendio y eventos ambientales.

No dejar manipular la caldera y sus equipos a personas que no estén debidamente capacitadas para operarlo.

Realizar constantemente análisis de dureza y sólidos en suspensión de muestras de agua de alimentación a la caldera.

Nunca dejar la caldera encendida en las jornadas de apertura al público sin supervisión del personal destinado a la operación de misma.

Aplicar como tal las normativas ISO 9001 y OHSAS 18001 mediante un Sistema de Gestión Integrado para el Balneario.

GLOSARIO

Para efectos de este trabajo, se establecen las definiciones siguientes:

Caldera: Equipo que se utiliza para la generación de vapor o calentamiento de un líquido.

Código: Conjunto de reglas técnicas en el cual está basado el diseño y construcción de los equipos a presión.

Código ASME: Código de Calderas y Recipientes a Presión de la ASME.

Certificado de envases a presión: Certificado que coloca el inspector al recipiente de presión inspeccionado.

ANSI/NB-23: código de inspección utilizado por el inspector de los equipos sometidos a presión.

Equipo a presión: Envases o calderas a presión diseñada para resistir presiones internas o externas.

Inspección periódica: Inspección que realizan los usuarios o dueños de los equipos para verificar el cumplimiento de normas, y otros requerimientos operacionales o de mantenimiento de los equipos a presión.

Inspector de los equipos de presión: Persona idónea, a los equipos de presión, en sus instalaciones, según los requerimientos aplicables del código de inspección ASME.

Presión de diseño: Valor de la presión que se considera durante el diseño de los elementos de los equipos a presión.

Presión de operación: Es la presión a la cual opera normalmente un equipo a presión para una operación segura.

Presión de trabajo máxima permisible: Es la presión máxima para la cual un equipo fue diseñado y construido, de acuerdo a los principios establecidos por ASME. Se establece un margen de seguridad entre la presión de diseño y la presión de trabajo máxima permisible.

Prueba hidrostática: Prueba a que deben ser sometidos los equipos a presión. Es una prueba de hermeticidad y resistencia. Se realiza por medio de una bomba manual de presión de agua. Los equipos a presión son probados hidrostáticamente a 1.5 veces la presión máxima de trabajo

permisible.

Registro de identificación del equipo a presión: Registro en que se hace constar el nombre del fabricante, las características de operación y de diseño del recipiente a presión.

Registro de inspección: Documentación, sistema automatizado o control de las inspecciones y pruebas realizadas a los equipos a presión.

Riesgo inminente: Cualquier condición que se presenta durante la inspección del equipo a presión que represente un peligro para el personal o al equipo.

Válvula de alivio: Dispositivo automático que alivia la presión. Se usa principalmente para aplicaciones de líquidos.

Válvula de seguridad: Dispositivo automático que alivia la presión. Se usa para aplicaciones de gas o vapor.

Tiro: diferencia entre la presión del lado exterior e interior de la pared de un conducto (chimenea)

Relevado de esfuerzos: proceso que tiene por objetivo liberar esfuerzos residuales generados por procesos de manufactura como por ejemplo el maquinado profundo o la soldadura. Este proceso se lo realiza temperaturas entre 600-700 °C y se enfría al aire.

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

HRT: Calderas tubulares horizontales

ASME: American Society of Mechanical Engineers

OHSAS: Occupational Health and Safety Assessment Series

PVC: Policloruro de vinilo

NA: No aplica

CO: Monóxido de carbono

CO₂: Dióxido de carbono

O₂: Oxígeno

ACP: Autoridad del Canal de Panamá

API: American Petroleum Institute

ANSI: American National Standards Institute

NB: National Board

NBIC: National Board Inspector Code

RHSH: Unidad de seguridad e higiene industrial

SSO: Seguridad y salud ocupacional

BPVC-I: Pressure Vessel Inspection Code

TDH: Altura total dinámica de descarga

HP: Horse Power

UNE: Una Norma Española

EPP: Equipo de protección personal

BIBLIOGRAFÍA

Sistemas de calefacción [en línea]. 2012. [Consulta: 15 agosto 2014]. Disponible en: <http://www.sistemascalefaccion.com>

About.com [en línea]. 2010. [Consulta: 15 agosto 2014]. Disponible en: <http://reparaciones.about.com>

JARA, Dennys. *Calderos Tipos- Diseño de Calderas* [en línea]. 2013. [Consulta: 18 agosto 2014]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos97/calderos-tipos/calderos-tipos2.shtml>.

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, *Boiler and Pressure Vessel Code, Sections I, VII, VIII (Division 1)* [en línea]. 2008. [Consulta: 25 Agosto 2014]. Disponible en: <http://files.asme.org/Catalog/Codes/PrintBook/34364>.

CONSEJO INTERAMERICANO DE SEGURIDAD. *Calderas y recipientes a presión no expuesto al fuego* [en línea]. 2008 [Consulta: 1 agosto 2016]. Disponible en: www.ridsso.com/documentos/muro/b00222c3ee22a8022284f23f37ffe4a8.doc

ESTRUCPLAN S.A. *Partes Principales que Componen una Caldera* [en línea]. 2011. [Consulta: 1 agosto 2016]. Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?IDEntrega=2953>

GOLATO, Marcos, et al. Inyección de aire secundario caliente en calderas de vapor bagaceras y su influencia en el rendimiento térmico. 2005. 1-2, Tucumán: s.n., 2005, Vol. 82. 1851-3018.

