

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



“Propuesta para la modernización de los elementos de control de sistemas de generación de vapor en instalaciones hospitalarias”

PRESENTADO POR:

MAURICIO ALBERTO MELÉNDEZ CAMPOS

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DE 2010.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSC. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

SECRETARIO GENERAL:

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO:

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR:

ING. JUAN ANTONIO FLORES DÍAZ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO MECÁNICO

Título :

“Propuesta para la modernización de los elementos de control de sistemas de generación de vapor en instalaciones hospitalarias”

Presentado por :

MAURICIO ALBERTO MELÉNDEZ CAMPOS

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

ING. FRANCISCO ALFREDO DE LEÓN TORRES

ING. LUIS HUMBERTO GUIDOS SERRANO

San Salvador, Julio de 2010.

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

ING. FRANCISCO ALFREDO DE LEÓN TORRES

ING. LUIS HUMBERTO GUIDOS SERRANO

DEDICATORIA

Sea este trabajo el reflejo de la acción poderosa del Espíritu de Dios en todos los bautizados que en Él creen y lo claman con fe. Sin la luz del Paráclito Divino no hay manera de llegar a la consecución de los fines personales, pues todo está sujeto a la amorosa voluntad de Dios.

Por eso, dedico mi trabajo de graduación al Señor todopoderoso, quien ha permitido todo cuanto en mi vida ha ocurrido, lo bueno y lo malo, lo dulce y lo amargo, lo alegre y lo triste.

No puedo dejar de mencionar y reconocer mérito a aquellos que han estado cerca de mí apoyándome incondicionalmente con su esperanza puesta en mis potencialidades: dedicatoria especial para mis padres Mauricio Inocente y Gladys, con un gran aprecio. Sea este trabajo el fruto de sus sacrificios, de la lucha de toda su vida en mi formación y la de mis hermanos de sangre. Gracias, padre. Gracias, madre. Gracias por su paciencia, gracias por su lucha, gracias por su confianza. Sin ustedes no hubiera podido lograrlo.

Agradezco también a mis hermanos Lissette, Román y Ana María, por impulsar mi superación, por ser fuente de inspiración en mi vida, por motivarme a buscar algo más, algo mejor.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de graduación no hubiera sido posible sin el concurso de todas las buenas personas que en el camino me brindaron su mano amiga fiel y desinteresada.

Por eso agradezco, primeramente, a mis asesores Ingeniero Francisco Alfredo De León Torres e Ingeniero Luis Humberto Guidos Serrano por aceptar mi petición de orientarme en la elaboración de mi trabajo de graduación,

al Ingeniero Mario Ernesto Romagoza, por servirme de guía y tutor en el escogimiento de un hospital nacional y en la preparación teórica del material necesario,

a las autoridades del Hospital Neumológico José Antonio Saldaña, por abrirme las puertas de entrada a las instalaciones que fueron el objeto de mi trabajo,

al Ingeniero Carlos Francisco Martínez, por brindarme un voto de confianza y espacio de su tiempo en medio de su agenda apretada,

al personal técnico y de servicios del hospital, por compartirme amablemente sus conocimientos e inquietudes relacionados con las tareas que forman su diario hacer, y de las cuales han sido para mí fuente imprescindible,

agradezco también a todas las personas amigas cuyos nombres no aparecen, sin cuya intervención no hubiera podido salvar las dificultades que me asaltaron.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN, 11

CAPÍTULO 1. ANTEPROYECTO DE TESIS, 13

1.1 ANTECEDENTES, 13

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, 14

1.3 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS, 15

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES, 16

1.5 JUSTIFICACIONES, 17

1.6 PROPUESTA DE CONTENIDO TEMÁTICO, 18

1.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y EVALUACIONES, 19

1.8 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN A DESARROLLAR, 20

1.9 PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS A UTILIZAR, 21

1.10 OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES, 22

CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL, 23

2.1 ASPECTOS DE LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS CALDERAS DE VAPOR, 23

1) CONTROL AUTOMÁTICO, 23

2) INSPECCIÓN Y REPARACIÓN DE PURGADORES DE VAPOR, 25

3) AISLAMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN DE VAPOR Y LÍNEAS DE RETORNO DEL CONDENSADO, 25

4) ECONOMIZADORES DE AGUA DE ALIMENTACIÓN PARA RECUPERACIÓN DEL EXCEDENTE DE CALOR, 25

5) MEJORA DE LA EFICIENCIA EN LA COMBUSTIÓN DE LA CALDERA, 26

6) LIMPIEZA DE LAS SUPERFICIES DE TRANSFERENCIA DE CALOR DE LA CALDERA, 31

7) RETORNO DEL CONDENSADO A LA CALDERA, 32

8) MINIMIZAR LA PURGA DE LA CALDERA, 32

9) RECUPERACIÓN DE CALOR DEL PURGADO DE LA CALDERA, 33

10) USO DE RECOMPRESIÓN DE VAPOR PARA RECOBRAR VAPOR DE RESIDUOS DE BAJA PRESIÓN, 33

11) CONDENSADO DE ALTA PRESIÓN DE VAPORIZACIÓN INSTANTÁNEA PARA REGENERAR VAPOR DE BAJA PRESIÓN, 33

12) USO DEL CONDENSADOR DE VENTEO PARA RECOBRAR ENERGÍA DEL VAPOR DE VAPORIZACIÓN INSTANTÁNEA, 34

13) USO DE VAPOR DE RESIDUO DE BAJO GRADO EN ENFRIADORES DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA, 34

14) REFERENCIAR EL COSTE DE COMBUSTIBLE DE GENERACIÓN DE VAPOR, 34

15) MINIMIZAR PÉRDIDAS POR CICLOS CORTOS DE LA CALDERA, 35

2.2 CONTROLES DE OPERACIÓN DE LAS CALDERAS, 35

2.2.1 DEFINICIÓN DE CONTROL, 35

2.2.2 LOS CONTROLES DE OPERACIÓN DE LAS CALDERAS PIROTUBULARES, 35

A. FUNCIÓN DE LOS CONTROLES Y COMPONENTES, 36

B. CONTROLES COMUNES A TODAS LAS CALDERAS, 36

C. CONTROLES DE VAPOR (CUALQUIER COMBUSTIBLE), 41

D. CONTROLES DE AGUA CALIENTE (CUALQUIER COMBUSTIBLE), 43

E. CONTROLES COMUNES A TODAS LAS CALDERAS ALIMENTADAS CON ACEITE, 44

F. CONTROLES PARA ACEITE LIVIANO Nº 2, 45

G. CONTROLES PARA ACEITE PESADO Nº 4, Nº 5 Y Nº 6, 46

H. CONTROLES PARA QUEMADORES COMBINADOS SOLAMENTE, 49

I. AIRE PARA COMBUSTIÓN, 49

J. IGNICIÓN AUTOMÁTICA, 49

K. AIRE ATOMIZADO, 50

L. FLUJO DEL ACEITE COMBUSTIBLE-ACEITE LIVIANO, 50

M. FLUJO DEL ACEITE COMBUSTIBLE-ACEITE PESADO, 51

N. ALIMENTACIÓN MODULAR, 56

2.3 RESULTADOS DE PRUEBAS ANTECEDENTES, 58

2.4 MÉTODO PRÁCTICO PARA HALLAR LA EFICIENCIA DE CALDERA, 63

CAPÍTULO 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN, 74

CAPÍTULO 4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.

SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INSTALACIONES DE VAPOR DEL HOSPITAL NACIONAL GENERAL DE NEUMOLOGÍA Y MEDICINA FAMILIAR "JOSÉ ANTONIO SALDAÑA", 76

4.1 AUDITORÍA ENERGÉTICA, 76

4.1.1 ARSENAL QUIRÚRGICO, 76

4.1.2 ALIMENTACIÓN Y DIETAS, 84

4.1.3 LAVANDERÍA, 86

4.1.4 OBSERVACIONES, 105

4.2 PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS, 108

4.2.1 ARSENAL QUIRÚRGICO, 108

4.2.2 ALIMENTACIÓN Y DIETAS, 117

4.2.3 LAVANDERÍA, 120

4.2.4 OBSERVACIONES, 130

4.3 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR, 133

4.3.1 INSTALACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR, 134

4.3.2 CÁLCULO DE PÉRDIDA DE CALOR EN TUBERÍAS, 139

4.3.3 TRAMPEO DE LAS INSTALACIONES, 143

4.3.4 VIDA ÚTIL DE LAS INSTALACIONES DE DISTRIBUCIÓN, 144

4.3.5 OBSERVACIONES, 145

4.4 SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR, 146

4.4.1 INSTALACIÓN DE GENERACIÓN DE VAPOR, 146

4.4.2 OPERACIÓN NORMAL, 157

4.4.3 REVISIÓN DEL FUNCIONAMIENTO, 160

4.4.4 COSTO DE GENERACIÓN, 165

4.4.5 PÉRDIDAS, 168

A) PÉRDIDA DE CALOR EN TUBERÍA DE CONDENSADOS, 168

B) PÉRDIDA DE CALOR EN TUBERÍA DE AGUA DE ALIMENTACIÓN, 169

C) PÉRDIDA DE CALOR EN TUBO DE CONTROLES DE PRESIÓN, 170

D) PÉRDIDA DE CALOR EN TUBO DE MEZCLA DE CONDENSADOS Y AGUA
SUAVE, 170

E) PÉRDIDA DE VAPOR EN CABEZAL, 171

4.4.6 VIDA ÚTIL, 172

4.4.7 OBSERVACIONES, 173

4.5 MONTO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA, 174

CAPÍTULO 5. DESARROLLO DE LAS PROPUESTAS, 177

5.1 OPORTUNIDADES DE MEJORA DETECTADAS, 177

5.2 PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE VAPOR DEL
HOSPITAL JOSÉ ANTONIO SALDAÑA, 185

5.3 BENEFICIO ESPERADO DE LAS PROPUESTAS, 192

CONCLUSIONES, 203

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES, 209

ANEXOS, 213

INTRODUCCIÓN

La producción mundial ha provocado la saturación ambiental de diversos contaminantes gaseosos, líquidos y sólidos. En particular, los contaminantes gaseosos ocupan lugar importante como destructores de la capa de ozono, generadores de efecto invernadero y detonadores de enfermedades respiratorias.

Los síntomas de recalentamiento ambiental sensibles en todo el globo terráqueo han provocado la preocupación de los Estados miembros de la Organización de las Naciones Unidas, que han convenido en un esfuerzo por reducir las emisiones de estos gases que producen recalentamiento, en el evento Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático en 1994, en el cual se ha acordado estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que prevenga interferencias peligrosas para la vida humana en el sistema climático.

El Salvador participa de este compromiso y, no siendo país industrializado, establece dentro de su aparataje legislativo las medidas que lo lleven a la operativización de las normativas internacionales que ha ratificado ante la Organización de las Naciones Unidas y en el Protocolo de Kyoto. Así, se establece como responsabilidad de toda persona natural y jurídica, el procurar la eliminación de los patrones de producción y consumo no sostenible, incentivar la eficiencia ecológica, evitar las acciones deteriorantes del medio ambiente, prevenir, disminuir o eliminar gradualmente las emisiones contaminantes en la atmósfera en beneficio de la salud y el bienestar humano y del ambiente.

Con este marco de preocupación ambientalista se presenta este trabajo de graduación que intenta ser una ayuda para el sistema de vapor en el Hospital Nacional General de Neumología y Medicina Familiar "Dr. José Antonio Saldaña".

El trabajo de graduación pretende promover la reducción de las emisiones gaseosas contaminantes de los sistemas generadores de vapor a través de una revisión del funcionamiento del sistema de generación y de distribución y del uso que se le da al vapor

producido, para proponer mejores formas de atender y utilizar el servicio de vapor; trata la importancia de una adecuada asignación de recursos económicos para la conservación del servicio en el mantenimiento de las instalaciones y del buen uso del recurso vapor producido, esto puede significar dinero que puede ahorrarse el hospital haciendo inversiones adecuadas.

El trabajo de graduación consta de cinco capítulos.

El primero es el anteproyecto de tesis, que presenta la visión primera del trabajo y su planificación.

El segundo contiene un cúmulo de material teórico respecto a calderas de vapor.

El capítulo tres versa sobre la forma en que será realizada la investigación.

El capítulo cuatro muestra lo que la investigación dentro del hospital arroja.

El capítulo cinco contiene un conjunto de propuestas de solución a algunas problemáticas sentidas dentro del hospital en torno al tema vapor.

Al final, en anexos, tablas de datos, documentos facilitados por proveedores de productos relacionados a las propuestas.

Puede accederse a este trabajo y a todos los documentos electrónicos de apoyo a través del disco compacto.

CAPÍTULO 1. ANTEPROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

El Hospital Nacional General de Neumología y Medicina Familiar “Dr. José Antonio Saldaña” ubicado en carretera a Los Planes de Renderos, como todo hospital, necesita de servicios internos para ofrecer la atención hospitalaria a sus pacientes. Entre estos servicios se encuentran cocción de alimentos, lavado y secado de ropa y sábanas, esterilización. Todos estos servicios necesitan imperantemente de vapor seco que es exigido a la sala de calderas, que en fecha agosto de 2009 se encontraba operando con una sola caldera desde hace más de 6 meses, debido a que una de las dos que había se averió completamente y fue sacada del servicio. Esto ha provocado que la que en ese entonces se encontraba en operación no recibiera su mantenimiento preventivo programado cada seis meses, aún con el riesgo y el mayor costo que pueda implicar. El servicio es exigido por el hospital, pero no ha habido la asignación de recursos suficientes para conservar el servicio en el mejor estado posible. Así, ha tomado mucho esfuerzo la adquisición de una nueva caldera y, logró comprarse una usada y luego, ha tomado otro tiempo más la instalación de esta por causa de la dificultad en la asignación de recursos económicos para la conservación de los equipos.

Esta situación de escasez de recursos ha obligado al Departamento de Mantenimiento a trabajar en condiciones difíciles, a tal grado de llegar a cambiar elementos defectuosos por otros usados en regular estado adquiridos por donación particular.

Así, las instalaciones presentan deficiencias evidentes como fugas de vapor en válvulas y trampas, trampeo defectuoso o inadecuado, exceso de carga para la caldera, fuga de gases calientes entre pasos, ruido excesivo, vejez de tuberías y dispositivos, desconocimiento y desatención del costo del vapor producido y de la vida útil de los equipos e instalaciones.

A todo esto se une el uso irresponsable, a veces, del vapor producido por parte del personal usuario del servicio de vapor, que obliga a multiplicar el esfuerzo de la sala de calderas en la producción de vapor. Este panorama interno del Hospital Saldaña evidencia baja eficiencia energética en la producción de vapor.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Hospital Nacional Saldaña se carece de conciencia de la importancia del servicio de suministro de vapor, y esta carencia se manifiesta en múltiples situaciones: pérdida y desperdicio del vapor producido, imposibilidad de tareas de mantenimiento por falta de los elementos físicos necesarios, tardía gestión de compra de equipo nuevo, pérdida de equipos costosos por averías irreparables, desabastecimiento ocasional de insumos de uso diario, además se sospecha de bajo rendimiento del sistema de generación de vapor dada su vejez y el descuido que sufre.

El problema a resolver se centra en las instalaciones de generación y distribución de vapor y se resume en esta forma:

“Lograr identificar un nivel de tecnología congruente con las necesidades de los hospitales y con los nuevos sistemas legales, regulaciones ambientales, y posteriormente estructurar una propuesta de modernización que incorpore capacitación en las operaciones”.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo general:

Identificar avances de la tecnología en el campo de generación de vapor, adecuarlos a las circunstancias de los hospitales públicos y proponer ajustes orientados a la protección del ambiente en un marco sostenido aprovechando los adelantos tecnológicos.

Objetivos específicos:

1. Presentar las nuevas tecnologías en sistemas de control de sistemas de generación de vapor que existen en el mercado actualmente y que pueden adaptarse a la planta instalada del hospital público
2. Determinar las alternativas más factibles de ajuste y modernización de los elementos de control del sistema de generación y distribución de vapor que respondan a las necesidades del hospital Saldaña.
3. Determinar el monto de la inversión a realizar en el sistema de generación y distribución de vapor, de efectuarse las mejoras propuestas.
4. Sensibilizar a los usuarios del vapor en el hospital acerca del buen uso del recurso y, principalmente, a quienes tienen en sus manos el manejo de fondos en el hospital acerca de la necesidad de un servicio bien conservado.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

a. Alcances

El trabajo de graduación busca proponer soluciones a la problemática sentida al interior del hospital a través de la consecución de los siguientes puntos:

1. Elaboración del balance energético de la planta instalada
2. Establecer condiciones actuales de las calderas en uso y elaborar las recomendaciones pertinentes. Revisión del funcionamiento de la caldera con un reporte que cuantifique el costo de vapor producido por cada hora e incluya un balance de consumo de diesel versus vapor producido
3. A partir de la vida útil de equipos e instalaciones que su distribuidor establece, proyectar su tiempo de servicio aún disponible
4. Para los equipos que utilizan el vapor, establecer medidas de uso tendientes a minimizar el desperdicio de calor del vapor servido
5. Revisión de las trampas, su funcionamiento y adaptabilidad a las condiciones de la instalación
6. Recuentos de todos los insumos necesarios para la operación diaria de la sala de calderas
7. Elaboración de planos de las instalaciones

b. Limitaciones

No se incluye instalación ni gestión financiera de las propuestas.

Todo girará en torno al sistema de generación y distribución de vapor del Hospital Saldaña, pero no se tratará el tema de desechos líquidos del sistema.

No se utilizará instrumentos técnicos de medición.

1.5 JUSTIFICACIONES

El proyecto de tesis se justifica por la necesidad de modernización de las entidades hospitalarias ante la emergencia mundial de reducción de emisiones gaseosas de efecto invernadero que contaminan y provocan calentamiento atmosférico.

Este estudio se constituye en apoyo al Hospital Neumológico José Antonio Saldaña, dadas las condiciones de necesidad en las que opera, apoyo que le permitiría mejorar la eficiencia de sus instalaciones y gestionar los recursos financieros necesarios para el mantenimiento del servicio auxiliar interno de generación de vapor, que es básico para la prestación del servicio hospitalario.

1.6 PROPUESTA DE CONTENIDO TEMÁTICO

SITUACIÓN ACTUAL

Auditoría energética

- Arsenal
- Cocina
- Lavandería

Procedimientos operativos

- Arsenal
- Cocina
- Lavandería

Sistema de distribución

- Instalación
- Trampeo
- Vida útil

Sistema de generación

- Instalación
- Operación normal
- Revisión del funcionamiento
- Costo de generación
- Vida útil

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

Procedimientos operativos

- Arsenal
- Cocina
- Lavandería

Sistema de distribución

- Instalación
- Trampeo
- Inversiones

Sistema de generación

- Instalación
- Operaciones
- Funcionamiento
- Generación económica de vapor
- Inversiones

1.8 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN A DESARROLLAR

Dos fases configuran la metodología de la investigación:

1. Diagnóstico de la situación actual
2. Proyección de la situación deseada

Primero, el diagnóstico de la situación actual a través de visitas a las instalaciones del Hospital José Antonio Saldaña en las áreas de generación, canalización y uso del vapor.

En esta primera fase se visualiza estas metas:

- Conocer los dispositivos que consumen el vapor que se produce y determinar la carga energética de las instalaciones de cocina, lavandería y arsenal, así como conocer las prácticas de operación en estas áreas.
- Revisar la red de distribución de vapor para establecer las deficiencias que padece.
- Revisar las instalaciones de generación de vapor para conocer las operaciones, condiciones generales, condiciones de los equipos, y otros.

Se utilizará observación y recolección de datos a través de entrevistas al personal correspondiente, fotografías de los elementos pertinentes. Además, se solicitará a la institución hospitalaria fotocopia de los documentos necesarios. De esta primera fase surge el perfil de la situación actual del hospital en lo que respecta a generación, manejo y uso del vapor.

La segunda fase es la proyección de la situación deseada. Esta consiste en la construcción de una propuesta de solución a la problemática enunciada, a través de la aplicación del conocimiento de la carrera de Ingeniería Mecánica.

1.9 PLANIFICACION DE LOS RECURSOS A UTILIZAR

Se requiere equipo informático para parte de la investigación académica, el procesamiento de la información, elaboración de informes y presentación de avances:

Tecnología de información, internet

1 computador personal

1 impresor

1 cañón proyector

Dispositivos de almacenamiento electrónico

Además, se requiere bibliografía adecuada y de papelería una resma tamaño carta base 20.

Recursos humanos:

Los catedráticos que fungen como asesores

Los encargados del plantel que el hospital designe

Un estudiante egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica

Los recursos económicos serán proveídos por el egresado

1.10 OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Esta propuesta de anteproyecto está sujeta a los cambios y complementos que los asesores del proyecto de tesis tengan a bien establecer o sugerir.

De ninguna manera se intenta incursionar en tópicos de índole político.

CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL

En el campo de producción de vapor, las calderas de vapor son equipos omnipresentes en la industria, que suponen además uno de los puntos de consumo más elevados de un establecimiento industrial. Es muy importante iniciar una estrategia de ahorro energético en las calderas de vapor ya que dan cuenta de ingentes cantidades de combustible.

2.1 ASPECTOS DE LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE CALDERAS DE VAPOR

1) Control automático. El control automático es un conjunto de técnicas utilizadas cada vez más frecuentes conforme aumenta la disponibilidad de tecnologías apropiadas. Es por lo tanto una fuente probable de proyectos técnicos tanto en el diseño de nuevas instalaciones como en la mejora de las existentes. Las consideraciones técnicas más interesantes son las siguientes:

1. Seguridad de los sistemas de control. La seguridad de los sistemas de control son las consideraciones a tener en cuenta para minimizar, si es practicable, la probabilidad de que falle uno de los componentes o dispositivos en la circuitería de control que puedan causar la operación insegura o control inadecuado. Cada sistema de control debe haberse sometido a un análisis de riesgos.

2. Características lógicas del circuito. Cuando se utilicen circuitos lógicos para el arranque secuencial o para la operación de componentes individuales, se proporcionarán indicadores en la consola de control para mostrar la finalización con éxito de la secuencia de operaciones por el circuito lógico y el arranque y operación del componente. Si no se llevan a cabo algunos pasos particulares durante la secuencia, la secuencia es parar en ese punto. La neutralización del sistema y su operación manual se permite en funciones vitales para permitir el control en caso de fallo de un circuito lógico. Para sistemas con control lógico, se someterán a revisión los siguientes documentos:

- a. Sistema de clasificación de zonas.
- b. Impresión de la pantalla operacional para verificar el contenido operacional y de seguridad.
- c. Planificación de la integración del sistema.

- d. Planificación de redundancia y teoría de operación.
- e. Sistema de gestión del software.
- f. Certificaciones de componentes computarizados.

3. Control electrónico de la caldera. El control electrónico de calderas mediante sistemas electrónicos programables es una de las líneas fundamentales de un proyecto de eficiencia electrónica de calderas de vapor. Estos sistemas proporcionan aplicaciones muy sofisticadas permitiendo cierre automático, control remoto y sistemas para indicar fallos por personal situado a distancia. Problemas comunes de sistemas de calderas automatizados que deben ser controlados introduciendo mejoras de diseño:

a. Válvulas de seguridad: Aunque hay disponibles datos genéricos en los que se da información sobre las probabilidades de fallo aparente de las válvulas de seguridad y las válvulas de alivio de presión, debido a la predominancia de fallos sistemáticos de tales válvulas, es aún necesario obtener más datos de válvulas de seguridad usadas bajo regímenes estrictos de mantenimiento.

b. Componentes específicos: Se encuentran dificultades para obtener datos de probabilidad de fallo para numerosos componentes por lo que deben hacerse asunciones.

c. Sensores: Es común para varios tipos de sensores e interruptores de presión de una caldera que se conecten a la carcasa por medio de una simple tubería de pequeño diámetro. Esto origina que los sistemas de protección y control de la presión queden susceptibles a fallos comunes previsible que puedan originar una demanda en las válvulas de seguridad.

d. Un análisis cuantificado permite determinar la dependencia del riesgo total en la probabilidad de fallo de los componentes individuales y la arquitectura del sistema a su alrededor. Aplicando variaciones en el análisis, es posible determinar los medios más efectivos en costes para disminuir el riesgo.

e. Para llevar a cabo un análisis significativo de una instalación de calderas, se requiere un conocimiento detallado del sistema completo; sus modos (y secuencia) de operación, y las condiciones ambientales. Además, el análisis de la estructura de control completa de una instalación de caldera es compleja y a menudo es necesario realizar asunciones basadas en criterios de ingeniería.

2) Inspección y reparación de purgadores de vapor. En los sistemas de vapor que no se han mantenido en 3-5 años, entre el 15% y el 30 % de los purgadores de vapor instalados pueden haber fallado – en ese caso el vapor escapa en el sistema de retorno del condensado. En sistemas con un programa de mantenimiento desarrollado regularmente, las pérdidas de los purgadores serán menos del 5 % del total de purgadores. Si el sistema de distribución de vapor incluye más de 500 purgadores, un análisis de los purgadores de vapor probablemente revelará pérdidas de vapor significativas. Los purgadores de vapor deben probarse si están funcionando apropiadamente y no están obturados o fallan en posición abierta y permiten que el vapor escape al sistema de retorno del condensado. Hay cuatro formas de probar los purgadores de vapor: temperatura, sonido, visual, y electrónico.

3) Aislamiento de la distribución de vapor y líneas de retorno del condensado. Las líneas de distribución de vapor y retorno del condensado no aisladas son una fuente constante de derroche de energía. El aislamiento puede típicamente reducir las pérdidas de energía en un 90% y ayudar a asegurar una presión de vapor apropiada en el equipo de planta. Cualquier superficie a temperatura superior a 48,8 °C debe estar aislada, incluyendo las superficies de las calderas, tuberías de retorno del condensado y vapor, y accesorios. En la reparación del sistema de vapor el aislamiento frecuentemente se daña o se retira y nunca se reemplaza. El aislamiento dañado o mojado debe repararse o sustituirse inmediatamente para evitar comprometer el valor del aislamiento. Deben eliminarse las fuentes de humedad antes de la sustitución del aislamiento. Las causas de un aislamiento húmedo incluyen válvulas con pérdidas, pérdidas en tuberías externas, pérdidas en tubos, o pérdidas en equipos adyacentes. Después de aislar las líneas de vapor, los cambios en el caudal de calor pueden influir en otras partes del sistema de vapor.

4) Economizadores de agua de alimentación para recuperación del excedente de calor. El economizador de agua de alimentación reduce los requerimientos de combustible de la caldera transfiriendo calor desde el gas de los humos al agua de alimentación. Los gases de los humos de la caldera se rechazan a menudo a la chimenea a temperaturas que superan en más de 37,7°C-65,55°C la temperatura del vapor generado. Generalmente, la eficiencia de la caldera puede incrementarse en un 1% por cada reducción de 4,44 °C en la temperatura del gas de los humos. Recuperando el calor excedente, un economizador puede a menudo reducir los

requerimientos de combustible entre un 5-10% y quedar amortizado en menos de 2 años. (fuente www.todoproductividad.com)

5) Mejora de la eficiencia en la combustión de la caldera. La operación de la caldera con una cantidad mínima de exceso de aire minimizará la pérdida de calor en la chimenea y mejorará la eficiencia de la combustión. La eficiencia de la combustión es una medida de cómo efectivamente el contenido de calor del combustible se transfiere a calor utilizable. La temperatura en la chimenea y las concentraciones de oxígeno (o dióxido de carbono) son los principales indicadores de la eficiencia de la combustión. Dada una mezcla completa, se requiere una cantidad precisa o estequiométrica de aire para reaccionar completamente con una cantidad dada de combustible. En la práctica, las condiciones de la combustión nunca son ideales, y debe suministrarse una cantidad de aire adicional para quemar completamente el combustible. La cantidad correcta de exceso de aire se determina analizando el oxígeno del gas de los humos o las concentraciones de dióxido de carbono. Una cantidad de aire excedente inadecuada origina en combustibles no quemados (combustible, hollín, humo, y monóxido de carbono) mientras que demasiado origina una pérdida de calor debida al caudal de gas de humos incrementado – disminuyendo de esta forma la eficiencia total de la caldera de humo a vapor. A menudo se asume que la eficiencia de la caldera puede incrementarse un 1% cada 15% de reducción del exceso de aire o reducción de 3,44 °C en la temperatura del gas de la chimenea. (fuente www.todoproductividad.com)

Pero, ¿cómo calcular la eficiencia de combustión por medio de los gases de combustión?

El análisis de los gases de combustión es la herramienta principal para reducir el consumo de combustible en un horno o caldera.

Para poder comprender cómo el análisis de gases de combustión puede utilizarse para calcular la eficiencia de combustión, es necesario tener un conocimiento básico de lo que es la combustión.

La siguiente reacción describe en forma simple lo que sucede cuando un hidrocarburo es quemado, ya sea un gas, un líquido o un sólido:



La reacción parece ser simple, pero la realidad es que la combustión nunca es perfecta en aplicaciones industriales. La variante más importante es la relación aire/combustible. Por ejemplo, en la combustión del gas natural se requiere una relación en volumen de aire/gas de 10.3/1 para obtener combustión perfecta (estequiométrica, ecuación 1). Si se utiliza demasiado aire (exceso de aire), el O_2 adicional y el N_2 que lo acompaña se calientan dentro del hogar a la temperatura de combustión y luego salen por la chimenea. El calor que contienen se desperdicia.

Por otro lado, si hay demasiado gas para la combustión, se dice que la mezcla es rica. Bajo estas condiciones el exceso de C_xH_x formarán CO y H_2 (ver figura 2) los cuales también abandonarán el horno por la chimenea. Esto desperdicia mucho calor ya que parte del C_xH_x abandonará el horno sin quemarse y sin generar su contenido de calor. Esto se detecta cuando se forman CO y H_2 . Además el CO es un gas muy venenoso, aún en cantidades pequeñas.

También es importante para la combustión que el aire y el combustible se mezclen íntimamente. Si el combustible y el aire no se mezclan homogéneamente, se pueden generar CO y H_2 a altas temperaturas durante la combustión incompleta. Es posible bajo estas condiciones también producir hollín y humo negro.

Los gases combustibles se queman más fácilmente que los líquidos porque los líquidos tienen que vaporizarse antes de poder quemarse. Los combustibles líquidos forman hollín o carbón fácilmente cuando la mezcla aire/combustible está muy cerca de la estequiométrica. El carbón libre y el hollín son combustibles, que abandonan el hogar sin quemarse y se depositan sobre las superficies de calentamiento de cambiadores, reduciendo la transferencia de calor e incrementando la pérdida por la chimenea.

Como ayuda para evitar que la combustión sea ineficiente y que se desperdicie calor, se utiliza el análisis de los gases productos de la combustión para diagnosticar las causas de los problemas.

Los aparatos que se utilizan para analizar los gases se llaman analizadores de gases y se fabrican de diferentes tipos con funcionamientos diferentes. Analizando los componentes de los gases de combustión, los operadores de hornos pueden saber qué es lo que está ocurriendo en la combustión dentro del hogar.

Los analizadores de gases de combustión pueden clasificarse en dos categorías principales:

- a. Los que utilizan sustancias químicas para tomar lecturas momentáneas y,
- b. los que son electrónicos y toman lecturas continuas.

Los analizadores químicos pueden analizar CO , CO_2 , O_2 , pero el componente más comúnmente analizado es el O_2 . Con este tipo de analizadores el gas de combustión se introduce al analizador mediante una bomba de mano. Dentro del analizador el gas entra en contacto con sustancias químicas y por absorción se va determinando el contenido de cada componente en base a volumen. Normalmente el volumen está dado en base seca, que quiere decir que no se cuenta el vapor de agua, el cual fue condensado y removido mediante un filtro antes de entrar al analizador.



Figura 1. Analizador electrónico portátil de combustión marca Bacharach modelo PCA

Existen varios tipos de analizadores electrónicos, los cuales se diferencian por el método de determinar los contenidos de CO , CO_2 y O_2 (ver figura 1). Existe un tipo que está equipado con un filtro, una bomba mecánica para introducir continuamente una muestra de los gases y un detector de CO_2 que mide la conductividad térmica del gas contra la del aire y convierte la diferencia a lectura de % de CO_2 .

Otro tipo tiene también una bomba continua para tomar una muestra continua. El gas pasa a través de una celda donde el O_2 presente se combina químicamente con un electrolito,

produciendo así un voltaje proporcional a la concentración de O_2 . El resto de la muestra pasa a una sección donde los gases combustibles CO y H_2 contenidos se queman sobre un catalizador, produciendo calor, el cual se mide y se convierte a una lectura de % de combustibles.

Un tercer tipo de analizador electrónico es el que primero calienta la muestra de gas que entra hasta $1500^\circ F$ y después la pone en contacto con un sensor cerámico de O_2 . El sensor produce un voltaje que es logarítmico en magnitud en comparación con el % de O_2 . Esta señal se lee en un medidor.

Cualquiera de estos analizadores electrónicos puede adaptarse para uso estacionario continuo y se pueden interconectar para registrar las lecturas en forma continua en gráficas.

Las ventajas de los analizadores electrónicos son su habilidad para analizar continuamente muestras mientras los operadores hacen ajustes en la relación aire/combustible, su rapidez de análisis, y que no requieren de sustancias químicas. Además los más modernos calculan automáticamente la eficiencia de combustión y el exceso de aire.

Las ventajas de los analizadores químicos son su bajo precio y su adaptabilidad de manejo.

INTERPRETANDO EL ANÁLISIS DE GASES

La meta del operador, cuando está ajustando para obtener la máxima eficiencia, debe ser la de fijar la relación aire/combustible lo más cercano a la mezcla estequiométrica. Como se aprecia en la figura 2, esto quiere decir que en los gases de combustión el oxígeno será cero y el % de CO_2 será el máximo (último) para ese combustible. Los productos combustibles (CO y H_2) serán cero. Como se había mencionado antes esto no es posible en la práctica, porque la combustión perfecta no existe y siempre aparecerán trazas de O_2 , C_xH_x , CO y H_2 .

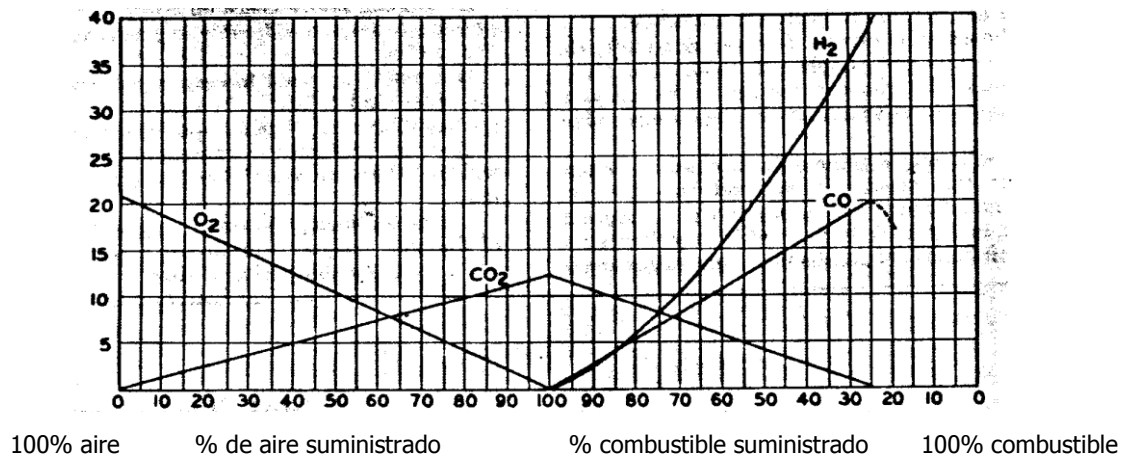


Figura 2. Porcentaje de productos de combustión en función de la relación A/C

Por esta razón en la práctica el ajuste de la relación A/C se hace con un mínimo de exceso de aire para evitar la formación de CO y asegurar que hidrocarburos C_xH_x salgan por la chimenea sin quemarse y para evitar la formación de hollín y carbón libre.

Diferentes equipos y diferentes condiciones darán resultados diferentes por lo que se recomienda consultar con los fabricantes de los hornos o calderas, o del equipo de combustión para que ellos suministren las condiciones óptimas que se pueden esperar de sus equipos.

RELACIÓN ENTRE LA EFICIENCIA DE COMBUSTIÓN Y EL ANÁLISIS DE GASES

El índice de eficiencia de combustión más utilizado es el porcentaje de CO₂ con respecto al volumen total de los gases de combustión en base seca. Es muy recomendable tener el % de O₂ en los gases para completar el diagnóstico. Si se puede obtener el % de los combustibles (CO y H₂) de los gases sería magnífico.

La eficiencia de combustión de un horno o caldera es la cantidad de calor disponible para calentamiento que queda después de respetar las pérdidas de calor que se va con los gases de chimenea del calor total generado por el combustible, entre este mismo calor total:

$$E_C = \frac{Q_t - P_{CH}}{Q_t} = 1 - \frac{P_{CH}}{Q_t} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

- E_C : eficiencia de combustión
- Q_t : calor total generado por el combustible
- P_{CH} : pérdidas por chimenea

Substituyendo el poder calorífico alto del combustible (en btu/lb) por el calor total (Q_t) se tiene que:

$$E_C = 1 - \frac{P_{CH}}{GHV} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

- GHV : poder calorífico alto del combustible btu/lb
- P_{CH} : pérdidas de calor por chimenea (húmeda y seca) en btu/lb de combustible quemado

6) Limpieza de las superficies de transferencia de calor de la caldera. Incluso en pequeñas calderas, la prevención de formación de depósitos puede producir un ahorro sustancial de energía. Los depósitos ocurren cuando el calcio, magnesio, y silicatos, comúnmente encontrados en la mayor parte de los suministros de agua, reaccionan para formar una capa de material en el lado del agua de los tubos de intercambio de calor de la caldera. Los depósitos originan problemas porque típicamente poseen una conductividad térmica de un orden de magnitud menor que el valor correspondiente para el acero desnudo. Incluso las capas de depósitos sirven como un aislamiento efectivo y retardan la transferencia de calor. El resultado es el sobrecalentamiento del metal del tubo de la caldera, fallos en los tubos, y pérdida de eficiencia energética. El exceso de consumo de combustible debido a los depósitos de la caldera puede ser del 2% para calderas acuotubulares y hasta del 5% en calderas pirotubulares.

7) Retorno del condensado a la caldera. Cuando el vapor transfiere su calor en un proceso de fabricación, en los intercambiadores de calor, o serpentín de calentamiento, se vuelve a una fase líquida llamada condensado. Un método atractivo de mejorar la eficiencia de energía de la

planta es incrementar el retorno de condensado a la caldera. Retornando condensado caliente a la caldera encontramos los siguientes beneficios: Cuando más condensado retorna, se requiere menos aporte de agua, se ahorra combustible, agua, productos químicos, y coste de tratamiento. Menos condensado descargado al sistema de alcantarillado reduce los costes de eliminación o depuración. El retorno de condensado de alta pureza también reduce las pérdidas de energía debidas a la purga de la caldera. Tienen lugar ahorros de costes significativos cuanto más condensado retorna a altas temperaturas (54,44 °C a 107,22 °C), reduciendo la cantidad de agua fría de aporte (10 a 15,55 °C) que debe ser calentada. Un cálculo simple indica que la energía en el condensado puede ser más del 10 % del contenido de energía del vapor total de un sistema típico.