GOLATO, Marcos, et al. Metodología de cálculo de la eficiencia térmica de generadores de vapor. 2008. Tucumán: diciembre de 2008, Revista Industrial y Agrícola de Tucumán. 1851-3018.

GARCÍA, Santiago, et al. Operación y Mantenimiento de Centrales de Ciclo Combinado. 2008. Buenos Aires: Diaz de Santos, 2008. 978-84-7978-842-1.

- GUTIÉRREZ, Edison, et al.** Post-treatment of municipal wastewater for feeding to boilers using ionic exchange. 2005. Maracaibo: Fobeca, 2005. 0254-0770. pp. 35-38
- CARDOZO, Samuel, et al.** Tratamiento de agua para la generación de vapor con un ablandador. 2011. 7, Caracas: 2011, Vol. II. 1856-8327.
- CANAL DE PANAMÁ.** ACP Norma de Seguridad para la Inspección de Calderas y Envases a Presión, 2002. Panamá: 2005, Vol. I. 117-12-2-16-2.
- VILLACIS, Hernán.** *Información Guano 2014*. En: Sesión Departamental. Trabajos. Ecuador, Guano, Departamento Turismo, 2014. pp. 1-2
- VALENZUELA, Ramiro.** 2003. *Transferencia de calor*. Riobamba. ESPOCH 2003. pp. 35-37
- ZABALA, Gilberto.** 2008. *Termodinámica II*. Riobamba. 2008. pp. 15-40
- ZABALA, Gilberto.** 2008. *Termodinámica II*. Tablas de vapor. Riobamba. 2008. pp. 23-28
- VARGAS ZUÑIGA, Ángel.** *Calderas Industriales y Marinas*, Editorial series VZ, segunda edición, 1996. pp. 35-69
- VARGAS ZUÑIGA, Ángel,** *Mantenimiento de Calderas Industriales y Marinas*, Editorial series VZ, segunda edición, 1990. pp. 61-75
- PALACIO, Orlando.** *Uso Industrial del Vapor*, Calderas y Mantenimientos, 1995. pp. 15-39
- CONSEJO INTERAMERICANO DE SEGURIDAD.** *Calderas y recipientes a presión no expuesto al fuego*. Capítulo 44. Englewood, N.J.
- COMESA.** Normas de ingeniería para operación y mantenimiento de Calderas Piro-tubulares, 1997.
- CONAE,** Eficiencia de Calderas y Combustión. México, Comisión Nacional para el ahorro de energía, 2007.

NATIONAL BOARD INSPECTION CODE (NBIC). A Manual for Boiler and Pressure Vessel Inspectors. ANSI/NB-23.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. ANSI B31.1.

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sections I, VII, VIII (Division 1).

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. ASME Companion Guide to the ASME Boiler & Pressure Vessel Code. 2001.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. ANSI Standard for the identification of pipes. ANSI A 13.3. 2007.

OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT SERIES. OHSAS Sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional. OHSAS 18001. 2007.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. ISO Sistemas de gestión ambiental. ISO 9001. 2000.

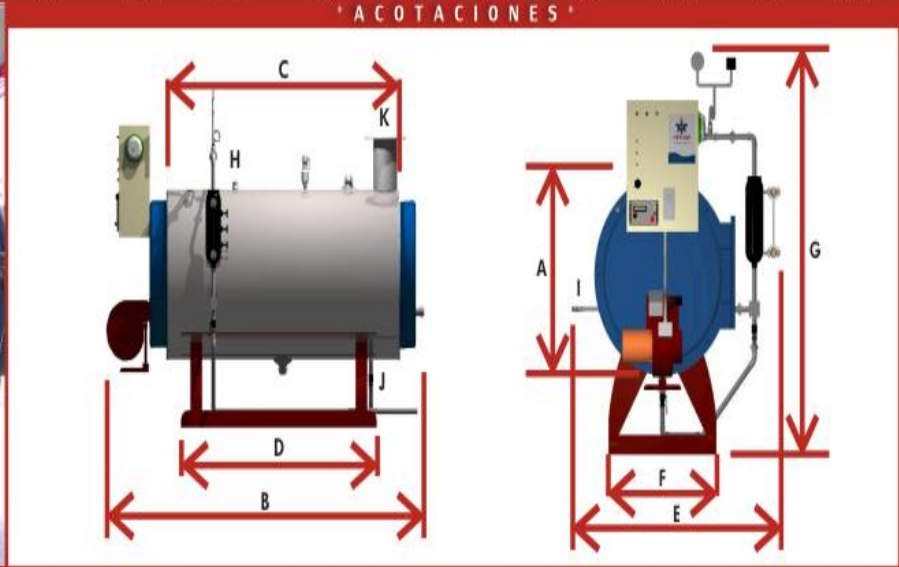
VÍCTOR, Alexis, et al. *Selección e Instalación de un Sistema de Vapor para una Fábrica de Sardinias* (Tesis) (Ingeniería). Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencia de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador. 1995. pp. 68-103