8) Minimizar la purga de la caldera. La minimización del nivel de purga puede sustancialmente reducir las pérdidas de energía, ya que la temperatura del líquido de purga es la misma que la del vapor generado en la caldera. Minimizando la purga también puede reducirse el agua de purgado y los costes de tratamiento químico. Ya que el agua se evapora en el colector de vapor de la caldera, los sólidos presentes en el agua de alimentación se quedan atrás. Los sólidos suspendidos forman lodo o sedimentos en la caldera, que degrada la transferencia de vapor. Los sólidos disueltos promueven la formación de espumas y la transformación del agua sobrante en vapor. Para reducir los niveles de sólidos suspendidos y disueltos totales a unos límites aceptables, el agua se descarga o purga periódicamente de la caldera. La purga del fondo o lodos es usualmente un procedimiento manual hecho en unos pocos segundos en intervalos de varias horas. Está diseñado para quitar sólidos suspendidos que se asientan y forman un lodo pesado. La purga de superficie o espuma está diseñada para quitar los sólidos que se concentran cerca de la superficie del líquido. La purga de superficie es a menudo un proceso continuo. Un purgado insuficiente puede llevar a un excedente de agua de la caldera en el vapor, o la formación de depósitos. Una purga excesiva derrochará energía, agua, y productos químicos. El nivel de purgado óptimo está determinado por varios factores incluyendo el tipo de caldera, presión de operación, tratamiento de agua, y agua de calidad o aporte. Los niveles de purgado van de 4% a 8% del nivel de caudal del agua de alimentación de la caldera, pero puede ser tan alto como el 10% cuando el agua de la caldera tiene un alto contenido de sólidos.

9) Recuperación de calor del purgado de la caldera. Puede recuperarse calor del purgado de la caldera usando un intercambiador de calor para precalentar el agua de aporte de la caldera. Cualquier caldera con purgado continuo excediendo un 5% la tasa de vapor es buena candidata para la introducción de recuperación de calor de residuos de purgado. El mayor ahorro de energía ocurre con las calderas de alta presión.

10) Uso de recompresión de vapor para recobrar vapor de residuos de baja presión. El vapor a baja presión descargado de operaciones industriales tales como evaporadores o hervidores usualmente se ventean a la atmósfera o son condensados en las torres de refrigeración. Simultáneamente, otras operaciones de planta pueden requerir vapor de presión intermedia a 20-50 psig. En vez de bajar el vapor de alta presión a través de un estrangulador para cumplir estas necesidades, el vapor a baja presión puede comprimirse mecánicamente o sobrecompresionado a una presión mayor de forma que pueda ser reutilizado. La recompresión del vapor depende de un compresor mecánico o eyector de chorro de vapor para incrementar la temperatura del calor latente en el vapor para volverla utilizable para las necesidades del proceso. La recompresión típicamente requiere solamente un 5-10 % de la energía requerida para elevar una cantidad equivalente de vapor en la caldera.

11) Condensado de alta presión de vaporización instantánea para regenerar vapor de baja presión. Los requerimientos de vapor de procesos de baja presión se consiguen usualmente regulando vapor de alta presión, pero una parte de los requerimientos del proceso pueden alcanzarse a bajo coste mediante la vaporización instantánea de condensado de alta presión. La vaporización instantánea es particularmente atractiva cuando no es económicamente factible hacer volver el condensado de alta presión a la caldera.

12) Uso del condensador de venteo para recobrar energía del vapor de vaporización instantánea. Cuando se reduce la presión de condensado saturado, una parte del líquido se vaporiza instantáneamente a vapor a baja presión. Dependiendo de la presión implicada, el vapor vaporizado contiene aproximadamente entre un 10 y un 40 % del contenido de energía del condensado original. En la mayor parte de los casos, incluyendo depósitos de condensado y desaireadores el vapor vaporizado es venteadado y se pierde el contenido de energía. Sin

embargo, pueden colocarse un intercambiador de calor en el venteo para recuperar esta energía.

13) Uso de vapor de residuo de bajo grado en enfriadores de absorción de energía. Los refrigeradores de absorción usan calor, en vez de energía mecánica, para proporcionar refrigeración. El compresor de vapor mecánico es reemplazado por un compresor térmico que consiste en un absorbedor, un generador, una bomba, y un dispositivo de regulación. El vapor refrigerante del evaporador es absorbido por una mezcla de solución en el absorbedor. Esta solución es bombeada al generador donde el refrigerante se revaporiza usando como fuente de calor vapor de residuos. La solución agotada de refrigerante retorna posteriormente al absorbedor vía un dispositivo de estrangulamiento. Las dos mezclas más comunes de refrigerante/absorbente usados en los refrigeradores de absorción son bromuro de litio/agua y amoniaco/agua.

14) Referenciar el coste de combustible de generación de vapor. Referenciar el coste de combustible de generación de vapor (\$/1000 kg de vapor) es una forma efectiva de valorar la eficiencia del sistema de vapor. Este coste es dependiente del tipo de combustible, coste del combustible de la unidad, eficiencia de la caldera, temperatura del agua de alimentación, y presión de vapor. Este cálculo proporciona una buena primera aproximación del coste de generación del vapor y sirve para controlar el rendimiento de la caldera.

15) Minimizar pérdidas por ciclos cortos de la caldera. El "ciclo corto" de la caldera ocurre cuando una caldera sobredimensionada satisface rápidamente la demanda de calentamiento del proceso o espacio, y luego se para hasta que se requiere nuevamente. Las demandas del calentamiento del proceso pueden cambiar en el tiempo. Las calderas pueden estar sobredimensionadas por adiciones o expansiones que nunca ocurren. Instalando medidas de conservación de energía y recuperación de calor puede reducirse la demanda de calor. Como resultado, una planta industrial puede tener múltiples calderas, cada una prevista para varias veces la máxima carga esperada. Las calderas usadas para cargas de calentamiento del espacio están a menudo sobredimensionadas, con su capacidad elegida para cumplir las pérdidas de calor totales del edificio más el calentamiento de ventilación y aire de infiltración bajo condiciones de temperatura extremas o sobre la base del diseño. No debe tenerse en cuenta la

contribución térmica de la iluminación, equipos o personas. El excedente de capacidad también se añade para llevar rápidamente la planta a la posición requerida después de la parada nocturna.

2.2 CONTROLES DE OPERACIÓN DE LAS CALDERAS

2.2.1 DEFINICIÓN DE CONTROL

El término "control" se refiere a las válvulas y componentes más importantes, incluyendo sin restricción, los controles eléctricos o aquellos monitoreados por el relevador de programación. Puede observarse componentes de caldera en la figura 3.

2.2.2 LOS CONTROLES DE OPERACIÓN DE LAS CALDERAS PIROTUBULARES

Esta información se aplica a calderas pirotubulares modelo "CB" de Cleaver Brooks de 125 a 350 caballos de fuerza, de construcción de acero soldado y consistente de un recipiente de presión, quemador, controles del quemador, ventilador de tiro forzado, compuerta de aire, bomba de aire, refractario y componentes relacionados.

Los tópicos a abordarse son los siguientes:

- A. Función de los controles y componentes
- B. Controles comunes a todas las calderas
- C. Controles de vapor (cualquier combustible)
- D. Controles de agua caliente (cc)
- E. Controles comunes a todas las calderas alimentadas con aceite
- F. Controles para aceite liviano (No. 2)
- G. Controles para aceite pesado (No. 4,5 y 6)
- H. Controles para quemadores combinados solamente
- I. Aire para combustión.
- J. Ignición automática.
- K. Aire atomizado.
- L. Flujo del aceite combustible-aceite liviano

M. Flujo del aceite combustible-aceite pesado

N. Alimentación modular.

A. Función de los controles y componentes

Los controles suministrados con cualquier caldera dependerán del tipo de combustible para el cual la caldera está equipada, así como para el sistema que está diseñada (vapor o agua caliente). Las calderas ordenadas con equipo opcional podrían tener dispositivos de control que no se enumeran aquí.

B. Controles comunes a todas las calderas

1) Motor del ventilador de tiro forzado. Impulsa directamente el ventilador de tiro forzado para proveer aire de combustión. También se le llama motor soplador.

2) Arranque del motor del ventilador de tiro forzado (ver figura 4). Le da energía al motor soplador.

3) Ventilador de tiro forzado. Suministra todo el aire, bajo presión, para la combustión del combustible del piloto, del combustible principal, y para la purga.

4) Transformador de la ignición. Provee chispa de alto voltaje para la ignición del piloto de gas o el piloto de aceite liviano.

5) interruptor de baja alimentación. Un interruptor auxiliar interno, actuado por la compuerta del eje del motor, que debe estar cerrado para indicar que la compuerta del aire y la válvula medidora del combustible están en la posición de baja alimentación antes que pueda ocurrir un ciclo de ignición.

6) Interruptor de baja alimentación. Un interruptor auxiliar interno, actuado por leva por el eje del motor, que debe estar cerrado para indicar que la compuerta de aire y la válvula medidora del combustible están en la posición de baja alimentación antes que pueda ocurrir un ciclo de ignición.

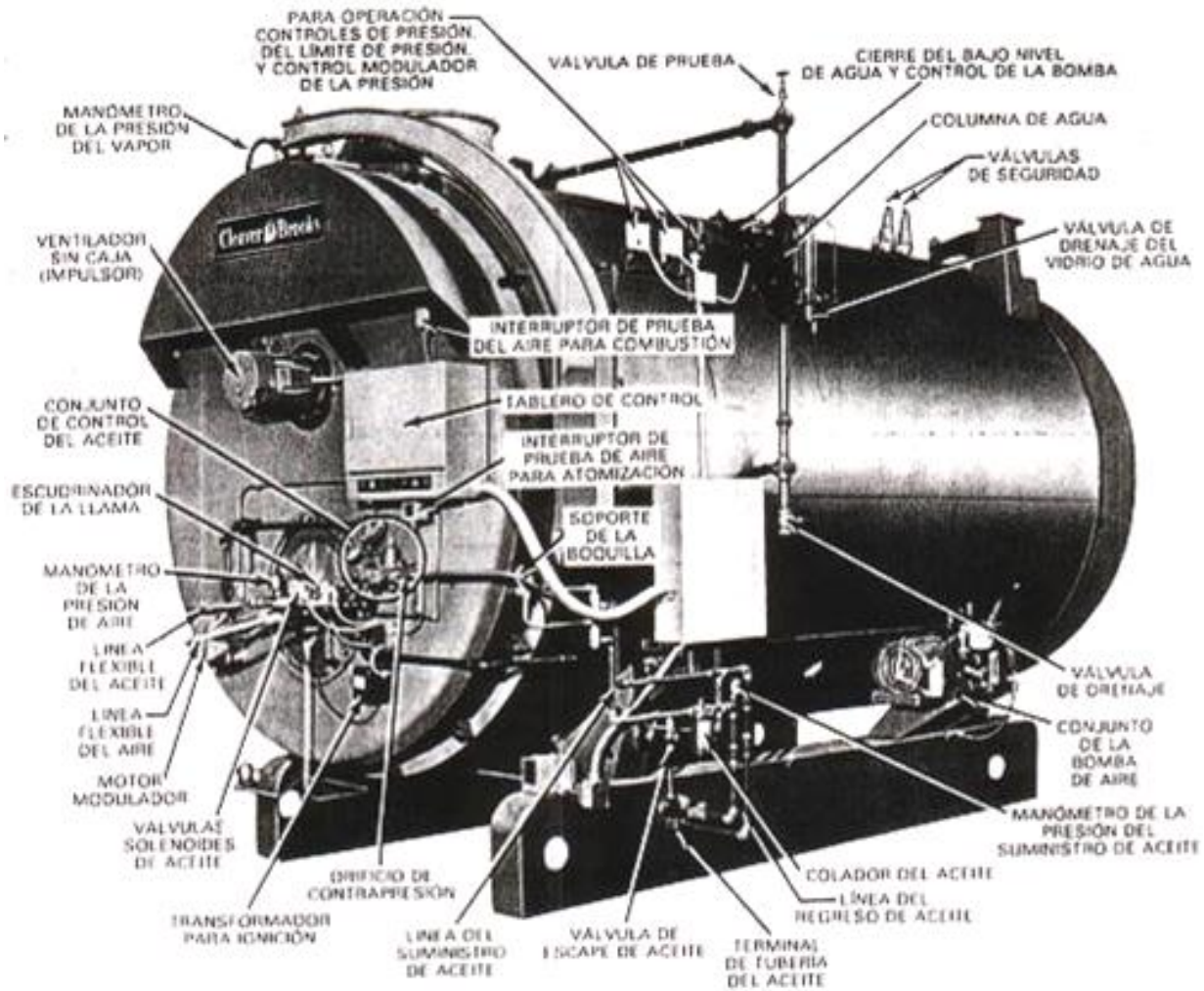


Figura 3. Componentes principales de una caldera

7) La placa de identificación indica el modelo y número de serie de la caldera. Es necesario referirse siempre a este modelo y número de serie en esta placa cuando solicite información o pida repuestos.

8) Interruptor manual automático (ver figura 4). Cuando se coloca en "automático", la operación subsecuente está dirigida por el control modulador, que controla la posición del motor de modulación según la demanda de carga. Cuando se coloca en "manual", el motor de modulación, por medio del control manual de la llama, puede colocarse a la regulación deseada para el encendido del quemador. El objetivo principal de la posición manual es comprobar y ajustar la relación de aire-combustible dentro de todo el rango de alimentación o de encendido.

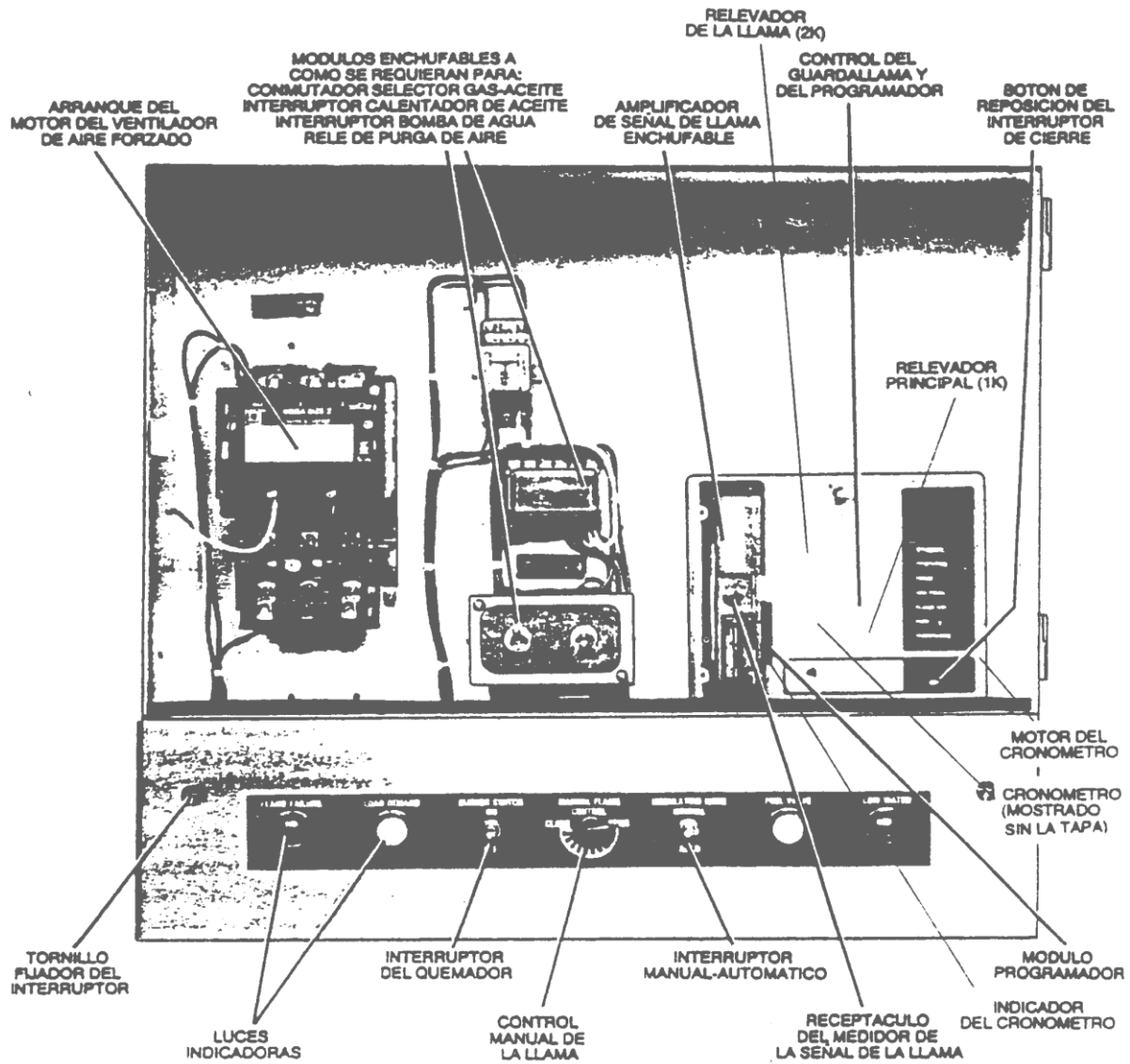


Figura 4. Panel de control típico

9) Control manual de la llama (ver figura 4). Un potenciómetro operado manualmente que permite ajustar el motor modulador a la regulación deseada de alimentación del quemador cuando el interruptor manual-automático está en la posición manual. Se usa principalmente para ajustar la entrada de combustible inicial o subsiguiente durante la operación del encendido. No tiene ningún control sobre la regulación del encendido si el interruptor está en "automático".

Indicador de averías LOOS con memoria



Figura 5. Vista de un tablero de control moderno

10) Transformador del motor de modulación (ver figura 4). Reduce el voltaje del circuito de control (115V CA) al voltaje requerido (24V CA) para la operación del motor de modulación.

11) Luces indicadoras (ver figura 4). Proveen información visual de la operación de la caldera, como falla de la llama, demanda de la carga, válvula de combustible (válvula abierta), bajo nivel de agua. Este control tiene los siguientes componentes principales integrales.

12a) Relevador principal (1k). Se activa cuando se cierran todos los controles limitadores y de operación y los interruptores de cierre para iniciar la secuencia del programa y para energizar el arranque del motor del ventilador de tiro forzado.

12b) Relevador de la llama (2k). Se activa cuando el detector de la llama percibe una llama adecuada en el quemador. Al desactivarse por falta de la llama percibe una llama adecuada en el quemador. Al desactivarse por falla de la llama, dirige el circuito de control a través del interruptor de seguridad.

12c) Interruptor de cierre (LS). Se desconecta en caso no encienda el piloto o falle la llama principal del quemador o falla de llama. La razón de cualquier cierre eléctrico debe investigarse y corregirse antes de activarlo de nuevo.