GUANCHE REVELO, Juan Miguel. *Plan de mantenimiento de una sala de calderas* (Trabajo de titulación). Facultad de Ingeniería de Electrónica Industrial y Automática, Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología de la Laguna. 2016. pp. 78-82

ANEXOS

Anexo A. Catálogo de selección de calderas pirotubulares horizontales

CABALLOS CALDERA		10	15	20	30	40	50	60	80	100	150
M O D E L O		CPH10-3	CPH15-3	CPH20-3	CPH30-3	CPH40-3	CPH50-3	CPH60-3	CPH80-3	CPH100-3	CPH150-3
POTENCIA DE SALIDA	Kcal/hr	84355	126532	168710	253065	337420	421775	506130	506130	674840	1 265 325
EVAPORACION DE Y A 100°C	Kg/hr	156.5	234.5	313	469.5	628	782.5	939	1252	1565	2 348
SUPERFICIE DE CALEFACCIÓN	m ²	5.315	7.307	9.561	15.325	21.945	25.29	32.00	42.090	56.134	69.314
PRESIÓN DE DISEÑO	Kg/cm ²	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
D I M E N S I O N E S (mm)											
DIÁMETRO DE LA CALDERA	A	760	880	970	1076	1250	1250	1370	1420	1650	1778
LONGITUD DE LA CALDERA	B	2080	2300	2400	3040	3400	3800	3480	4580	4840	5560
LONGITUD DEL CUERPO	C	1520	1650	1730	2200	2650	3050	3050	3680	3900	4390
LONGITUD DE LA BASE	D	1300	1450	1500	1950	2340	2750	2700	3310	3350	3650
ANCHO DE LA CALDERA	E	1110	1230	1320	1410	1620	1620	1870	1925	2150	2278
ANCHO DE LA BASE	F	600	700	800	900	1000	1000	1150	1195	1355	1450
ALTURA DE LA CALDERA	G	1460	1630	1720	1860	2121	2121	2300	2600	2750	2880
M E D I D A D E C O N E X I O N E S (mm)											
SALIDA DE VAPOR	H	25.4	25.4	38.1	38.1	50.8	50.8	76.2	76.2	76.2	101.6
ENTRADA DE AGUA	I	19.0	19.0	25.4	25.4	25.4	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8
PURGA DE FONDO	J	19.0	19.0	25.4	25.4	25.4	38.1	38.1	38.1	38.1	38.1
SALIDA DE GASES	K	155	190	190	203	254	305	305	390	500	550.0
E S P A C I O M Í N I M O R E Q U E R I D O (mm)											
AL FRENTE		1200	1300	1300	1500	1500	1800	2000	2500	2500	3200
HACIA ATRÁS		1000	1000	1200	1300	1350	1400	1500	1500	1800	1800
A LA DERECHA		1000	1000	1000	1200	1200	1250	1300	1300	1500	1500
A LA IZQUIERDA		1000	1000	1000	1200	1200	1250	1300	1300	1500	1500
C O N S U M O S M Á X I M O S (Lts/hr)											
AGUA		156.5	234.8	313.0	469.5	626.0	782.5	939.0	1332.0	1565.0	2347.5
GAS L.P.		15.0	22.5	30.0	45.0	60.0	75.0	90.0	120.0	150.0	225.0
DIESEL		11.0	16.5	22.0	33.0	44.0	55.0	66.0	88.0	110.0	165.0
COMBUSTOLEO		--	--	--	---	--	53.0	63.6	84.8	106.0	159.0
C A R G A E L É C T R I C A (HP)											
MOTOR VENTILADOR	Gas	1/10	0.25	0.25	0.50	0.50	0.75	1.5	2.0	2.0	4.0
MOTOR VENTILADOR	Diesel	1/6	0.25	0.25	0.25	0.50	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0
MOTOR BOMBA DE AGUA		1.0	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	3.0	5.0	5.0	7.5
P E S O S A P R O X I M A D O S (Kg)											
DE EMBARQUE		740	975	1500	2360	3100	3350	3500	3800	4900	6800
EN OPERACIÓN		1200	1550	2300	3400	4000	4400	4960	5700	7100	10055
TOTALMENTE LLENA DE AGUA		1350	1750	2600	3800	4650	5100	5500	6500	8200	11693



Anexo B. Catálogo de selección de las dimensiones del tanque de condensado.

110A Tabla Selección

Caldera CC	Veloc. Evap. GPM	Capacid. Bomba Galones	Capacid.	Tamaño del	Tamaño de la
			Tanque Galones	tanque pulg.	válvula
15	1.0	3.9	30	16X37	3/4" NPT
20	1.4	4.1	30	16X37	3/4" NPT
25	1.7	4.4	30	16X37	3/4" NPT
30	2.1	5.0	60	22X37	3/4" NPT
40	2.8	6.6	60	22X37	3/4" NPT
50	3.5	7.6	60	22X37	3/4" NPT
60	4.2	8.5	100	24X51	3/4" NPT
70	4.8	10.0	100	24X51	3/4" NPT
80	5.5	11.0	100	24X51	3/4" NPT
100	6.9	14.0	200	30X65	1" NPT
125	8.6	17.5	250	30X65	1" NPT
150	10.7	21.0	250	36X60	1" NPT
200	13.8	28.0	350	42X60	1-1/2" NPT
250	17.3	33.0	350	42X60	1-1/2" NPT
300	20.7	38.0	350	42X60	1-1/2" NPT
350	24.2	43.0	500	42X84	1-1/2" NPT
400	27.6	48.0	500	42X84	1-1/2" NPT

Anexo C. Catálogo para selección de ablandadores de agua.

Modelo #	Remoción máxima Granos	Tamaño Del Tanque	Medios (Cu pie)	Sal (libras.)	Tamaño De la Pipa	Tamaño Del Tanque De la Salmuera	Caudal Continuo (1)	Caudal Máximo (2)
Scws-60-1	60k	12x52	2	30	1	18x40	16	21
Scws-60-1.5	60K	12x52	2	30	1,5	18x40	27	40
Scws-60-2	60K	12x52	2	30	2	18x40	32	50
Scws-90-1	90K	14x65	3	45	1	18x40	17	22
Scws-90-2	90K	14x65	3	45	2	18x40	39	53
Scws-120-1	120K	16x65	4	60	1	24x40	18	23
Scws-120-1.5	120K	16x65	4	60	1,5	24x40	35	45
Scws-120-2	120K	16x65	4	60	2	24x40	48	65
Scws-150-1	150K	21x62	5	75	1	24x40	20	25
Scws-150-1.5	150K	21x62	5	75	1,5	24x40	42	57
Scws-150-2	150K	21x62	5	75	2	24x40	68	85
Scws-180-1	180K	21x62	6	90	1	24x54	19	24
Scws-180-1.5	180K	21x62	6	90	1,5	24x54	41	54
Scws-180-2	180K	21x62	6	90	2	24x54	64	81

Capacidad disponible del retro de hasta 1.200.000 granos de sistemas más grandes.

Nota: Todos los sistemas incluyen el tanque mojado de la salmuera de sal - válvula de la salmuera de seguridad - las regeneraciones funcionadas del reloj de tiempo

(1) = 15 PSI de gota de presión @ 68 grados (temperatura del agua) (2) = 25 PSI de gota de presión @ 68 grados (temperatura del agua)

Anexo D. Catálogo de bombas de desplazamiento positivo para inyección de químico.

Min - Max Volume (Expressed in U.S. Gallons per day)													
Plunger Size	Maximum Discharge Pressure	100:1 Ratio (17.5 SPM)				50:1 Ratio (35 SPM)				25:1 Ratio (70 SPM)			
		Model No.	Min.	Max GPD		Model No.	Min.	Max. GPD		Model No.	Min.	Max. GPD	
Single Head Units		Model No.	60 Hz Motor	50 Hz Motor		Model No.	60 Hz Motor	50 Hz Motor		Model No.	60 Hz Motor	50 Hz Motor	
3/16"	5000 # Hard Pkg. 3000 # Soft Pkg.	4324	0.063	2.5	2.07	4304	0.13	5	4.15	4334	0.25	10	8.3
1/4"	2400 PSI	4321	0.5	5	4.15	4301	1	10	6.3	4331	2	20	16.6
3/8"	1200 PSI	4323	1.2	12	9.96	4303	2.3	23	19.09	4333	4.6	46	38.18
1/2"	600 PSI	4325	2.1	21	17.43	4305	4	40	33.2	4335	8	80	66.4
3/4"	300 PSI	4326	4.6	46	38	4306	9.1	91	75.5	4336	18.2	182	151
1"	150 PSI	4327	8.1	81	67.5	4307	6.3	63	135.2	4337	32.5	325	269.7
Double Headed Units													
3/16"	5000 # Hard Pkg. 3000 # Soft Pkg.	4324-2	0.13	5	4.14	4304-2	0.26	10	8.3	4334-2	0.5	20	16.6
1/4"	2400 PSI	4321-2	1	10	8.3	4301-2	2	20	16.6	4331-2	4	40	33.2
3/8"	1200 PSI	4323-2	2.4	24	19.9	4303-2	4.6	46	38.18	4333-2	9.2	92	76.4
1/2"	600 PSI	4325-2	4.2	42	34.86	4305-2	8	80	66.4	4335-2	16	160	132.8
3/4"	300 PSI	4326-2	9.2	92	76.3	4306-2	18.2	182	151	4336-2	36.4	364	302.1
1"	150 PSI	4327-2	16.2	162	134.4	4307-2	32.6	326	270.5	4337-2	65	650	539.5

Anexo E. Catálogo para selección de tuberías de acero



ESTOY INTERESADO EN ESTE PRODUCTO

DESCARGAR ESPECIFICACIONES

Especificaciones:

Largo Normal: 6 metros
 Recubrimiento: Negro
 Norma de Fabricación: ASTM 795 - SCH 10 / ASTM A 53 - SCH 40
 Espesores: Desde 2,11 a 7,11 mm
 Acabado: Con ranura o liso
 Otras Observaciones: dimensiones y largos, previa consulta.