- 12d) Cronómetro. Acciona las levas para abrir y cerrar los contactos de interrupción en una secuencia cronometrada no ajustable para programar la operación del quemador a través de todas las funciones necesarias para operar el quemador.
- 12e) Indicador del cronómetro. Indica la posición del cronómetro y la etapa del ciclo de operación del quemador.
- 13) Detector de la llama. Monitorea el piloto de gas o aceite y activa el relevador de programación de la llama en respuesta a una señal de llama. Continúa verificando la llama principal después que finaliza el período de prueba del piloto. Una caldera equipada con equipo estándar tiene un detector de sulfuro de plomo (sensitividad infrarroja).
- 14) Ventilador de tiro forzado (ver figura 6). Suministra todo el aire bajo presión para la combustión del combustible del piloto y del combustible principal, y suministra aire de purga.
- 15) Alarma. Suena para notificar al operador de una condición que requiera atención inmediata.
- 16) Termómetro de chimenea. Indica la temperatura de los gases de combustión en la chimenea.
- 17) Interruptor de prueba del aire de combustión. Un interruptor sensitivo a la presión accionado por la presión de aire del ventilador de tiro forzado. Sus contactos se cierran para comprobar la presencia de aire de combustión. Las válvulas de combustible no pueden recibir energía a menos que este interruptor lo "apruebe".
- 18) Compuerta de aire rotatoria. Esta compuerta provee un control preciso al aire de combustión, proporcional a la entrada de combustible para las diversas demandas de carga. Consiste de dos cilindros concéntricos con aberturas. El cilindro exterior es estacionario. El interior gira, bajo el control del motor de modulación para variar el tamaño efectivo de las aberturas donde se traslapan.
- 19) Difusor. Esta es una lámina circular situada al final del horno en la cámara del quemador, que le da un movimiento rotativo turbulento al aire de combustión un poco antes de que entre al horno, suministrando por lo tanto una mezcla completa y eficiente con el combustible.

NOTA: LA ROTACION DEL VENTILADOR ES CONTRARIA A LAS MANECILLAS DEL RELOJ CUANDO SE VE DESDE EL FRENTE DE LA CALDERA.

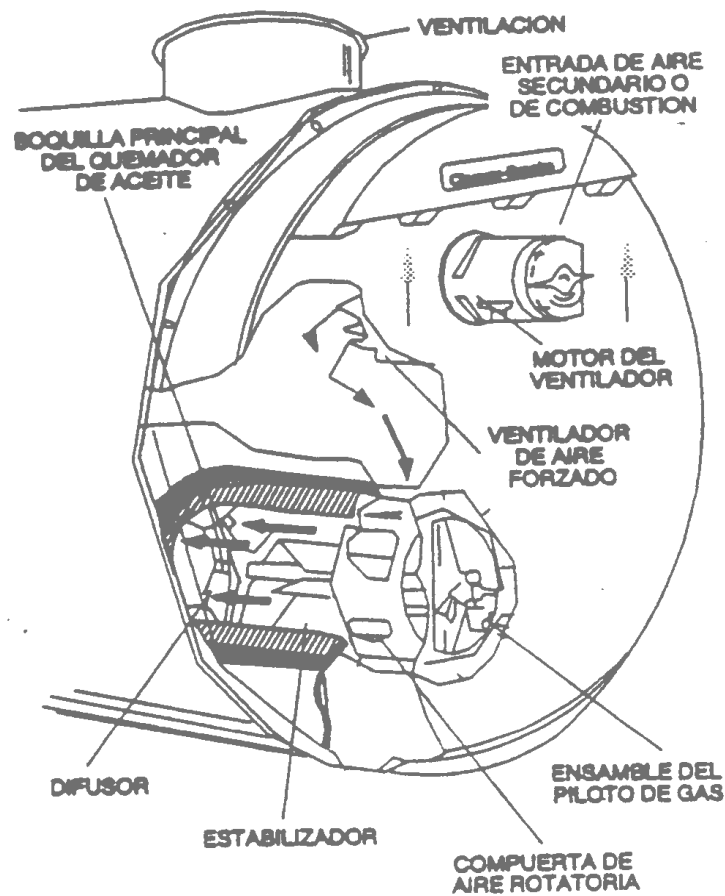


Figura 6. Diagrama del flujo de aire secundario

C. Controles de vapor (cualquier combustible)

- 1) Indicador de la presión del vapor. Indica la presión interna de la caldera.
- 2) Control de la presión máxima de operación. Interrumpe el circuito para detener la operación del quemador cuando la presión excede el ajuste seleccionado. Se ajusta para detener o arrancar el quemador a un ajuste de presión preseleccionado.
- 3) Control de la presión máxima. Interrumpe el circuito para detener la operación del quemador cuando la presión excede el ajuste seleccionado. Se ajusta para detener el quemador a una presión preseleccionada por encima del ajuste del control de la presión máxima. Este control está normalmente equipado con un restablecimiento manual.

- 4) Control modulador de la presión. Percibe cambios en las presiones de la caldera y transmite esta información al motor de modulación para que varíe la alimentación del quemador cuando el interruptor manual-automático está en "automático".
- 5) Control de la bomba y cierre de bajo nivel de agua. Este control que opera por medio de un flotador responde al nivel de agua de la caldera. El control efectúa dos funciones diferentes:
 - a. Detiene la alimentación del quemador si el nivel del agua es menor que el nivel seguro de operación, activando el indicador de bajo nivel en el panel de control; también hace sonar la alarma del bajo nivel.
 - b. Arranca y detiene la bomba alimentadora de agua (si se utiliza) para mantener el agua al nivel de operación adecuado.
- 6) Dispositivo de cierre auxiliar de bajo nivel agua (equipo opcional). Este control interrumpe el circuito para detener la operación del quemador en caso el agua de la caldera esté por debajo del punto de cierre del nivel de agua principal. El tipo de restablecimiento manual (equipo opcional) requiere que se reposicione manualmente a fin de arrancar el quemador después de una situación de bajo nivel de agua.
- 7) Placa de instrucciones del control de la bomba por bajo nivel de agua. Suministra instrucciones e información sobre la operación de los dispositivos de control por bajo nivel de agua.
- 8) Columna de agua. Este ensamble acomoda el cierre por bajo nivel de agua y el control de la bomba e incluye el tubo de vidrio de nivel de agua, las llaves de cierre del vidrio de nivel de agua y llaves de prueba.
- 9) Válvula de drenaje de la columna de agua. Esta válvula sirve para lavar regularmente la columna y la tubería para asistir en el mantenimiento de las tuberías de interconexión y ayudar a que se mantenga limpio y libre de sedimento el tazón del flotador. Para el mismo propósito se suministra una válvula de drenaje similar con el dispositivo de cierre auxiliar de bajo nivel de agua (equipo opcional).
- 10) Válvula de drenaje del vidrio de nivel de agua. Esta válvula sirve para lavar el vidrio de nivel de agua.
- 11) Válvula de prueba. Esta válvula permite que se escape el aire de la caldera durante el llenado y facilita la inspección rutinaria de la misma.
- 12) Válvula de seguridad. El propósito de esta válvula es aliviar el exceso de presión sobre la diseñada para la caldera o una presión más baja.

D. Controles de agua caliente (cualquier combustible)

- 1) Indicador de la temperatura del agua. Indica la temperatura interna del agua en la caldera.
- 2) Indicador de la presión del agua. Indica la presión interna del agua en la caldera.
- 3) Control de temperatura máxima. Interrumpe el circuito para detener la operación del quemador cuando la temperatura de la caldera excede el ajuste seleccionado. Se ajusta para detener la operación del quemador cuando la temperatura de la caldera excede el ajuste seleccionado. Se ajusta para detener o arrancar el quemador a una temperatura de operación preseleccionada.
- 4) Control de temperatura máxima de trabajo. Interrumpe el circuito para detener la operación del quemador al elevarse la temperatura arriba del ajuste seleccionado. Se ajusta para detener el quemador a una temperatura preseleccionada por encima del ajuste del control de operación. Este control viene generalmente equipado con un restablecimiento manual.
- 5) Control modulador de la temperatura. Percibe cambios en las temperaturas de la caldera y transmite esta información al motor de modulación para que varíe la alimentación del quemador cuando el interruptor manual-automático está en "automático".
- 6) Dispositivo de cierre de bajo nivel de agua. Interrumpe el circuito para detener la operación del quemador si el nivel de agua de la caldera está por debajo del nivel seguro de operación, activando el indicador de bajo nivel y la alarma opcional si está equipada con ella la caldera.
- 7) Cierre auxiliar de bajo nivel de agua (opcional). Interrumpe el circuito para detener la operación del quemador si el nivel del agua de la caldera está por debajo del punto de cierre del nivel de agua principal.
- 8) Válvula(s) de desahogo. La(s) válvula(s) de desahogo relevan a la caldera de presiones mayores que las diseñadas o una menor presión, de estar designada. Las válvulas de desahogo y sus tuberías de escape se deben instalar de acuerdo a los requisitos del código de ASME.

E. Controles comunes a todas las calderas alimentadas con aceite

El siguiente equipo corresponde a todas las calderas alimentadas con aceite combustible o con gas y aceite combustible.

- 1) Bomba del aceite combustible. Transfiere aceite combustible del tanque de almacenamiento y lo lleva bajo presión al sistema del quemador.
- 2) Bomba de aire. Suministra aire para la atomización del aceite combustible.

- 3) Filtro de aire. Filtro tipo bajo de aceite para filtrar el suministro de aire antes de entrar a la bomba.
- 4) Válvula de retención. Evita que el aceite lubricante y el aire a presión regresen a la bomba y al filtro de aire cuando la bomba se detiene.
- 5) Tanque receptor de aire-aceite. Mantiene aceite para la lubricación de la bomba de aire. Separa el aceite lubricante del aire atomizado antes de llegar a la boquilla.
- 6) Indicador de presión del aire atomizado. Indica la presión de aire atomizado al inyector del quemador.
- 7) Vidrio del nivel del aceite lubricante. Indica el nivel del aceite lubricante en el tanque receptor del aire-aceite.
- 8) Serpentín de enfriamiento del aceite lubricante. Enfría el aceite lubricante antes que llegue a la bomba de aire. El aire suministrado para la combustión pasa encima de la tubería con aletas usadas para enfriamiento. Dependiendo del tamaño de la caldera, el serpentín está ubicado ya sea adentro de la puerta delantera o en el conducto de la toma de aire.
- 9) Colador del aceite lubricante. Filtra el aceite lubricante antes de entrar a la bomba de aire.
- 10) Válvula del control de la toma de aire. Controla el volumen de entrada de aire a fin de regular la presión de aire atomizado que llega a la boquilla del quemador.
- 11) Interruptor de la cámara del aceite. Si el inyector del quemador no está asegurado, este interruptor abre el circuito limitador hacia la posición adelante requerida para quemar el aceite.
- 12) Interruptor de prueba del aire atomizado. Interruptor actuado a presión cuyos contactos están cerrados cuando hay suficiente presión de aire atomizado de la bomba para encender el aceite combustible. La(s) válvula(s) de aceite no se abrirán o no permanecerán abiertas a menos que los contactos del interruptor estén cerrados. En quemadores alimentados solamente con aceite liviano, este interruptor también de hecho verifica la presencia de aire de combustión, ya que la presencia de aire atomizado proveniente de la bomba de aire accionada por motor soplador es evidencia que el soplador está operando.
- 13) Interruptor de baja presión del aceite. Los contactos del interruptor se abren cuando la presión del aceite combustible es menor que la presión seleccionada. El interruptor desconectará el circuito limitador cuando la presión del aceite combustible no sea suficiente para mantener la combustión adecuada.

F. Controles para aceite liviano No. 2

Además de los controles enumerados en la sección anterior, los siguientes se usan en una caldera alimentada con aceite liviano.

- 1) Controlador del aceite combustible. Un montaje que combina en una sola unidad el indicador, el regulador y la válvula requeridos para regular el flujo del aceite combustible. Los componentes principales son:
- 2) Válvula medidora del aceite. El vástago de la válvula medidora se mueve para aumentar o disminuir el área del orificio para regular el suministro de aceite combustible a la boquilla del quemador de acuerdo con las variaciones de carga de la caldera. El movimiento del vástago es controlado por el motor modulador por medio de interconexiones y la leva medidora.
- 3) Leva moduladora del aceite. Un montaje que consiste de un sector oscilante, una serie de tornillos ajustables con cabeza Allen y un resorte perfilado que permiten el ajuste de la entrada de aceite en cualquier punto del campo de modulación.
- 4) Indicador de presión del quemador de aceite. Indica la presión del aceite combustible a la válvula medidora.
- 5) Regulador de la presión del aceite. Para ajustar la presión del aceite en la válvula medidora.
- 6) Válvula solenoide del aceite. Se abre al activarse por los contactos en el programador y permite el flujo del aceite combustible desde la válvula medidora del aceite a la boquilla del quemador.
- 7) Válvula del piloto de aceite liviano. Cuando se provee este piloto, se suministra una válvula solenoide para regular el flujo de combustible a la boquilla del piloto. Se activa por los contactos del programador cuando se desea la ignición del piloto. Se desactiva para cerrar el flujo de combustible al piloto después que se enciende y se establece la llama principal.
- 8) Orificio de contrapresión. Un limitador en la línea de retorno del aceite colocado a continuación del regulador del aceite de combustible para crear contrapresión.
- 9) Colador del aceite combustible. Sirve para evitar que materias extrañas entren al sistema del quemador.
- 10) Válvula de desahogo del aceite. Desvía el exceso de aceite combustible y mantiene la presión indicada en el indicador del suministro del aceite.

G. Controles para aceite pesado No. 4, 5 y 6

- 1) Colador del aceite combustible. Se suministra para evitar que entre material extraño a los sistemas de la calefacción y del quemador.
- 2) Calentador de aceite (eléctrico) (ver figura 7). Provee una fuente de energía para aceite No. 4 y 5; en aceite No. 6 se usa para calentar suficiente aceite combustible para mantener baja alimentación durante arranques fríos antes de producir vapor o agua caliente para calefacción. El calentador debe apagarse durante períodos extendidos de paralización de actividades, o en cualquier tiempo que se pare la bomba de trasiego de aceite combustible.
- 3) Interruptor del calentador de aceite (ver figura 4). Activa manualmente el sistema del calentador de aceite.
- 4) Calentador de aceite (eléctrico-vapor/agua caliente) (ver figura 7). Calienta el aceite No. 6 por medio de vapor o agua caliente. El calentador eléctrico está alojado en el calentador de vapor, pero separado en un calentador de agua caliente. Los calentadores de vapor en calderas de 15 psi operan con la presión de la caldera. Los calentadores de vapor de las calderas de alta presión también deben operar a menos de 15 psi. Esto se logra con el uso de una válvula reguladora de presión de vapor.
- 5) Termostato del calentador de aceite-vapor (ver figura 7). Percibe la temperatura del aceite combustible y controla la apertura y cierre de la válvula solenoide del vapor para mantener la temperatura requerida del aceite combustible.

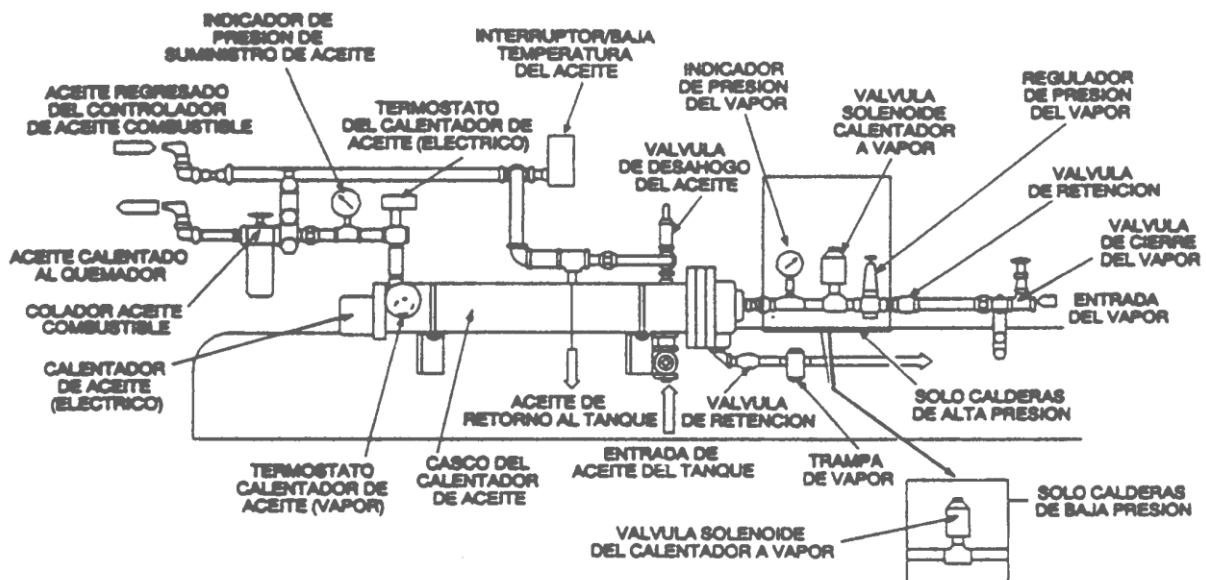


Figura 7. Ensamble del calentador de aceite (vapor)

- 6) Válvula de retención del calentador de vapor (ver figura 7). Previene que el nivel interior de la caldera se contamine con aceite en caso de ocurrir una fuga en el calentador de aceite.
- 7) Válvula de admisión del calentador de aceite (ver figura 7). Una válvula solenoide normalmente cerrada a la que abre el termostato del calentador a vapor para permitir el flujo de vapor al calentador para mantener la temperatura del aceite combustible.
- 8) Regulador de presión del calentador de vapor (ver figura 7). Se ajusta para reducir la presión al calentador (generalmente menos de 15 psi) para mantener adecuadamente la temperatura requerida del aceite combustible. Este regulador y el indicador de presión no se suministran en unidades de 15 psi.
- 9) Termostato eléctrico del calentador de aceite (ver figura 7). Percibe la temperatura del aceite combustible y activa o desactiva el calentador de aceite eléctrico para mantener la temperatura requerida del aceite combustible.
- 10) Interruptor de baja temperatura del aceite (ver figura 7). Interruptor termostático que evita el arranque del quemador, o hace que no encienda si la temperatura seleccionada del aceite combustible es menor que la requerida para la operación adecuada del quemador.
- 11) Indicador de presión del suministro de aceite (ver figura 7). Indica la presión del aceite combustible en el calentador de aceite y suministra presión al regulador de presión del controlador del aceite combustible.
- 12) Válvula de desahogo del aceite (ver figura 7). Desvía el exceso de aceite combustible y mantiene la presión indicada en el manómetro del suministro de aceite.
- 13) Interruptor de baja presión del aceite. Los contactos del interruptor se abren cuando la presión del aceite combustible es menor que la presión seleccionada. Este interrumpirá el circuito limitador cuando la presión del aceite no sea suficiente para mantener la combustión adecuada.
- 14) Interruptor de alta temperatura del aceite. Los contactos del interruptor se abren cuando se eleva la temperatura del aceite arriba de la seleccionada. El conmutador interrumpirá el circuito limitador en caso la temperatura del aceite combustible sea mayor que la seleccionada.
- 15) Colector de condensado (ver figura 7). Drena el condensado y evita la pérdida de vapor del calentador a vapor. El condensado debe ser conducido por tubería a un lugar seguro de descargue.