Certificados:

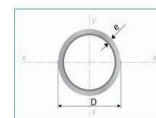
Tubería Contra Incendios

ASTM 795 - SCH 10

Designaciones		Espesor	Peso	Presión de Prueba	
Diámetro Exterior					
D		e	P		
pulg.	mm	mm	kg/m	lb/pulg ²	kg/cm ²
3/4	26,70	2,11	1,28	687	48,30
1	33,40	2,77	2,09	687	48,30
1 1/4	42,20	2,77	2,69	980	68,90
1 1/2	48,30	2,77	3,11	980	68,90
2	60,30	2,77	3,93	980	68,90
2 1/2	73,00	3,05	5,26	980	68,90
3	88,90	3,05	6,46	980	68,90
3 1/2	101,60	3,05	7,41	1176	82,70
4	114,30	3,05	8,37	1176	82,70
5	141,30	3,40	11,58	1176	82,70
6	168,30	3,40	13,85	980	68,90

ASTM A 53 - SCH 40

Designaciones		Espesor	Peso	Presión de Prueba	
Diámetro Exterior					
D		e	P		
pulg.	mm	mm	kg/m	lb/pulg ²	kg/cm ²
1/2	21,30	2,77	1,27	687	48,30
3/4	26,70	2,87	1,69	687	48,30
1	33,40	3,38	2,50	687	48,30
1 1/4	42,20	3,56	3,39	980	68,90
1 1/2	48,30	3,68	4,05	980	68,90
2	60,30	3,91	5,45	980	68,90
2 1/2	73,00	5,16	8,64	980	68,90
3	88,90	5,49	11,29	980	68,90
3 1/2	101,60	5,74	13,58	1176	82,70
4	114,30	6,02	16,09	1176	82,70
5	141,30	6,55	21,79	1176	82,70
6	168,30	7,11	28,29	1176	82,70



Aplicaciones

- Sistemas de redes contra incendio (sistemas aspersores y rociadores).

Beneficios

- La instalación de tubería es versátil, económica y segura.
- Permite un fácil acceso al mantenimiento, limpieza y expansión del sistema.

IPAC ECUADOR

RED INTERNACIONAL

Anexo F. Catálogo para selección de tuberías PVC.

DIAMETRO EXTERIOR		LONGITUD		CLASE 5 75 PSI (5 bar)			CLASE 7.5 105 PSI (7.5 bar)			CLASE 10 150 PSI (10 bar)			CLASE 15 200 PSI (15 bar)		
NOM	REAL	TOTAL	UTIL	ESP.	Diam. Inter.	PESO	ESP.	Diam. Inter.	PESO	ESP.	Diam. Inter.	PESO	ESP.	Diam. Inter.	PESO
Pulg	mm	metros	metros	mm	mm	kg x tubo	mm	mm	kg x tubo	mm	mm	kg x tubo	mm	mm	kg x tubo
1/2	21.0	5.00	4.97	-	-	-	-	-	-	1.8	17.4	0,840	1.8	17.9	-
3/4	26.5	5.00	4.96	-	-	-	-	-	-	1.8	22.9	1,080	1.8	22.9	-
1	33.0	5.00	4.96	-	-	-	-	-	-	1.8	29.4	1,363	2.3	28.4	2,877
1.1/4	42.0	5.00	4.96	-	-	-	1.8	38.4	1,74	2.0	38	1,940	2.9	36.2	2,750
1.1/2	48.0	5.00	4.96	-	-	-	1.8	44.4	2,016	2.3	43.4	2,549	3.3	41.4	3,577
2	60.0	5.00	4.95	1.8	56.4	2,359	2.2	55.4	3,082	2.9	54.2	4,013	4.2	51.6	6,680
2.1/2	73.0	5.00	4.94	1.8	69.4	3,102	2.6	67.8	4,435	3.5	66	5,894	5.1	62.8	8,390
3	88.5	5.00	4.93	2.2	84.1	4,599	3.2	82.1	6,612	4.2	80.1	8,576	6.2	76.1	12,360
4	114.0	5.00	4.90	2.8	108.4	7,540	4.1	105.8	10,911	5.4	103.2	14,201	8.0	98.0	20,535
6	168.0	5.00	4.86	4.1	159.8	16,278	6.1	155.8	23,923	8.0	152	31,006	11.7	144.6	44,299
8	219.0	5.00	4.82	5.3	208.4	27,440	7.9	203.2	40,405	10.4	198.2	52,262	15.3	188.4	75,513
10	273.0	5.00	4.77	6.7	259.6	43,223	9.9	253.2	63,100	13.0	247.0	81,884	19.0	235.0	116,919
12	323.0	5.00	4.73	7.9	307.2	60,301	11.7	299.6	88,231	15.4	292.2	114,754	22.5	278.0	163,796

Anexo G. Catálogo de aislante térmico (cañuela)

Resumen de hoja técnica de cañuela de lana de vidrio rígida

CAÑUELA AMPLIO RANGO

Aislamiento térmico para tuberías

DESCRIPCION:

Lana de vidrio rígida, preformada en forma de medias cañas para aislar tuberías calientes y frías, con temperaturas entre -84°C (-120°F) y 454°C (850°F) y con diámetro nominal desde 1/2 hasta 12 pulgadas.

Disponible con y sin laminado de foil de aluminio FRK.

USOS:

Para aislar sistemas de tuberías que lo requieren, incluyendo las tuberías de transporte de vapor, calefacción, enfriamiento, agua para uso doméstico caliente, fría, sistemas sanitarios y tuberías especializadas en plantas de potencia y procesos industriales.

ESPECIFICACIONES

- Conductividad Térmica:** K = 0.034 W/m °C a 24°C
o sea (0.24 BTU. pulg/hr. pie². °F a 75 °F de temperatura promedio)
- Características de quemado superficial**

Superficie del aislamiento	Propagación de la llama	Desarrollo de humo
Sin recubrimiento	25	50
Con foil expuesto	5	0
Con kraft expuesto	25	10
- Absorción de la humedad ambiental** Absorbe máximo 0.2% en volumen en 96 horas a 49°C (120°F) y 95% de humedad relativa.
- Corrosión** Ninguna evidencia sobre metales
- Empaque** Cajas de cartón

DIMENSIONES

La CAÑUELA AMPLIO RANGO se suministra en dos medias cañas o secciones semicirculares en los siguientes espesores:

Diámetro nominal de la tubería (pulgada):	Espesor de aislamiento (+/- 1/8")
Desde 1/2" hasta 10"	1"
Desde 1/2" hasta 10"	1 1/2"
Desde 1" hasta 12"	2"
Desde 2" hasta 10"	3"

Cañuelas con diámetros y espesores diferentes se fabrican bajo pedido.

ESPESOR OPTIMO DE TUBERIAS

		Diámetro Nominal de la Tubería																											
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24	30	36						
Temperatura de Servicio	Espesor Recomendado	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0					
	150°F (65°C)	Ts 89	90	90	90	91	91	91	88	88	88	88	89	89	89	89	89	89	89	87	87	87	87	87					
	Q	22	25	29	33	36	42	48	45	50	54	64	73	91	110	127	138	156	141	151	182	226	269						
Temperatura de Servicio	Espesor Recomendado	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0					
	250°F (121°C)	Ts 103	96	97	98	98	94	95	95	96	96	97	94	94	95	95	93	93	93	93	93	93	93	94					
	Q	57	55	62	71	77	77	87	98	108	116	136	135	166	197	227	246	242	265	290	342	416	493						
Temperatura de Servicio	Espesor Recomendado	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0						
	350°F (177°C)	Ts 103	106	107	109	102	103	99	100	100	101	102	98	99	100	98	98	98	98	99	99	97	97						
	Q	76	93	104	119	113	128	129	145	159	172	199	201	244	291	298	321	358	395	432	507	554	653						
Temperatura de Servicio	Espesor Recomendado	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0						
	450°F (232°C)	Ts 115	108	109	111	112	106	107	109	109	105	106	107	108	105	106	106	106	106	103	104	104	105	105					
	Q	123	123	137	155	172	171	191	216	236	230	265	300	365	389	443	477	534	532	581	679	824	967						

CONVENCIONES

Ts = Temperatura Superficial, °F
Ta = Temperatura Ambiente, °F
Q = Pérdidas de calor, BTU/Hr.m
E = Emisividad

Anexo H. Catálogo de aislante térmico (fibra de vidrio)

Resumen de hoja técnica de FLEXWRAP

Descripción:

FLEXWRAP es un aislamiento térmico de fibra de vidrio de alta calidad y eficiencia térmica.

Está fabricado con el más novedoso sistema de producción que organiza la fibra de vidrio sobre un laminado de foil de aluminio en forma de bucles, proporcionando una excepcional FLEXIBILIDAD a la colchoneta, que permite en la instalación la facilidad de arropar y cubrir la superficie de los cuerpos cilíndricos aportando la rigidez necesaria para mantener el espesor de aislamiento uniforme y la resistencia mecánica para hacerlo durable.

Usos:

FLEXWRAP ha sido diseñado para ser instalado en ductos, silos de almacenamiento, tanques, tuberías y cuerpos cilíndricos con diámetros de 10 pulgadas en adelante, equipos que operen hasta temperaturas de 850°F (450°C).

Se emplea también sobre aislamientos ya instalados con el fin de aumentar el espesor por requerimientos de mantenimiento o bajo criterios de protección personal.

Especificaciones Técnicas:

- Conductividad térmica: 0.035 W/°C.m². Valor típico (0.24 BTU.in/h.°F.ft²) a 75°F. ASTM C 518.
- Temperatura de aplicación: Temperaturas hasta 850°F(450°C). ASTM C 411.
- Incombustibilidad superficial. ASTM E 84. Desarrollo de humo 50. Propagación de llama 25.
- Resistencia a la compresión. Valor típico 25lb/ft² (a 10% deformación) ASTM C 165.
- Transmisión de vapor. ASTM E 96. referido al recubrimiento exterior. 0,01 permios.
- Corrosión. Ninguna evidencia sobre metales.
- No absorción de humedad.