- 16) Válvula de retención (descarga del calentador de vapor) (ver figura 7). Evita la entrada de aire durante períodos de paralización cuando la acción de enfriamiento puede crear un vacío dentro del calentador a vapor.
- 17) Controlador del aceite combustible. Un montaje que combina en una sola unidad el indicador, el regulador y la válvula requeridos para regular el flujo del aceite combustible. Los componentes principales son:
 - 18) Válvula medidora del aceite. El vástago de la varilla medidora se mueve para aumentar o disminuir el tamaño del orificio para regular el suministro de aceite combustible a la boquilla del quemador de acuerdo con las variaciones de carga de la caldera. El movimiento del vástago lo controla el motor modulador a través de la interconexión y la leva medidora del aceite.
 - 19) Leva moduladora del aceite. Un ensamble que consiste de un sector oscilante, una serie de tornillos ajustables con cabeza Allen y un resorte perfilado, que permiten el ajuste de la entrada de aceite en cualquier punto del campo de modulación.
 - 20) Indicador de la presión del quemador de aceite. Indica la presión del aceite combustible en la válvula medidora.
 - 21) Regulador de la presión del aceite. Para ajustar la presión del aceite en la válvula medidora.
 - 22) Termómetro del aceite combustible. Indica la temperatura del aceite combustible suministrado al controlador del aceite combustible.
 - 23) Válvula de contrapresión. Sirve para ajustar la presión del aceite en el lado del corriente debajo de la válvula medidora. También regula la cantidad del flujo de aceite de retorno.
 - 24) Indicador de presión del aceite de retorno. Indica la presión del aceite en el lado del retorno del regulador del aceite combustible.
 - 25) Válvula de desvío manual. Se provee para ahorrar tiempo en el establecimiento del flujo del aceite. Cuando está abierta, permite la circulación de aceite a través de las líneas de suministro y retorno. Antes del encendido inicial, esta válvula debe estar cerrada.
 - 26) Válvula de orificio del control del aceite. La válvula puede abrirse antes del arranque para ayudar a establecer el flujo del aceite combustible a través del controlador. Esta válvula debe estar cerrada antes del encendido inicial. Su disco tiene un orificio que permite la circulación continua del aceite combustible caliente a través del controlador.
 - 27) Válvula solenoide del aceite. La válvula se abre al activarse por medio de los contactos en el programador, y permite el flujo del aceite combustible de la válvula medidora a la boquilla del quemador.

28) Válvula solenoide del aceite. La válvula solenoide se abre simultáneamente con el cierre de la válvula solenoide del aceite cuando se apaga el quemador, permitiendo que el aire comprimido purgue el aceite de la boquilla del quemador y la tubería adyacente. Este aceite se quema con la llama que se está extinguiendo, la cual sigue quemando aproximadamente 4 segundos después que se cierra la válvula solenoide del aceite.

29) Boquilla con orificio para purga de aire. Limita la purga de aire a la cantidad apropiada para expulsar el aceite sin quemar a la velocidad normal de abastecimiento.

30) Filtro de la boquilla con orificio para purga de aire. Filtra el aire purgado para eliminar partículas que puedan obstruir la boquilla.

31) Válvula de retención de purga de aire. La válvula de retención evita que entre el aceite combustible en la línea de aire atomizado.

32) Relevador de purga de aire (ver figura 4). Cuando se activa, controla la operación de la válvula de purga de aire.

H. Controles para quemadores combinados solamente

Interruptor Gas-Aceite (ver figura 3). Los quemadores equipados para quemar aceite o gas incluyen equipo para cada combustible. el selector dirige al circuito eléctrico a través de los entrecierres y controles correspondientes para el combustible particular.

I. Aire para combustión

El aire para la combustión del combustible (referido a menudo como aire "secundario") es suministrado por el ventilador de tiro forzado (figura 6) montado en la puerta delantera de la caldera. Durante la operación, la presión de aire se acumula en todo el cabezal y es forzado a través de una placa difusora para lograr una mezcla completa con el combustible para una combustión apropiada. El suministro de aire secundario al quemador se controla al reducir automáticamente la velocidad de salida del ventilador mediante la regulación de la compuerta de aire a combustible para una eficiente combustión en toda la escala de encendido.

J. Ignición automática

El quemador se activa por un tipo de piloto interrumpido. La llama del piloto se enciende automáticamente por una chispa eléctrica. Al inicio del ciclo de ignición, y controlado por el relevador de programación, se activan simultáneamente la válvula solenoide del piloto y el

transformador de la ignición. El transformador de la ignición suministra corriente de alto voltaje para la chispa de encendido. Un piloto de gas tiene un solo electrodo, y una chispa forma un arco entre la punta del electrodo y la pared del tubo que lo encierra. Un piloto de aceite liviano tiene dos electrodos y el arco se forma entre las dos puntas. La válvula solenoide del piloto y el transformador se desactivan después que se enciende y se establece la llama principal. El combustible para el piloto de gas es suministrado por la línea de la compañía de servicio público o de un tanque (botella) de suministro. El aire secundario penetra y se mezcla con el flujo de gas del piloto para proporcionar la llama adecuada. El combustible para un piloto de aceite liviano viene de la línea que suministra aceite bajo presión para la llama principal. Una válvula actuada por solenoide controla el flujo de aceite a la boquilla del piloto. Esta válvula se activa simultáneamente con el transformador de la ignición al comienzo del ciclo de ignición y se desactiva después que se enciende y se establece la llama principal.

K. Aire atomizado

El aire para atomizar el aceite combustible (referido a menudo como "aire primario") se abastece de la bomba de aire al tanque receptor aire-aceite y se lleva bajo presión a través del bloque de distribución a la boquilla del quemador de aceite. El aire atomizado se mezcla con el aceite combustible un poco antes que el aceite salga de la boquilla. La presión del aire de la bomba también impulsa suficiente aceite del tanque a los cojinetes de la bomba para su lubricación y también para proveer un sello y lubricación a las paletas de la bomba. Como resultado, el aire que llega al tanque contiene un poco de aceite lubricante; sin embargo, la mayor parte se recobra por medio de deflectores y filtros en el tanque antes que el aire pase al quemador.

L. Flujo del aceite combustible-aceite liviano

El sistema del flujo de aceite combustible se muestra en el diagrama esquemático en la figura 8. El flujo del aceite se indica por las flechas y se identifican los controles pertinentes. El aceite combustible llega al sistema por una bomba alimentadora que distribuye parte de la descarga al quemador de aceite. El exceso de aceite regresa al tanque de almacenamiento por medio de una válvula de desahogo del aceite combustible y la línea de retorno del aceite. Normalmente, la bomba opera solamente que el quemador esté funcionando, aunque a menudo se provee un interruptor posicionador para que se pueda lograr una operación continua o automática de la

bomba. El aceite fluye a través de un colador del aceite combustible suministrado para evitar que materiales extraños pasen a través de las válvulas de control y la boquilla. El controlador de aceite combustible contiene en una sola unidad, una válvula medidora, un regulador y un indicador requerido para regular la presión y flujo del aceite quemador. El regulador ajustable controla la presión. Para asistirlo en su regulación, se crea una contrapresión por una boquilla con orificio localizada en la línea de retorno del aceite, inmediatamente corriente abajo del controlador de aceite combustible. El relevador de programación activa o desactiva las válvulas solenoide del aceite para permitir o parar el flujo de aceite al quemador. Se usan dos válvulas que operan simultáneamente. Estas válvulas se cierran cuando no tienen energía. No se pueden abrir (activar) a menos que estén cerrados el interruptor de prueba del aire de combustión y el interruptor de prueba del aire atomizado. Estas se satisfacen, respectivamente, por medio de suficiente presión de aire de combustión desde el ventilador de aire forzado y aire presurizado de la bomba de aire. El flujo de aceite al quemador se controla por el movimiento del vástago en la válvula medidora del aceite, que varía el flujo para satisfacer las demandas de carga. La válvula medidora y la compuerta de aire se controlan simultáneamente todo el tiempo por el motor modulador para repartir proporcionalmente el aire de combustión y combustible para ajustar a los cambios en las demandas de carga.

M. Flujo del aceite combustible-aceite pesado

El flujo del aceite combustible y el sistema de circulación se muestran en el diagrama esquemático en la figura 9 para quemadores de aceite No. 6, en la figura 10 para aceite No. 5 y en la figura 11 para aceite No. 4. El flujo de aceite se indica por flechas y se identifican los controles pertinentes. El aceite combustible es distribuido en el sistema por la bomba de suministro de aceite combustible, que lleva parte de su descarga al calentador de aceite. El exceso del aceite combustible regresa al tanque de almacenamiento de aceite a través de una válvula de desahogo del aceite combustible y la línea de retorno del aceite. El precalentador combinado eléctrico y vapor es controlado por termostatos. El termostato del calentador eléctrico activa el calentador eléctrico que se provee para suministrar aceite caliente en arranques fríos. El termostato del calentador a vapor controla la operación de la válvula solenoide del vapor para permitir el flujo de vapor al calentador cuando hay vapor. Una caldera de agua caliente está equipada para calentar el aceite con agua caliente de la caldera, a menos que se use otro equipo de pre-calentamiento. El flujo del aceite al quemador está controlado

por el movimiento del vástago de la válvula medidora del aceite, que varía el flujo para satisfacer demandas de carga. La válvula medidora y la compuerta de aire están controlados simultáneamente todo el tiempo por el motor modulador para repartir el aire de combustión y combustible para ajustar a los cambios en las demandas de carga. El aceite se purga por medio del inyector del quemador después de cada paralización del quemador. La válvula solenoide de purga del aire se abre al cerrarse la válvula del combustible y desvía el aire atomizado a través de la línea del aceite. Esto asegura que la boquilla y la línea estén limpias para el arranque subsiguiente.

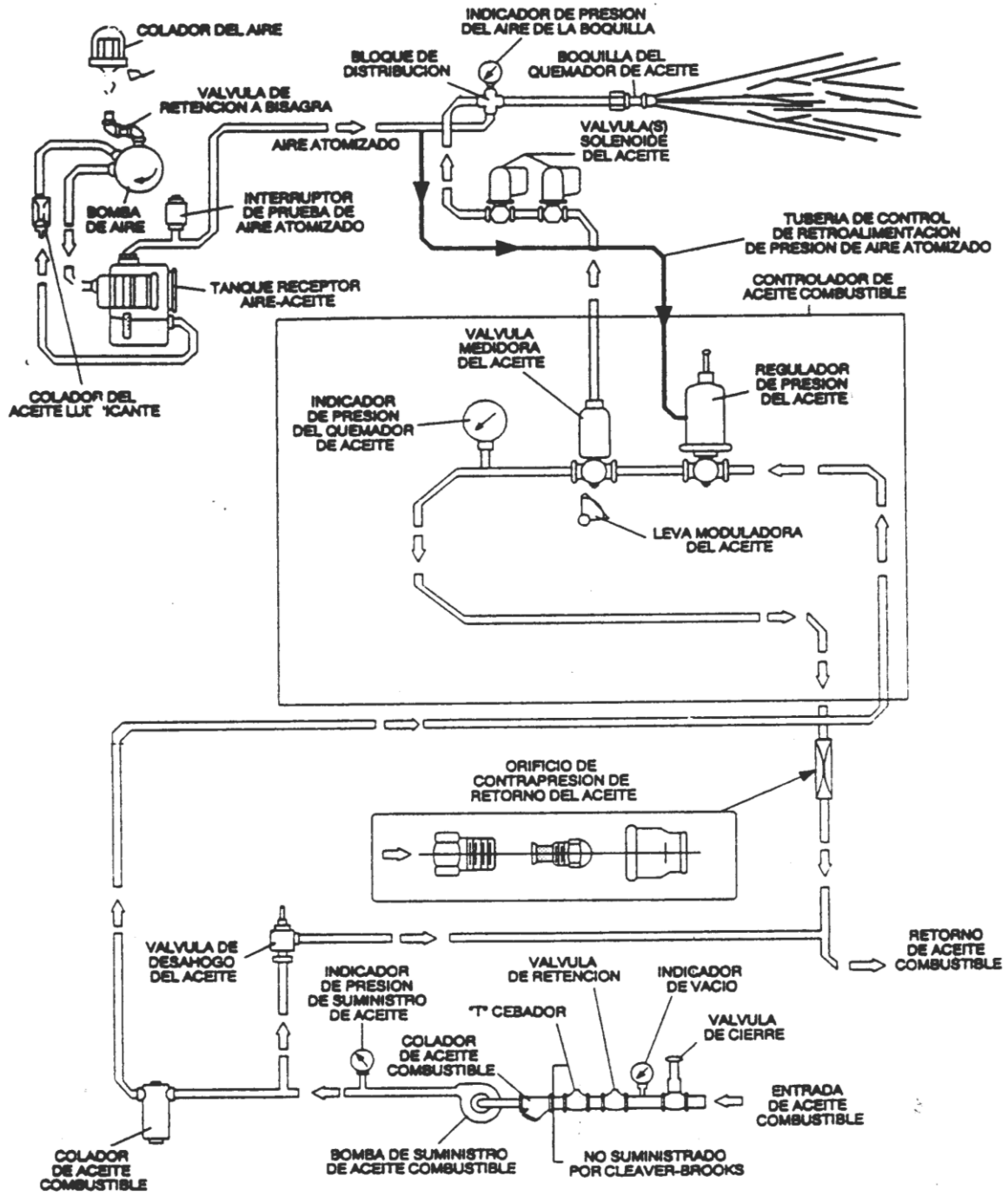


Figura 8. Diagrama esquemático para flujo de aceite combustible liviano

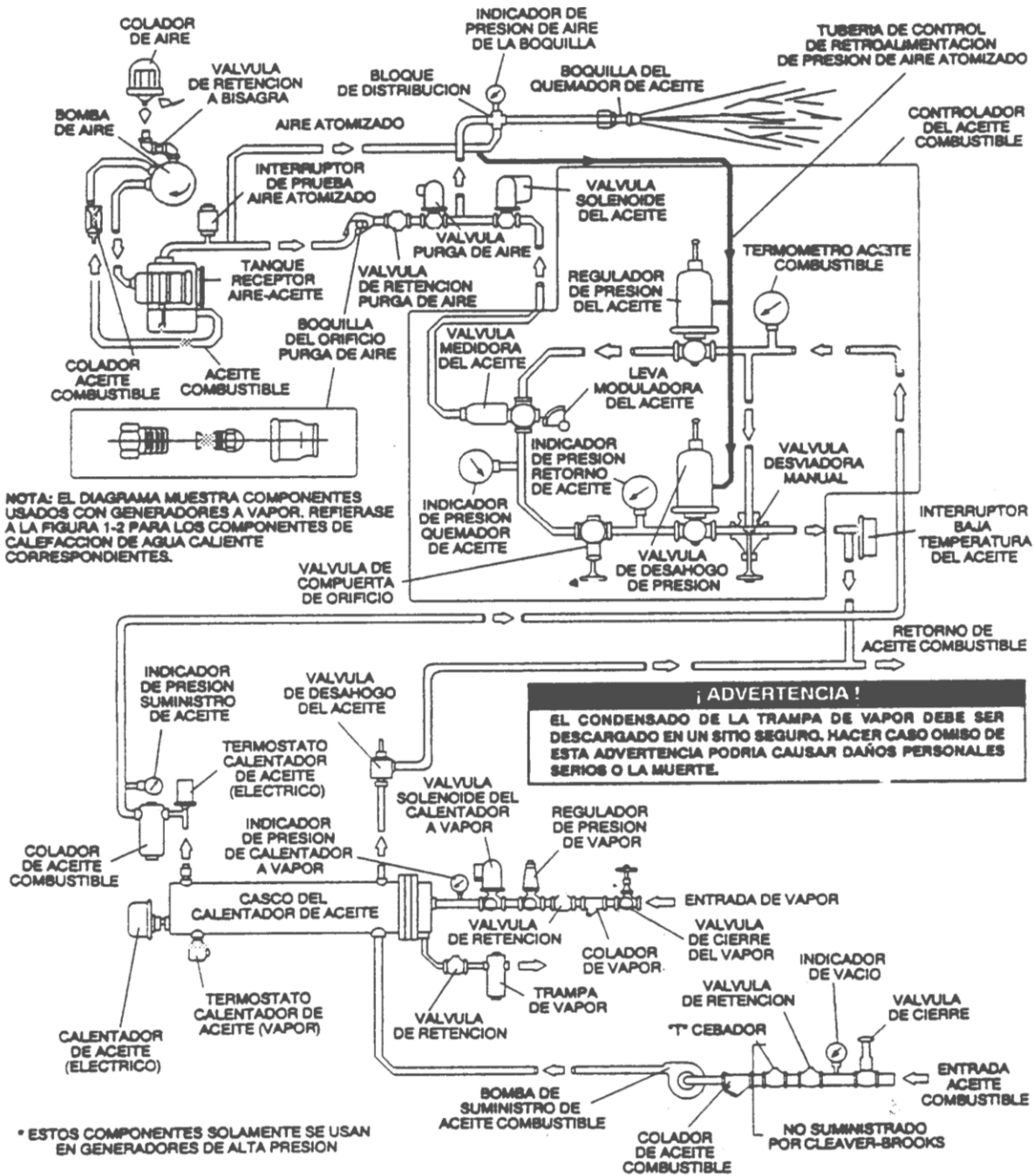


Figura 9. Diagrama esquemático para flujo del aceite No. 6 (calentador vapor-eléctrico)

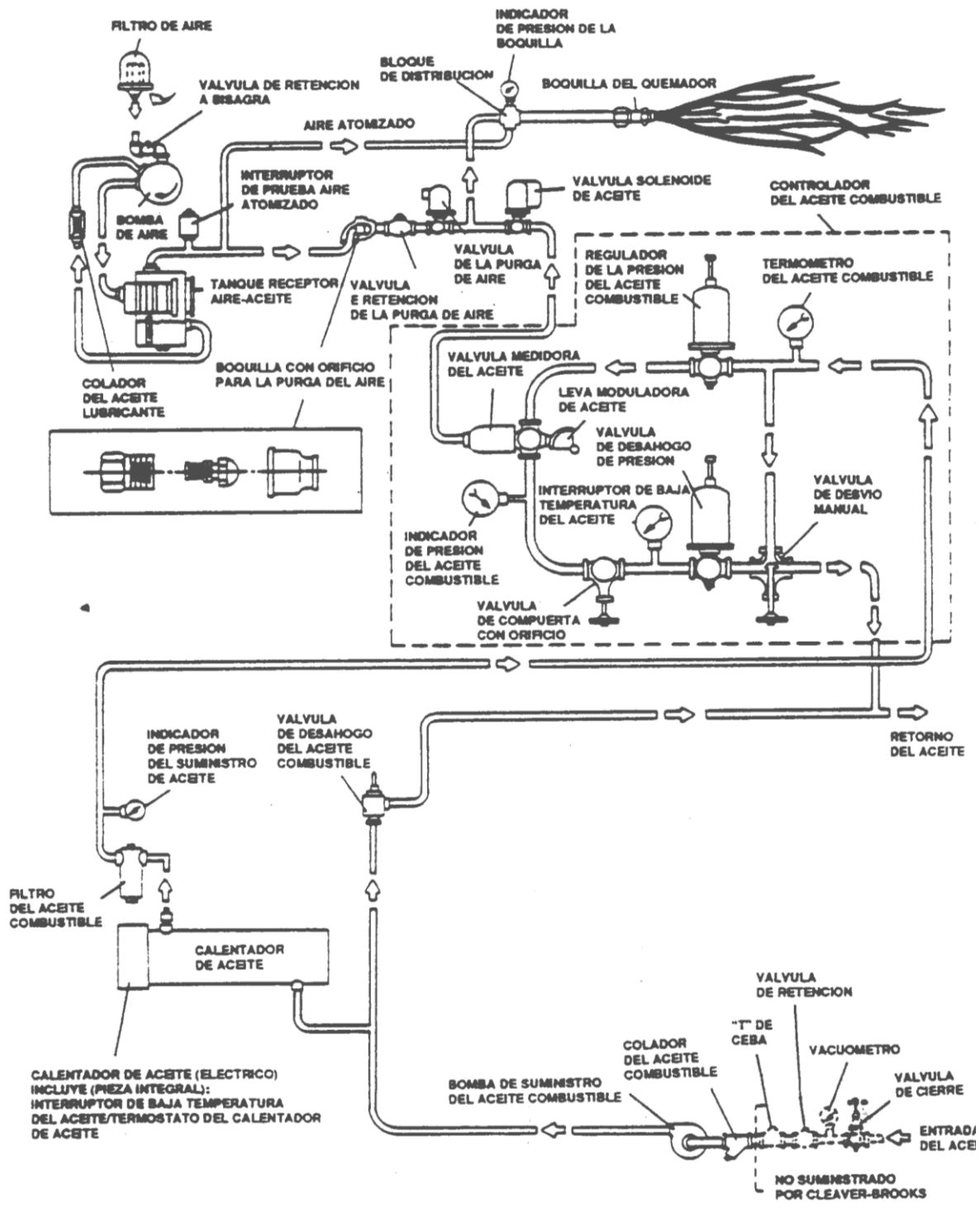


Figura 10. Diagrama esquemático del flujo de aceite pesado No. 5

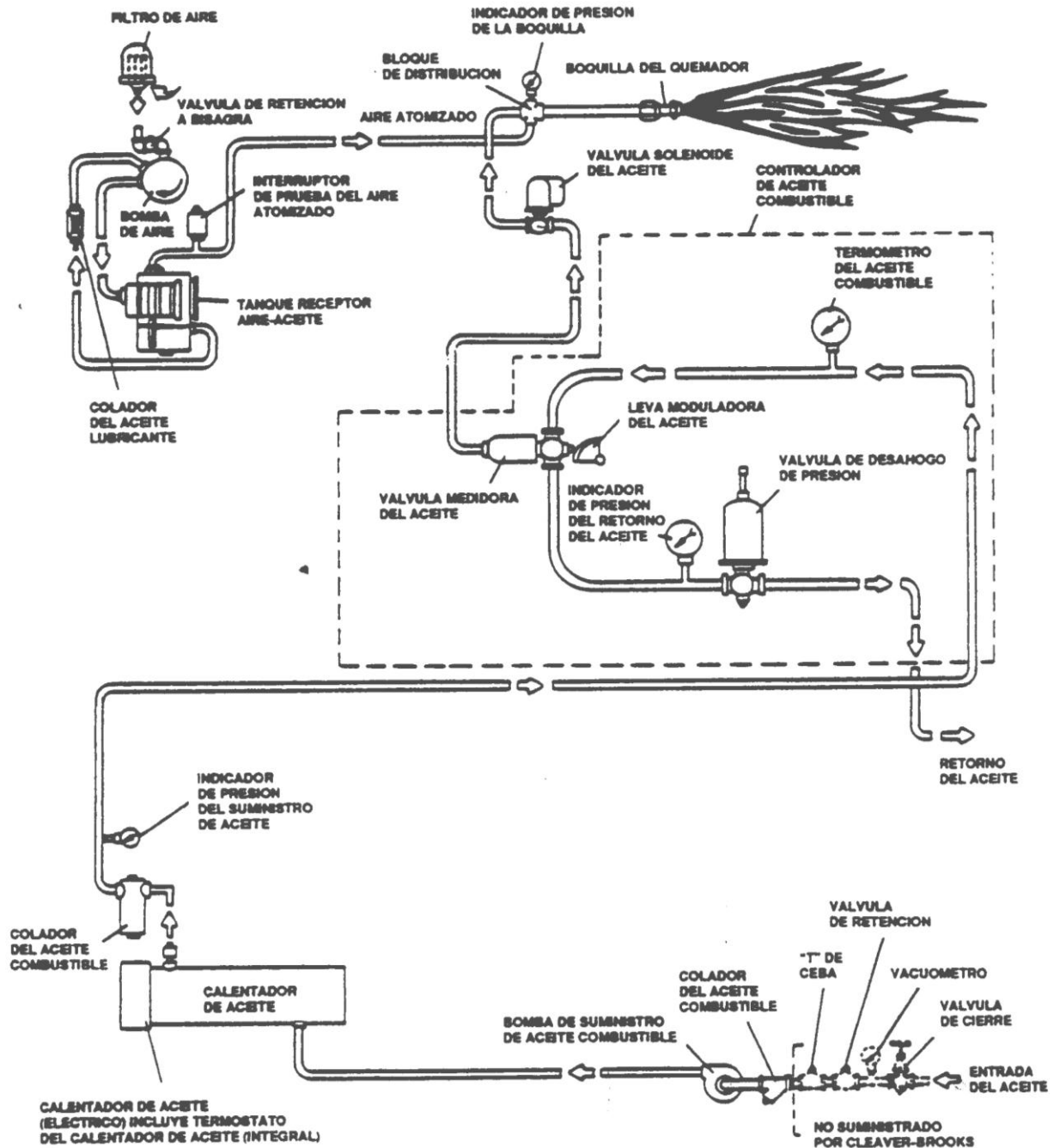


Figura 11. Diagrama esquemático del flujo de aceite pesado No. 4

N. Alimentación modular

El motor modulador, por medio de un sistema articulado, controla la compuerta de aire y la válvula de mariposa del gas o la válvula medidora del aceite para mantener constante la relación aire-combustible durante la serie de encendido. Durante la operación del quemador, el

motor es controlado por un control modulador de la presión. Un potenciómetro operado manualmente se provee para fijar el motor a un rango de encendido del quemador deseado. Esto se usa principalmente para la verificación y ajuste inicial o subsecuente de la entrada del combustible. La operación normal deberá ser con el interruptor manual-automático en la posición "automático" y bajo el control del motor modulador. El motor modulador (llamado comúnmente actuador de compuerta) es reversible. Tiene un interruptor limitador interno que restringe la rotación del eje a 90°. Durante la operación normal, el motor se mueve en cualquier dirección o se detiene en cualquier posición de este radio de acción. El potenciómetro del motor está conectado eléctricamente a un potenciómetro similar en el control modulador. Cambios en la presión del vapor o en la temperatura del agua altera la resistencia eléctrica del potenciómetro del controlador modulador. Este cambio en la resistencia causa a un relevador compensador integral a parar, arrancar o dar contramarcha a la rotación del motor. La rotación en cualquier dirección continúa hasta que la relación de resistencia de los dos potenciómetros sea igual. Al lograrse este equilibrio, el motor se detiene en una posición que permite el flujo adecuado de combustible y aire de combustión para satisfacer las demandas de operación. Una característica del circuito es que el motor modulador debe estar en la posición de baja alimentación durante la ignición y permanecer así hasta que se establezca la llama principal. Un interruptor de baja alimentación, integrado al motor, se activa por la rotación del motor. El interruptor debe estar cerrado para establecer que la compuerta de aire y las válvulas medidoras de combustible estén en posición de baja alimentación antes que el programador inicie el período de ignición. Durante este período, sin tomar en cuenta sus ajustes correspondientes, ni el control manual de la llama ni el control modulador tienen ningún control sobre el motor de la compuerta de aire. Una caldera con equipo opcional tiene un segundo interruptor integral usado para establecer que el motor haya impulsado la compuerta de aire a una posición abierta durante el período de pre-purga. Este interruptor se cierra, tan pronto se acerca la posición de alta alimentación, para completar un circuito interno en el programador y que permita la continuación del ciclo de programación.

2.3 RESULTADOS DE PRUEBAS ANTECEDENTES

Se muestra aquí el resultado de un proceso de afinamiento en una caldera industrial, propiedad de la empresa "Kimberly Clark de Centroamérica", parte del desarrollo del trabajo de graduación "Pruebas de eficiencia operativa y mantenimiento de calderas industriales de vapor" realizado en el año 1993, y que se toma como insumo de este trabajo de graduación porque muestra la incidencia del factor exceso de aire de combustión en el rendimiento de combustión de la caldera, así como los correspondientes porcentajes de oxígeno y de bióxido de carbono presentes en los gases de escape y temperatura de chimenea. Estas pruebas no podrían realizarse para el presente estudio debido a la carencia del equipo necesario.

Según la tesis mencionada: "El método para reducir el oxígeno presente en los gases de escape a un exceso práctico mínimo consiste en una serie de pruebas que hacen funcionar la caldera a diferentes regímenes de carga y niveles de exceso de aire simultáneamente.

El afinamiento de la caldera establecerá el nivel de exceso de O_2 a un margen operativo sobre el "mínimo de O_2 " absoluto que está en el umbral de la formación de emisiones de humo.

El nivel mínimo deberá encontrarse a diferentes regímenes o velocidades de quemado dentro del intervalo de operación de la caldera.

En la prueba de cada velocidad, el exceso de O_2 debe variarse entre un intervalo de 1% a 2% arriba del punto normal de operación y el punto en el cual la caldera a penas empieza a producir humo, o cuando las emisiones de monóxido de carbono superan las 400 partes por millón."

Así, se presenta el cuadro resumen de 110 pruebas en la tabla 1, en la que destaca el incremento del rendimiento de combustión en 9% cuando el nivel de oxígeno de exceso en los gases de escape baja aproximadamente 11%.

CONTROL DE EFICIENCIA EN CALDERAS
PROCESO DE AFINAMIENTO

D. A T O S G E N E R A L E S C U A D R O R S U M E N										
FECHA: 7-,11- 93	NOMBRE DE LA EMPRESA: KIMBERLY CLARK									
CALDERA: CLEAVER BROOKS	CAPACIDAD EN BHP: 700 BHP									
TIPO: Piro tubular	COMBUSTIBLE: Fuel oil									
PRESION DE TRABAJO (PSI) 150	LBS VAPOR/HORA: 24,150									
A N A L I S I S D E C O M B U S T I O N										
PARAMETRO	SECUENCIA DE PRUEBAS									
EFICIENCIA %	80.2	83.3	86.4	86.7	87.2	87.9	88.6	88.7	89.0	89.1
PERDIDA %	19.8	16.7	13.6	13.3	12.8	12.1	11.4	11.3	11.0	10.9
O ₂ %	14.1	12.5	8.2	7.4	6.6	4.7	4.1	4.4	3.4	2.7
CO ₂ %	5.3	6.6	10.0	10.6	12.1	12.7	13.2	13.0	13.8	14.3
EXCESO DE AIRE%	19.4	13.9	60.0	51	43	27	22	24	18	13
T. CHIMENEA (F)	356	334	368	365	363	371	332	325	338	348
PRUEBA-HOMO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T. COMBUSTIBLE	210	210	210	208	208	208	210	210	210	198
P A R A M E T R O S D E O P E R A C I O N										
PARAMETRO	SECUENCIA DE PRUEBAS									
PRESION-CALDERA psi	133	133	132	136	135	135	132	132	132	132
FUEGO	B	B	B	B	35%	M	B	m-b	30%	
CARGA	1	1	1	1	2	2	1	1	2	
P. DEL COMBUSTIBLE psi	30	30	43	42	44	18	37	33	44	
P. COMB. DE RETORNO psi	43	43	33	30	33	44	44	43	32	
P. BOMBA DE COMB. psi	75	77	77	75	90	92	77	76	90	
P. DEL INYECTOR psi	13	13	12	12	15.5	18	13	14	14	
T. ENT. ECONOMIZADOR (F)	160	140	185	182	195	160	182	132	136	
T. SAL. ECONOMIZADOR (F)	205	185	200	210	230	198	210	180	175	
O B S E R V A C I O N E S										

Tabla 1. Resultados de análisis de combustión de una caldera marca Cleaver Brooks para realizar su afinamiento, en cuarto de calderas de empresa Kimberly Clark.

Fuente: Tesis "Pruebas de eficiencia operativa y mantenimiento de calderas industriales de vapor"

En seguida se muestra la tabulación y el gráfico correspondientes a los datos de eficiencia de combustión y exceso de oxígeno en los gases de escape que muestra el cuadro resumen, en que se ve claramente la tendencia al incremento de la eficiencia conforme reduce el oxígeno en los gases de chimenea (tabla 2 y gráfico 1).

EXCESO O ₂ (%)	RENDIMIENTO (%)
14,1	80,2
12,5	83,3
8,2	86,4
7,4	86,7
6,6	87,2
4,7	87,9
4,1	88,6
4,4	88,7
3,4	89
2,7	89,1

Tabla 2. Valores del rendimiento en función del oxígeno presente en los gases de combustión de una caldera marca Cleaver Brooks, propiedad de Kimberly Clark de Centroamérica (1993)

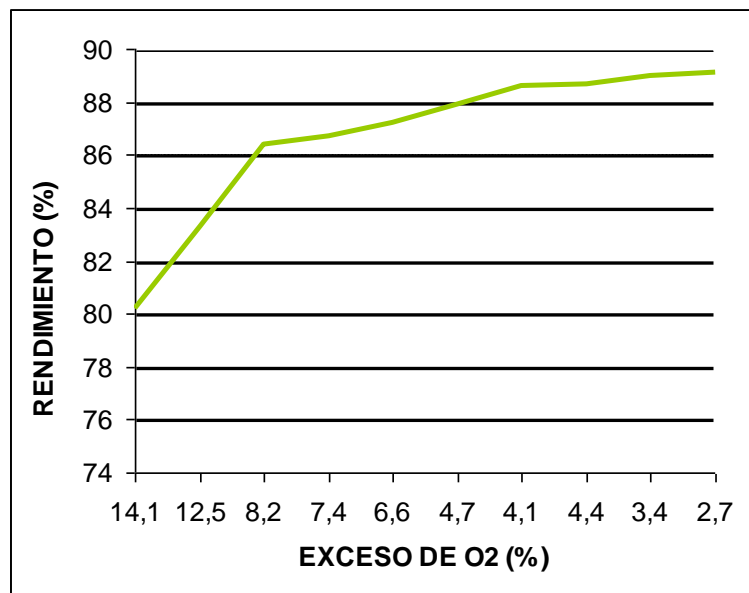


Gráfico1. Rendimiento de combustión en función del exceso de oxígeno en los gases de combustión de una caldera marca Cleaver Brooks, propiedad de Kimberly Clark de Centroamérica (1993)

Ya que los fabricantes de calderas también ejecutan pruebas y las ponen a disposición del público a través de la web y de manuales técnicos escritos, se utilizará esa información, como la que publica en www.loos.com Loos International, empresa fabricante de calderas marca Universal, y que se muestra en el gráfico 2.

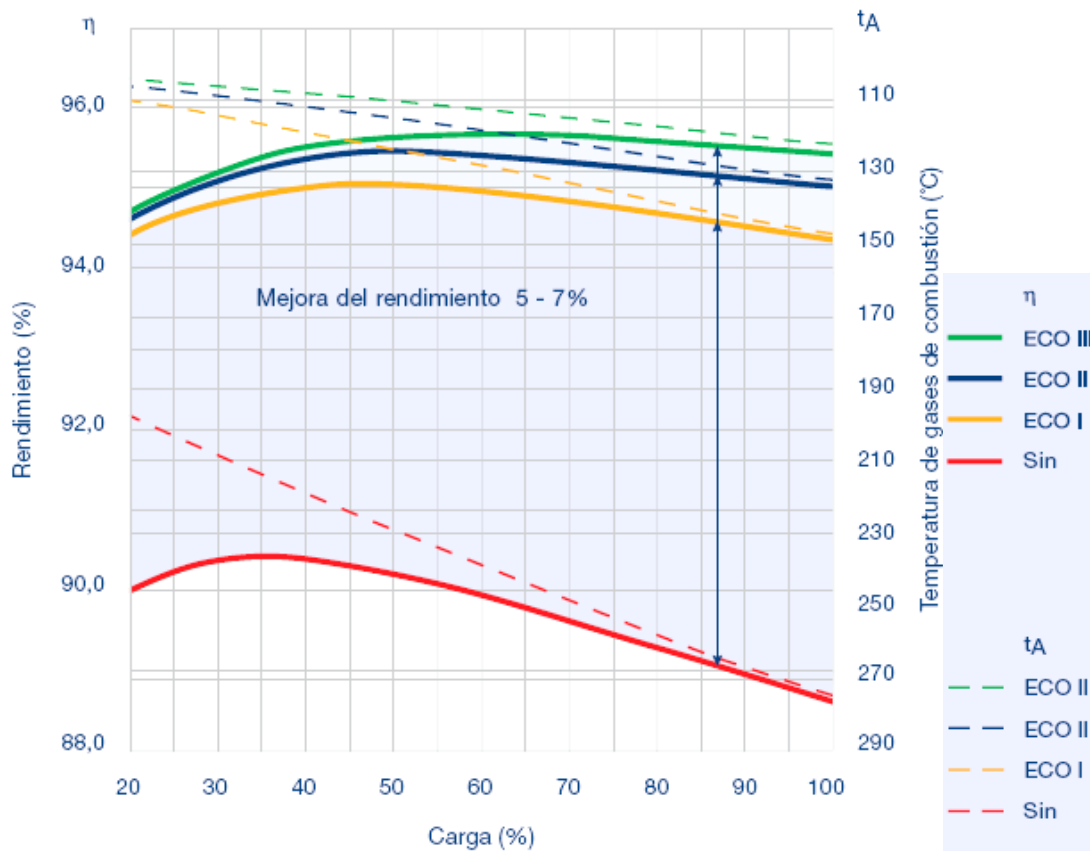


Gráfico 2. Rendimiento de combustión y la temperatura de salida al ambiente de los gases de combustión versus carga, sin economizador y con economizador de tres tipos fabricados por Loos International

Según el gráfico 2, la temperatura de los gases de combustión (t_A) es alta y el rendimiento es bajo cuando no existe economizador. Implementar economizadores implica una inversión que, según Loos International, incrementa el rendimiento entre 5 y 7% y la temperatura de salida al ambiente de los gases de combustión se reduce en más de 100 °C.

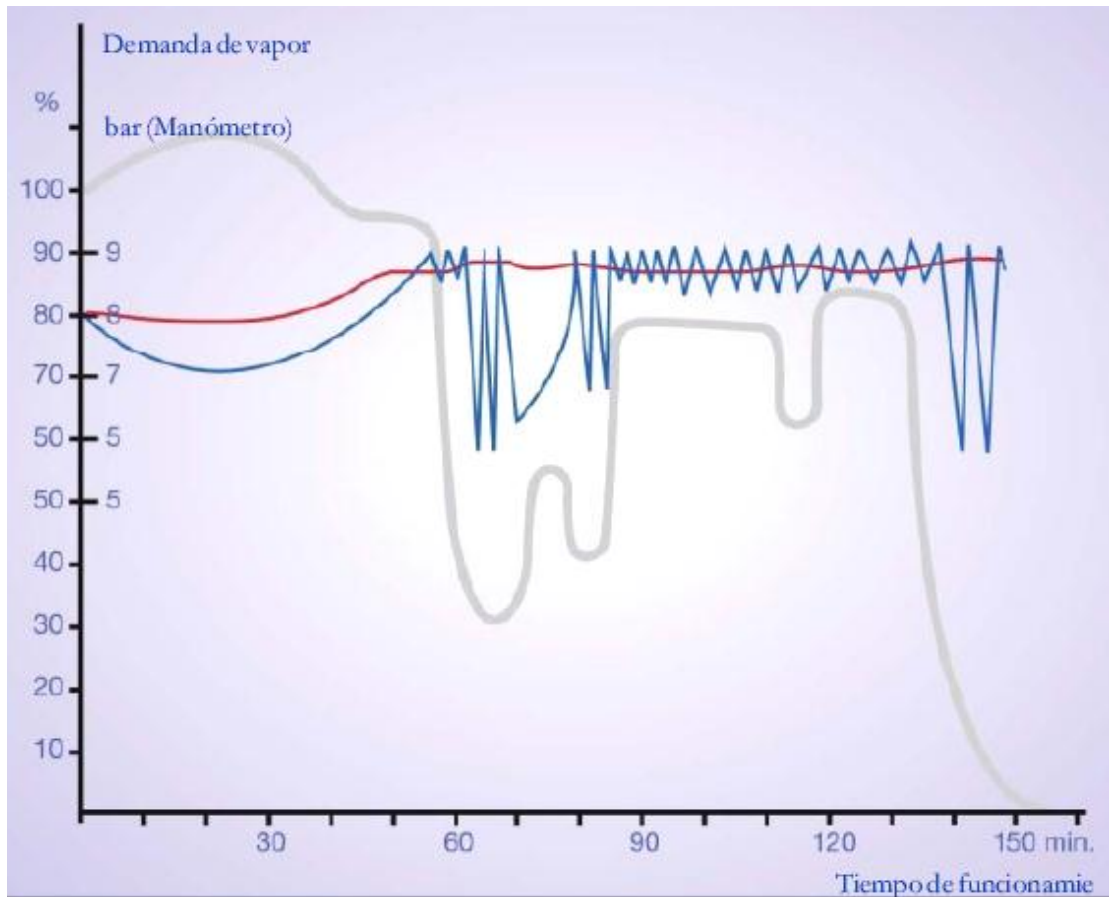


Gráfico 3. Comparación de las presiones de demanda (línea gris), vapor en caldera de tubos de agua (línea azul) y vapor en caldera de tubos de humo (línea roja). Fuente: VYC Industrial, distribuidor de calderas marca LOOS INTERNATIONAL en España

El gráfico 3 es el resultado de una prueba realizada por VYC Industrial, empresa española distribuidora de calderas, y demuestra la ventaja de las calderas de tubos de humo de mantener una presión cuasiconstante ante una demanda de vapor variante. La curva de demanda de vapor (en gris) muestra un trazado característico de demanda según se da en la práctica. La curva en rojo muestra las fluctuaciones de la presión del vapor, muy reducidas, de una caldera pirotubular. La curva en azul muestra las fluctuaciones de la presión del vapor, entre 5,5 y 9 bar, en un generador de vapor rápido.