Dimensiones:

LONGITUD	ANCHO	ESPESOR
624" (15.85 m)	48" (1.22 m)	1" (25.4 mm)
360" (9.14 m)	48" (1.22 m)	1½" (38.1 mm)
312" (7.93 m)	48" (1.22 m)	2" (50.8 mm)
240" (6.1 m)	48" (1.22 m)	2½" (63.5 mm)
216" (5.49 m)	48" (1.22 m)	3" (76.2 mm)

Presentación en rollos

Diámetro Mínimo de Instalación:

De acuerdo al espesor de FLEXWRAP el diámetro mínimo recomendado para aislar es:

ESPESOR FLEX WRAP		DIAMETRO MÍNIMO	
Pulg	mm	Pulg	mm
1"	25	3"	76
1½"	38	3"	76
2"	51	4"	102
2½"	64	6"	152
3"	76	8"	203



Detalle Fibra de Vidrio en bucles.

Anexo I. Catálogo de dimensionamiento de tanques de almacenamiento de combustible.

**DIÁMETROS RECOMENDADOS PARA TANQUES DE
COMBUSTIBLE.**

**FUENTE: TESIS DE GRADO DE FIMCP-ESPOL POR
ROMMEL JAVIER ALVARADO T.**

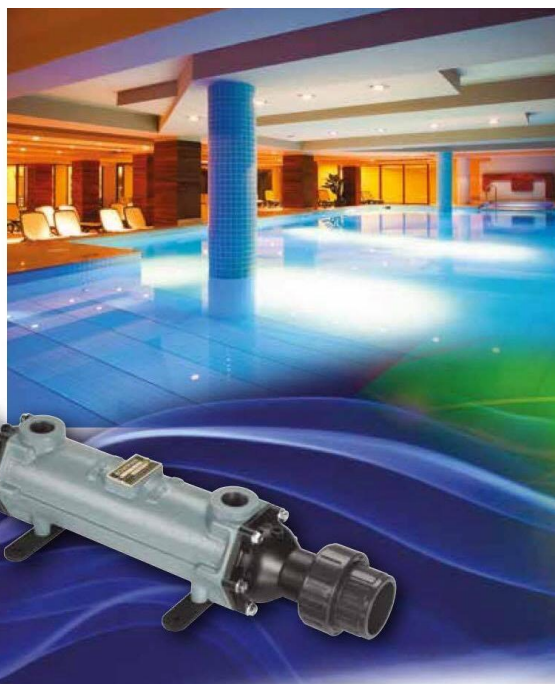
Capacidad [gl]	Diámetro Max. [m]	Espesor [mm]
Menos de 1321	1.5	3.5
1322 - 2642	1.85	4.0
2643 - 3963	2.33	4.5
3964 - 6605	2.65	5.0
6606 - 13210	3.16	6.5
13211 - 19815	4.0	8.0

Anexo J. Catálogo de selección de intercambiadores de calor para piscinas con caldera.

BOWMAN®

Intercambiadores de calor para piscinas para el uso con calderas

La tabla siguiente permite seleccionar el intercambiador de calor apropiado y muestra el rendimiento que puede conseguir con nuestros equipos con diferentes temperaturas de entrada de la caldera y tamaños de piscinas.



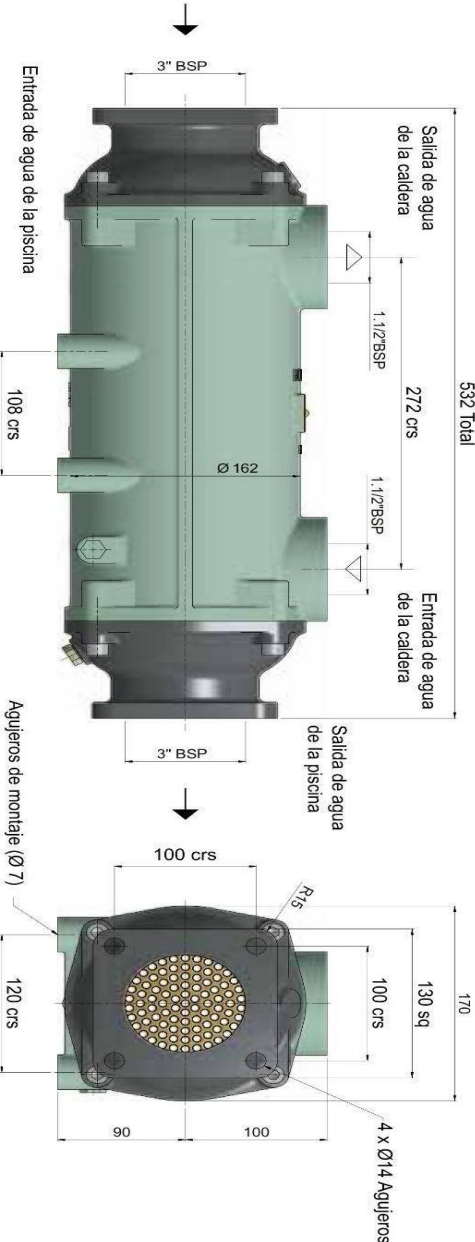
Tipo	Capacidad de la piscina		Transferencia de calor 82°C Agua de la caldera		Transferencia de calor 60°C Agua de la caldera		Flujo de agua de la caldera		Flujo máximo de agua de la piscina		Peso kg
	m ³	gal	kW	Btu/h	kW	Btu/h	m ³ /h	l/m	m ³ /h	l/m	
EC80-5113-1C	40	8.800	20	68.000	12	41.000	2,1	35	9,0	150	3,0
EC80-5113-1S/T*	50	11.000	25	85.000	16	55.000	3,0	50	12,0	200	3,0 / 2,7
EC100-5113-2C	80	18.000	40	135.000	22	75.000	2,4	40	10,2	170	4,5
EC100-5113-2S/T*	90	20.000	50	170.000	30	102.000	3,0	50	12,0	200	4,5 / 4,0
EC120-5113-3C	120	26.000	70	240.000	40	135.000	3,6	60	13,5	225	5,5
EC120-5113-3S/T*	130	28.500	76	260.000	44	150.000	3,6	60	15,0	250	5,5 / 4,9
FC100-5114-2C	170	37.000	100	340.000	55	190.000	5,4	90	21,0	350	8,8
FC100-5114-2S/T*	180	39.500	108	370.000	60	205.000	5,4	90	22,8	380	8,8 / 7,8
FG100-5115-2C	230	50.000	170	580.000	100	340.000	7,2	120	28,8	480	16
FG100-5115-2S/T*	250	55.000	190	650.000	110	376.000	8,4	140	33,0	550	16 / 14
FG160-5115-5S/T*	320	70.000	300	1.000.000	170	580.000	9,6	160	39,0	650	29 / 25
GL140-3708-2C	455	100.000	300	1.000.000	170	580.000	12,6	210	50,4	840	30
GL140-3708-2S/T*	478	105.000	320	1.100.000	180	615.000	13,5	225	54,0	900	30 / 27
GK190-5117-3C	660	145.000	556	1.900.000	310	1.060.000	19,2	320	75,0	1.250	57
GK190-5117-3T	750	165.000	630	2.150.000	360	1.230.000	21,6	360	96,0	1.600	51
JK190-5118-3C	1.000	220.000	780	2.660.000	440	1.500.000	28,6	475	114,0	1.900	85
JK190-5118-3T	1.230	270.000	960	3.280.000	540	1.840.000	37,5	625	150,0	2.500	76
PK190-5119-3C	1.500	330.000	1.055	3.600.000	585	2.000.000	44,0	730	175,0	2.900	120
PK190-5119-3T	1.680	370.000	1.170	4.000.000	650	2.200.000	49,2	820	216,0	3.600	106

* Al ordenar estos número de piezas, por favor añada el sufijo apropiado indicando el material del tubo (C, S ó T).
C = cuproníquel S = acero inoxidable T = titanio




Nota: Los intercambiadores de calor de acero inoxidable no deben utilizarse en piscinas equipadas con clorinadores de agua salada. Las capacidades de rendimiento de los intercambiadores de calor se basan en la consecución de una temperatura del agua de la piscina de 30°C.

Anexo K. Dimensiones del intercambiador de calor GL140-3708-2



GL140-3708-2






Anexo L. Hoja de aspectos técnicos de la caldera.

		
HOJA DE ASPECTOS TECNICOS DE LA CALDERA		
Caldera tipo..... (automático, semi-automático, manual)		
Capacidad..... De..... () psi a () psi		
Marca.....		
Dimensiones..... Largom, Diámetrom		
Quemador automático, marca.....		
Consumo de combustible/hora.....() gal/h		
Tiempo de trabajo.....() h/día		
Sistema de control.....Válvula de seguridad ()		
Termocupla ()		
Electroválvula ()		
Vapor utilizado en el(proceso).....		
Realizado por.....Cargo.....		
Fecha.....		
.....		
Firma		

Anexo M. Tabla de inspección de seguridad

	<p>GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CATÓN GUANO</p>	
TABLA DE INSPECCION DE SEGURIDAD		
ITEM	DESCRIPCION	ESTADO
1	Orden y Aseo	
2	Escape de combustible	
3	Escape de agua	
4	Sistema eléctrico	
5	Manómetros	
6	Quemador	
7	Válvula de seguridad	
8	Nivel de agua	
9	Deformación de la caldera	
10	Sonidos extraños	
11	Tubería suministro de vapor	
12	Equipos de seguridad de incendios	
13	Controles rutinarios	
OBSERVACIONES:		
INSPECTOR	FECHA DE INSPECION	FIRMA

Anexo N. Hoja de autorización para tareas que comprenden riesgo para el personal

		
PERMISO DE TRABAJO		
Fecha inicio:		Fecha finalización:.....
Tipo de trabajo:		
Ejecutor:.....		Aprobador:.....
Marcar con SI o NO la respuesta.		
¿Es necesario realizar soldadura?	
¿Los conductos que alimentan el equipo se han cerrado o bloqueado?	
¿Las válvulas han sido cerradas y aseguradas?	
¿Interruptores del cajetín de control están en posición apagado?	
¿Se ha comprobado presencia de material residual?	
¿Se han considerado los riesgos en áreas cercanas?	
Observaciones a tener en cuenta:.....		
.....		
.....	
Firma ejecutor		Firma responsable SSO
C.I.....		C.I.....