2.4 MÉTODO PRÁCTICO PARA HALLAR LA EFICIENCIA DE CALDERA

El desempeño de cualquier caldera es determinado por su eficiencia. A su vez, la eficiencia de la caldera es determinada por dos factores.

1. Diseño de la caldera y limpieza de las superficies de calefacción. El diseño de la caldera y la limpieza de las superficies de calefacción, tanto del lado del agua como en el lado de los gases, son los factores que permiten la transferencia del calor al agua. Buen diseño y superficies limpias representan máxima transferencia de calor y menos pérdidas por la chimenea. Diseños anticuados u hollín e incrustación en los tubos de la caldera reducen la transferencia de calor (gráfico 4), incrementan la temperatura de los gases en la chimenea y consecuentemente producen una eficiencia reducida.

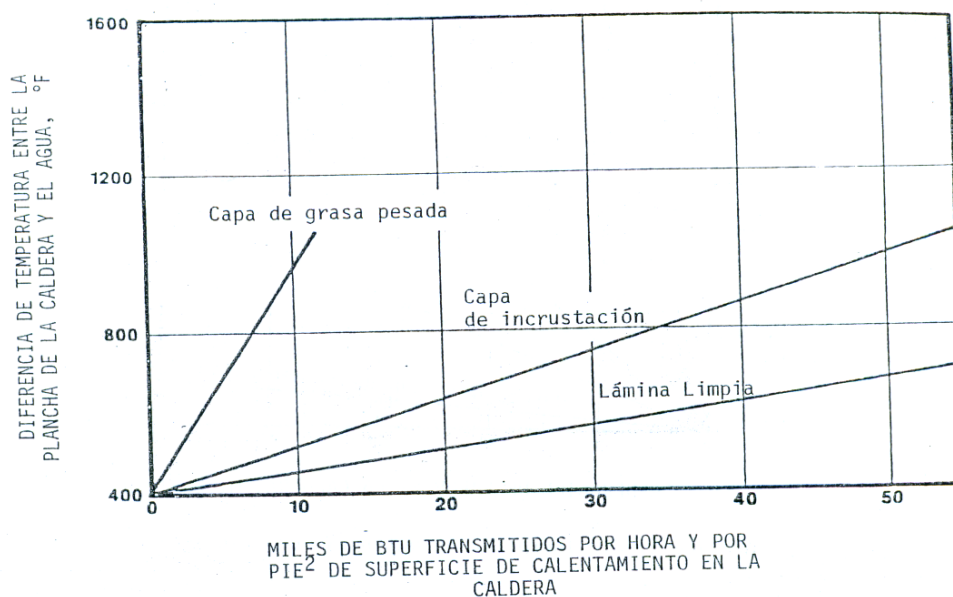


Gráfico 4. Efecto de las incrustaciones en la transmisión de calor

El gráfico 4 muestra el efecto de la presencia de incrustación y de asolvamientos sobre las superficies calientes destinadas a transferir el calor del gas caliente al agua. Cuando la lámina está limpia, la diferencia de temperatura entre la plancha calefactora y el agua existe pero es relativamente baja. Si la lámina tiene capa de incrustación, la diferencia de temperatura entre la superficie caliente y el agua es mayor, y si además hay asolvamiento (capa de grasa pesada) la diferencia crece enormemente.

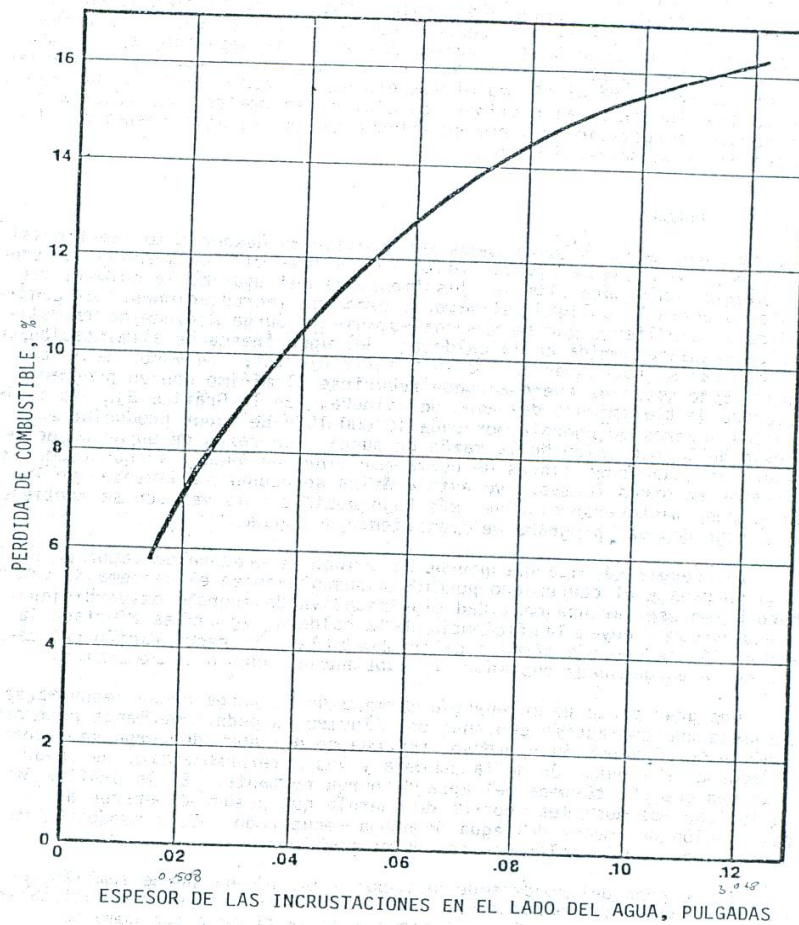


Gráfico 5. Pérdida de combustible debida al tamaño de las incrustaciones en los tubos, del lado del agua

Según el gráfico 5, a mayor tamaño de las incrustaciones del lado del agua, mayor es la pérdida de combustible por los gases que escapan a la atmósfera sin ceder calor.

2. Diseño del quemador y habilidad de éste para ser ajustado y sostener la relación aire-combustible. Todos los quemadores requieren un exceso de aire adicional a la cantidad de aire químicamente necesario para la combustión. Si se suministra una cantidad de aire insuficiente para la combustión, la flama humeará y cubrirá los tubos de hollín y carbón. En caso contrario, si emplea grandes cantidades de exceso de aire, el aire innecesario es calentado y este aire calentado es expulsado por la chimenea llevando consigo considerables cantidades de calor que es desperdiciado. Consecuentemente es importante en la eficiencia de operación, la relación aire-combustible y deberá ser comprobada con un analizador de gases (ver gráfico 6).

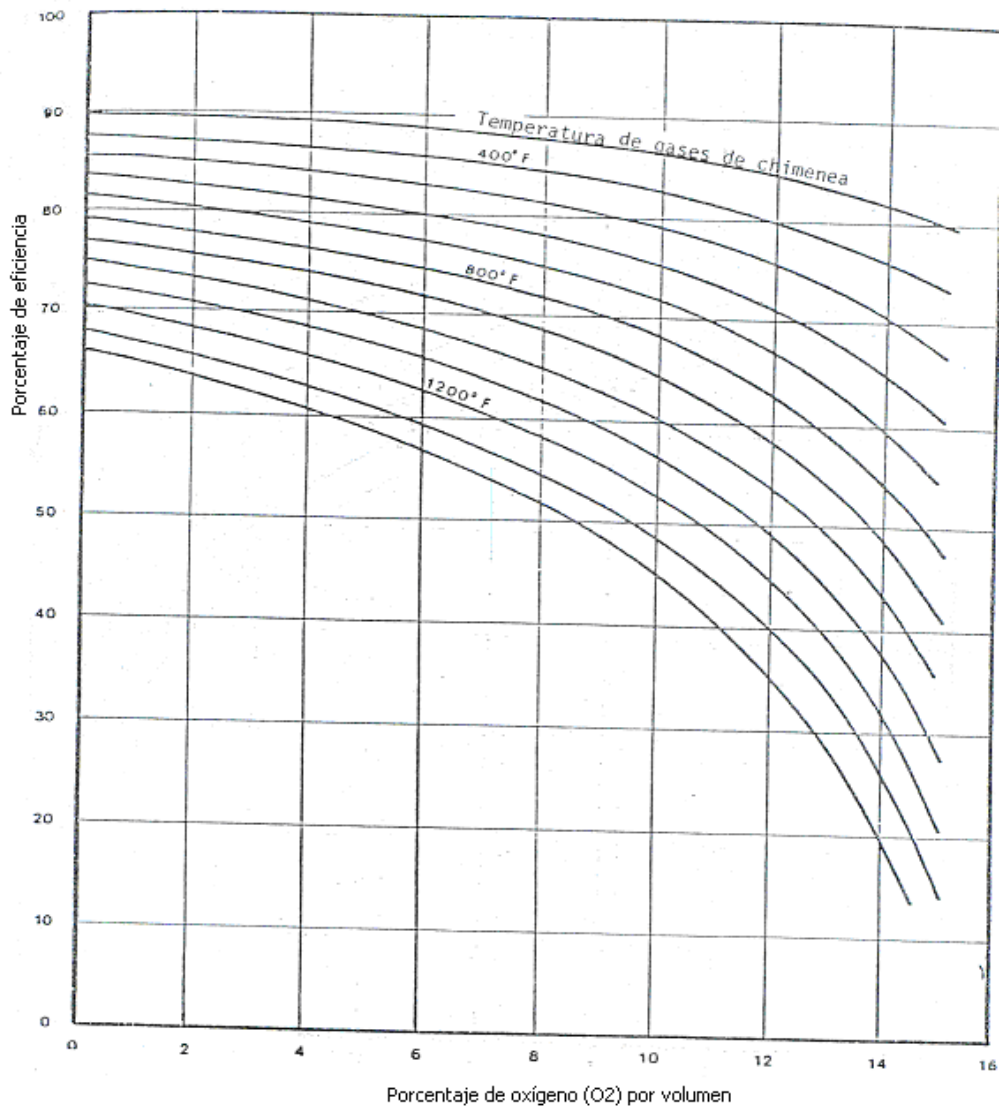


Gráfico 6. Variación de la eficiencia de combustión de una caldera a diesel, según el oxígeno contenido en los gases de combustión

El gráfico 6 da cuenta de la gran importancia de la temperatura de evacuación de los gases de combustión. A mayor temperatura de los gases, menor eficiencia de caldera. Se observa también que siguiendo cualquier curva de temperatura, al incrementarse la presencia de oxígeno en los gases de combustión, la eficiencia cae precipitadamente. Esto se da cuando el aire de admisión para llevar a cabo la combustión no está dentro del margen adecuado.

TIPOS DE EFICIENCIA

En el tema calderas puede hablarse de tres tipos de eficiencia.

1.- Eficiencia de combustión. Esta es la efectividad exclusiva del quemador y está relacionada con su habilidad para quemar totalmente el combustible. La caldera propiamente tiene poca relación sobre la eficiencia de combustión. La eficiencia de combustión de una caldera es la relación entre el calor aprovechado por el fluido (agua y vapor) y el calor que suministra el combustible al mismo en una hora.

Todos los quemadores de caldera operan mezclando aire con combustible, pero no en la medida exacta, es decir, no en la medida que se da la reacción química estequiométrica. Esta es la que genera la combustión sin generación de gases monóxido de carbono, hidróxidos y presencia de oxígeno en los gases de combustión. Siempre los quemadores operan con un exceso de aire necesario para evitar la formación de hollín en la combustión, pues este tiende a quedarse adherido a la superficie de calefacción por el lado del fuego y a fungir como aislante térmico. Con un 15% a 20% de exceso de aire, un buen quemador deberá tener una eficiencia de combustión de 94% a 97%.

2.- Eficiencia térmica. Esta es la efectividad de la transmisión de calor en un cambiador de calor. Esta no toma en cuenta las pérdidas por radiación y convección u otras pérdidas varias, tales como la variación en el poder calorífico del combustible, precisión en la medida del combustible, vapor y agua, o peso de los accesorios.

Las pérdidas por radiación, convección y varias pueden ser de 1% a 3% de la capacidad desarrollada por la caldera y su valor depende del tamaño de esta, como se observa en la tabla

3.

Tamaño de la caldera (CC)	% Pérdidas
50	3.0
60	2.5
70	2.5
80	2.3
100	2.0
125	2.5
150	2.0
200	1.5
250	2.3
300	1.8
350	1.3
400	2.0
500	1.8
600	1.3

Tabla 3. Estimación de pérdidas de calor por radiación, convección y varias al 100% de capacidad

3.- Eficiencia total de la caldera. Este es un término general y significa la eficiencia térmica total, es decir, la eficiencia combustible a vapor. Existe dos métodos para encontrar la eficiencia total de una caldera: el directo y el indirecto.

a) Método directo

Algebraicamente, la eficiencia de una caldera o generador de vapor se puede expresar así:

$$\eta = \frac{\text{calor}_{\text{aprovechado}}}{\text{calor}_{\text{proveído}}}$$

$$\eta = \frac{W(H_v - H_l)}{P_c * C_c}$$

Donde:

η : Eficiencia total del generador de vapor

W: Peso del vapor producido por hora (Kg/h o Lb/h)

Hv: Entalpía del vapor producido por hora (Kcal/h o BTU/h)

Hl: Entalpía del agua a la entrada (Kcal/h o BTU/h)

Pc: Poder calorífico del combustible (Kcal/Kg o BTU/Lb)

Cc: Cantidad de combustible quemado por hora, en peso (Lb/h)

Para encontrar la eficiencia total de una caldera utilizando esta fórmula se requiere de instrumentos apropiados: el aceite combustible debe ser pesado para medir la cantidad utilizada durante un período de tiempo dado; el combustible debe ser analizado para determinar su poder calorífico; la cantidad de vapor producido se determina con medidores del agua de alimentación y debe ser comprobado con medidores de flujo de vapor; se usa calorímetros para determinar la calidad del vapor.

Además se debe llevar un control preciso del flujo y temperatura del agua de repuesto, de la lectura del calorímetro y de la presión del vapor, asimismo se deberá mantener una carga constante en la caldera preferentemente en su capacidad máxima.

La expresión anterior puede representarse también así:

$$\eta = \frac{\text{calor}_{\text{proveído}} - \text{calor}_{\text{perdido}}}{\text{calor}_{\text{proveído}}} = \frac{\text{calor}_{\text{aprovechado}}}{\text{calor}_{\text{proveído}}}$$

$$\eta = \frac{Q_s - Q_p}{Q_s}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_p}{Q_s}$$

Donde:

η : Eficiencia total del generador de vapor

Qp: Calor perdido

Qs: Calor proveído o suministrado

b) Método indirecto

Si no se cuenta con los instrumentos necesarios para operar el método directo, puede aplicarse un método más sencillo conocido como método indirecto de medición, que proporciona un valor aproximado pero aceptable de la eficiencia total de la caldera, basándose en la influencia en la pérdida de calor que ejerce la temperatura de chimenea, según se muestra en el gráfico 7.

b.1) Equipo requerido

Analizador de gases para comprobar el contenido de CO₂ en los gases de combustión

Termómetro en la chimenea

Termómetro en el cuarto de calderas

Gráficas de pérdidas de calor a través de la chimenea para combustible diesel (anexo 4)

Gráfica de corrección para sumar pérdidas por radiación, convección y pérdidas varias (tabla 3)

b.2) Procedimiento del método indirecto de medición de eficiencia

Después de operar una caldera por varias horas:

1. tomar la temperatura en la base de la chimenea
2. medir contenido de CO₂ en el flujo de gases de combustión
3. encontrar la diferencia de temperaturas entre la temperatura en la chimenea, y la temperatura del cuarto de calderas, con la finalidad de obtener las pérdidas netas de temperatura en la base de la chimenea
4. con estos datos, y de acuerdo a la gráfica del anexo 4, obtener el porcentaje de pérdidas de calor a través de la chimenea
5. sumar las pérdidas de calor por radiación y convección, y perdidas varias (de tabla 3)
6. finalmente restar la cifra obtenida del 100% y esta es la eficiencia de la caldera

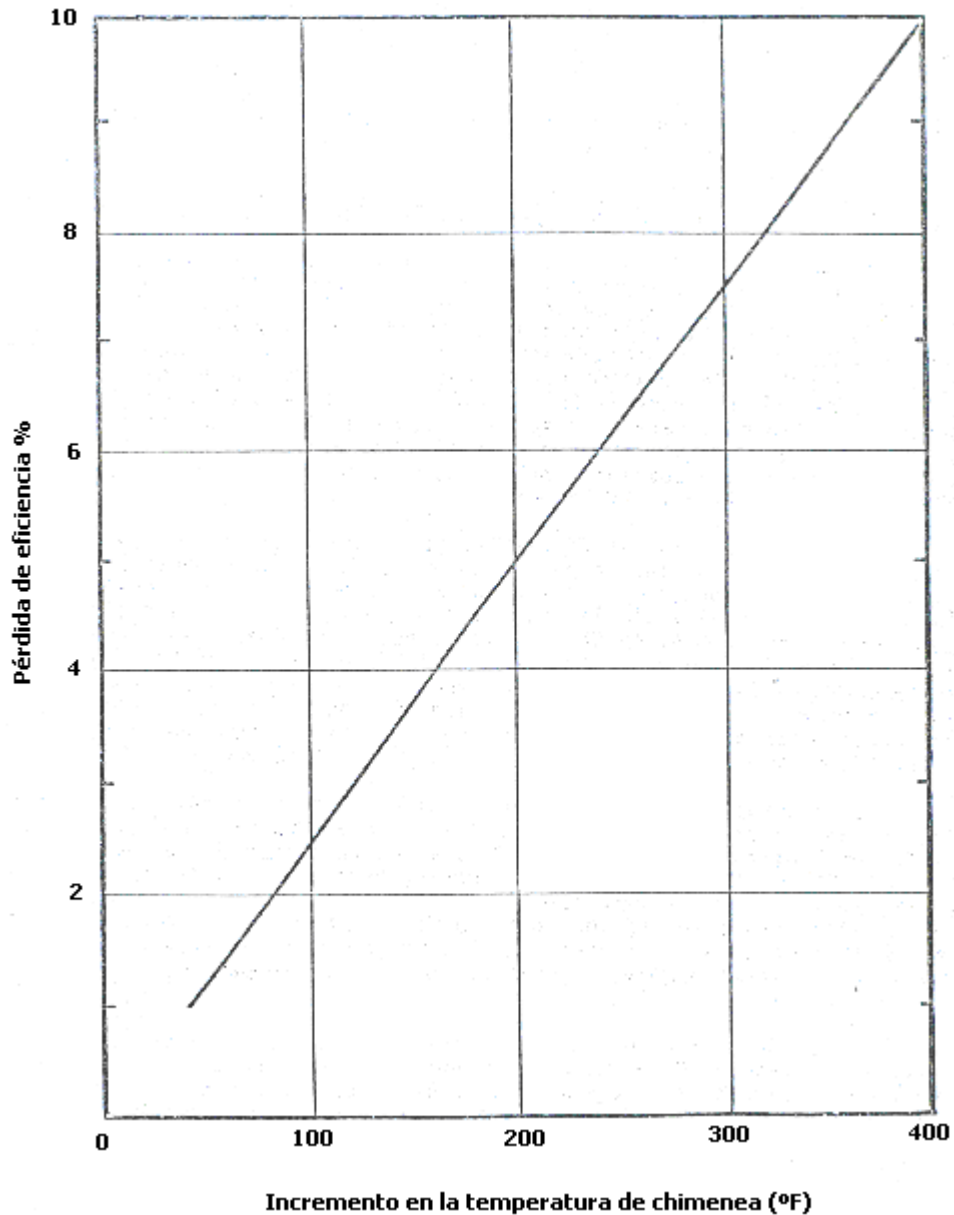


Gráfico 7. Pérdida porcentual de eficiencia de caldera en función del incremento de temperatura en la chimenea

El gráfico 7 denuncia la relación lineal entre la temperatura de chimenea y la pérdida de eficiencia. Mientras que las pérdidas de calor por convección y radiación que acusa la tabla 3 van de 1.3% a 3% según la capacidad del generador de vapor, las pérdidas de calor que se dan a través del escape por la chimenea puede tomar valores extremos, según sea la temperatura de chimenea. Esto vuelve importante el control de esta temperatura.

CALCULO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE A PARTIR DE LA EFICIENCIA

El combustible quemado tiene incidencia directa sobre la eficiencia del generador de vapor, a través de la fórmula siguiente:

$$\eta = \frac{\text{calor}_{\text{aprovechado}}}{\text{calor}_{\text{proveído}}} = \frac{CC * (Qa / cc)}{Pc * Cc}$$

Donde:

CC: capacidad de producción de vapor de la caldera en caballos caldera (cc)

Qa/cc: calor aprovechado por cada caballo caldera del generador de vapor (8450 Kcal/hr o 33500 BTU/hr)

Pc: poder calorífico del combustible (Kcal/Lt o BTU/galón)

Cc: cantidad de combustible consumido (galones)

Si la eficiencia se conoce a través de alguno de los análisis antes citados, si se conoce la capacidad de la caldera y puede saberse de tablas el valor del poder calorífico del combustible, entonces la cantidad de combustible quemado puede hallarse despejándolo de esta fórmula.

EVAPORACIÓN DE UNA CALDERA

Se llama "evaporación" a la cantidad (Kg o Lb) de vapor que produce una caldera bajo determinadas condiciones de presión absoluta en una hora y con determinada temperatura del agua de alimentación. Por ejemplo, se dice de una caldera cuya evaporación sea 1400 Kg/hr, a 8.8 Kg/cm² manométricos a la que se alimenta agua de 60 °C. O bien, de una caldera cuya evaporación sea de 9000 Lbs/hr, a 145 Lbs/pul² manométricas con agua de alimentación de 160 °F.

La evaporación, pues, es la medida de la capacidad de una caldera.

Las dificultades para designar la evaporación en estas condiciones estriba en los siguientes puntos:

1. Una misma caldera a diferentes presiones en el término de una hora, dependiendo de la demanda de vapor y, en consecuencia, de la cantidad de combustible que se alimente.
2. La temperatura del agua de alimentación varía constantemente.
3. La misma caldera puede estar instalada en sitios diferentes, a distintas altitudes sobre el nivel del mar.

Es decir, una misma caldera podría designarse en cuanto a capacidad (evaporación) con un número infinito de valores, dentro de determinados límites de presión del vapor, altitud y temperatura del agua de alimentación. Para uniformizar el criterio y evitar posibles confusiones, se utiliza el término EVAPORACIÓN EQUIVALENTE (nominal) para hacer referencia a la evaporación comparativa bajo las condiciones de presión absoluta al nivel del mar (1.033 Kg/cm² o 14.696 lbs/pul²), de altitud cero y con agua de alimentación a 100 °C (212 °F).

Como la temperatura de saturación al nivel del mar es de 100 °C (212 °F), la evaporación equivalente es expresada como Kg/hr desde y hasta 100 °C, o bien, lbs/hr, desde y hasta 212 °F. Esto significa la cantidad de vapor en Kg (lbs) que producirá cada hora una caldera que reciba agua a 100 °C (212 °F) y la convierta en vapor de 100 °C (212 °F), es decir, a una presión absoluta de 1.033 kg/cm², 14.696 lbs/pul².

Y se utiliza el término EVAPORACIÓN REAL (de operación), para hacer referencia a la evaporación efectiva, bajo condiciones de presión manométricas de acuerdo a la altitud del lugar de operación de la caldera y con agua de alimentación con una temperatura efectiva en el momento de estar en operación.

Para transferir las capacidades reales a las equivalentes, que son las que proporcionan los fabricantes, interviene el concepto de FACTOR DE EVAPORACIÓN, que es la relación que existe entre la evaporación equivalente y la evaporación real, bajo cualquier condición de operación.

$$Fe = \frac{We \text{ (Kg / hr desde y a } 100^{\circ} \text{C)}}{Wr \text{ (Kg / hr reales)}} \quad \text{o} \quad Fe = \frac{We \text{ (Lbs / hr desde y a } 212^{\circ} \text{F)}}{Wr \text{ (Lbs / hr reales)}}$$

Donde:

Fe: factor de evaporación

We: evaporación equivalente (Kgs/hr o Lbs/hr)

Wr: Evaporación real (Kgs/hr o Lbs/hr)

Temperatura del agua de alimentación		Presión		
		Kg/cm2	Lbs/pul2	
		6,33	7,03	7,73
°C	°F	90	100	110
0,0	32	1,223	1,225	1,226
4,4	40	1,215	1,217	1,218
10,0	50	1,205	1,206	1,208
15,6	60	1,194	1,196	1,198
21,1	70	1,184	1,186	1,187
26,7	80	1,174	1,176	1,177
32,2	90	1,164	1,165	1,167
37,8	100	1,153	1,155	1,156
43,0	110	1,143	1,145	1,146
49,0	120	1,133	1,134	1,136
54,0	130	1,123	1,124	1,126
60,0	140	1,112	1,114	1,115
66,0	150	1,102	1,104	1,105
71,0	160	1,092	1,093	1,095
77,0	170	1,081	1,083	1,084
82,0	180	1,071	1,073	1,074
88,0	190	1,061	1,062	1,064
93,0	200	1,050	1,052	1,053
99,0	210	1,040	1,042	1,043

Tabla 4. Valores del factor de evaporación a tres presiones caldera y distintas temperaturas del agua de alimentación

El factor de evaporación, por ser un número abstracto, es igual en cualquier sistema de unidades (ver tabla 4).

CAPÍTULO 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para poder elaborar una propuesta de mejoramiento de las condiciones de servicio del hospital, se hace necesario partir del conocimiento de las condiciones actuales del servicio de vapor y sus pormenores.

Por ello, esta parte refiere la elaboración de un diagnostico del Hospital Saldaña en lo tocante al vapor, su generación, distribución y uso.

Se esquematiza su desarrollo en varias partes, estas son:

- ✓ Identificación de la demanda de vapor de los equipos que lo consumen en los diferentes ambientes
- ✓ Conocimiento de las prácticas de operación en los puntos servidos
- ✓ Revisión del sistema de distribución
- ✓ Revisión del sistema de generación
- ✓ Cuantificación del costo del vapor con las actuales condiciones

Instrumentos de investigación:

- ✓ Observación de las instalaciones y los procedimientos
- ✓ Abordaje al personal en cada ambiente
- ✓ Entrevistas vía telefónica o personal con los titulares de los departamentos visitados
- ✓ Anotación y/o grabación de audio de la información obtenida
- ✓ Solicitud de copia de los documentos necesarios
- ✓ Fotografía

Luego del diagnostico, se pasaría a la elaboración de las propuestas de solución de las necesidades detectadas. Para esto, ha de consultarse bibliografía, sitios de internet, técnicos en la materia calderas de vapor, distribuidores locales de productos relacionados al vapor.

Debe tomarse muy en cuenta los costos que las soluciones pueden implicar y tomar aquellas que representen la menor inversión posible en función de resolver las problemáticas planteadas en la diagnosis.

Puede ser que las oportunidades de mejora que se desprendan sean muchas. En tal caso, deberá de seleccionarse un grupo para abordar su solución.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.
SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INSTALACIONES DE VAPOR
DEL HOSPITAL JOSÉ ANTONIO SALDAÑA

4.1 AUDITORÍA ENERGÉTICA

Con el objeto de conocer la demanda actual de vapor en las instalaciones del Hospital Saldaña, se presenta el balance de energía que consumen los equipos que se surten con vapor y que están en funcionamiento. Se incluye aquellos fuera de uso por encontrarse en mal estado, pero susceptibles de reparación o sustitución.

4.1.1 ARSENAL QUIRÚRGICO

Cantidad	Equipo	Marca	Capacidad		Instalado	Estado
			Litros	Pulgadas ³		
1	Autoclave	Castle	168	10251,36	1974	En reparación
1	Autoclave	Consolidate	108	6590,16	1979	Funcionando
1	Autoclave	Hirayama	624	38076,48	1980	En reparación

Tabla 5. Equipo presente en arsenal quirúrgico que consume vapor a 30 psig

De tres autoclaves en existencia que muestra la tabla 5, uno está completamente en desuso por no tener puerta, este es el de marca Castle, el Consolidate funciona pero presenta defecto en el manómetro de pre-cámara y una deformación en la puerta, el Hirayama funciona bien pero presenta fuga en el sello de la puerta de 5 galones de condensado, que se colectan en toda la jornada diaria, y oxidación en su interior.



Fotografía 1. Autoclave marca Castle en desuso por falta de puerta

EQUIPO ESTERILIZADO	CANTIDAD DIARIA
Curaciones	56
Parto	10
Sutura	10
Tambos simples	10
Tambos de torundas	14
Tambos mixtos	7
Espéculos con pinza	7
Paquetes de cirugía mayor	15
Paquetes de cirugía menor	2
Cateterismo	2
Caja corriente	4
Gabachones individuales	5
Campos corrientes	6
Sábana hendida individual	2
Media sábana individual	4
Pinzas de transferencia	7
Cajas de frascos para alcohol	16
Garrafas de agua	8

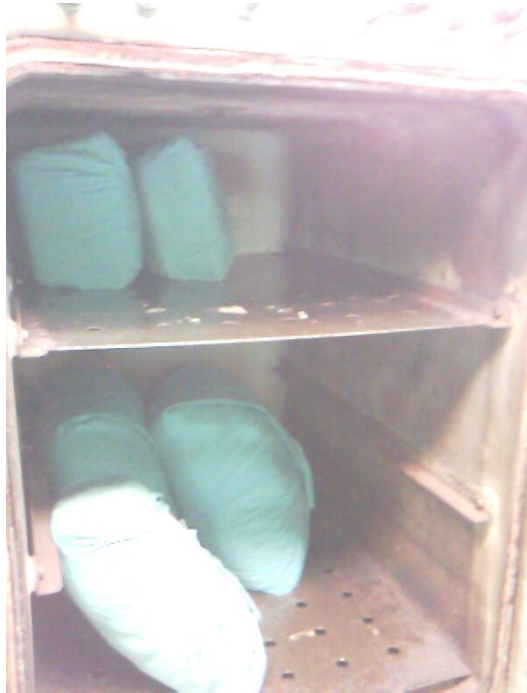
Tabla 6. Demanda diaria promedio de esterilización que se presenta en Arsenal Quirúrgico



Fotografía 2. Autoclave marca Consolidate en funcionamiento
Presenta deformación en la puerta y un manómetro en mal estado



Fotografía 3. Autoclave marca Hirayama
Mantiene dos depósitos abiertos al pie para coleccionar el condensado que fuga la puerta



Fotografía 4. Interior del autoclave Hirayama
 Nótese la oxidación que presenta

Dado que una libra de agua al evaporarse se convierte en una libra de vapor y viceversa, con distinto volumen específico, se procede a encontrar las cargas de condensado generado en la esterilización de ropa, de instrumentos y de agua, para luego establecer el gasto de vapor, utilizando la fórmula para el cálculo de cargas de condensado de esterilizadores, autoclaves y retortas de calentamiento de mater sólido tomada del Manual Selmec de calderas:

$$\frac{\text{Libras}_{\text{ condensado}}}{\text{hora}} = \frac{W * C_p * \Delta T}{L * t} = \frac{\gamma * \forall * C_p * \Delta T}{L * t}$$

Donde:

W: peso del material (libras)

γ : peso específico del material (lb/pul³)

\forall : volumen del material a esterilizar (pul³)

C_p: calor específico del material (BTU/libra*°F)

ΔT : cambio de temperatura que sufre el material esterilizado (°F)

L: calor latente de vapor (BTU/libra)

t: tiempo (horas)

Se procede a encontrar las cargas de condensado de cada autoclave para una hora y para la jornada diaria, según los tiempos presentados en la tabla 3.

AUTOCLAVE HIRAYAMA						
Esterilización tela e instrumentos	Secado autoclave	Esterilización tela e instrumentos	Secado autoclave	Tiempo requerido		
				minutos	horas	
90	60	90	60	300	5	

AUTOCLAVE CONSOLIDATE						
Esterilización tela	Secado autoclave	Esterilización tela	Secado autoclave	Esterilización agua	Tiempo requerido	
					minutos	horas
90	60	90	60	15	315	5,25

Tabla 7. Tiempos de operación en minutos con funcionamiento deficiente según se encuentran actualmente, para una jornada total de cinco esterilizaciones al día si el vapor se tiene de 6:30 am hasta alrededor de la 1:00 pm

$$\frac{\text{Libras}_{\text{ condensado}}}{\text{hora}} = \frac{(\gamma * \forall * 0.90) * C_p * \Delta T}{L * t}$$

ESTERILIZACIÓN DE PAQUETES DE CIRUGÍA GENERAL (TELA)

Datos

Cp algodón = 0.6086 BTU/lb°F

γ algodón = 0.0542 lb/pul³

L = 928.6 BTU/lb entalpía de evaporación a 30 psig

T final = 250 °F

T inicial = 80 °F

t = 1.5 horas

Autoclave Castle:

$$\frac{\text{Libras}_{\text{ condensado}}}{\text{hora}} = \frac{0.0542 \frac{\text{lb}}{\text{pul}^3} * (10251.36 * 0.90) \text{pul}^3 * 0.6086 \frac{\text{BTU}}{\text{libra} \cdot ^\circ \text{F}} * (250 - 80)^\circ \text{F}}{928.6 \frac{\text{BTU}}{\text{libra}} * 1.5 \text{horas}}$$

$$\frac{\text{Libras}_{\text{ condensado}}}{\text{hora}} = 37.14$$

Autoclave Consolidate:

$$\frac{\text{Libras}_{\text{ condensado}}}{\text{hora}} = \frac{0.0542 \frac{\text{lb}}{\text{pul}^3} * (6590,16 * 0.90) \text{pul}^3 * 0.6086 \frac{\text{BTU}}{\text{libra} \cdot ^\circ \text{F}} * (250 - 80)^\circ \text{F}}{928.6 \frac{\text{BTU}}{\text{libra}} * 1.5 \text{horas}}$$

$$\frac{\text{Libras}_{\text{ condensado}}}{\text{hora}} = 23.88$$

Autoclave Hirayama: Los paquetes ocupan el 50% del espacio disponible

$$\frac{\text{Libras}_{\text{ condensado}}}{\text{hora}} = \frac{0.0542 \frac{\text{lb}}{\text{pul}^3} * (38076.48 * 0.50) \text{pul}^3 * 0.6086 \frac{\text{BTU}}{\text{libra} \cdot ^\circ \text{F}} * (250 - 80)^\circ \text{F}}{928.6 \frac{\text{BTU}}{\text{libra}} * 1.5 \text{horas}}$$

$$\frac{\text{Libras}_{\text{ condensado}}}{\text{hora}} = 76.64$$

ESTERILIZACIÓN DE PAQUETES DE INSTRUMENTAL (ACERO INOXIDABLE)

Datos:

Cp acero inoxidable= 0.109 BTU/lb°F

γ acero inoxidable = 494 lb/pie³ = 0.286 lb/pul³

L = 928.6 BTU/lb entalpía de evaporación a 30 psig

T final = 250 °F

T inicial = 80 °F

t = 45 minutos = 0.75 horas

Autoclave Hirayama: El instrumental ocupa el 30% del espacio disponible

$$\frac{\text{Libras}_{\text{ condensado}}}{\text{hora}} = \frac{0.286 \frac{\text{lb}}{\text{pul}^3} * (38076.48 * 0.30) \text{pul}^3 * 0.109 \frac{\text{BTU}}{\text{libra} \text{ } ^\circ \text{F}} * (250 - 80)^\circ \text{F}}{928.6 \frac{\text{BTU}}{\text{libra}} * 1.5 \text{horas}}$$

$$\frac{\text{Libras}_{\text{ condensado}}}{\text{hora}} = 43.46$$

En el autoclave Hirayama se esteriliza paquetes de tela e instrumental metálico. La tela ocupa el 50% y el metal ocupa el 30%. Un 20% del espacio total queda desocupado.

ESTERILIZACIÓN DE AGUA ENVASADA EN GARRAFAS PLÁSTICAS

Datos:

$$C_p \text{ agua} = 1 \text{ BTU/lb}^\circ \text{F}$$

$$\gamma \text{ agua} = 0.036 \text{ lb/pul}^3$$

$$L = 928.6 \text{ BTU/lb entalpía de evaporación a 30 psig}$$

$$\rho \text{ agua} = 62.1 \text{ lbm/pe}^3 = 3.6 * 10^{-5} \text{ lbm/pul}^3 = 8.3 \text{ lbm/galón}$$

$$T \text{ final} = 274.44 \text{ } ^\circ \text{F temperatura de ebullición a 30 psig}$$

$$T \text{ inicial} = 80 \text{ } ^\circ \text{F}$$

$$t = 15 \text{ minutos} = 0.25 \text{ horas}$$

Autoclave Castle:

$$\frac{\text{Libras}_{\text{ condensado}}}{\text{hora}} = \frac{0.036 \frac{\text{lb}}{\text{pul}^3} * (10251.36 * 0.90) \text{pul}^3 * 1 \frac{\text{BTU}}{\text{libra} \text{ } ^\circ \text{F}} * (274.44 - 80)^\circ \text{F}}{928.6 \frac{\text{BTU}}{\text{libra}} * 0.25 \text{horas}}$$

$$\frac{\text{Libras}_{\text{ condensado}}}{\text{hora}} = 278.19$$

Autoclave Consolidate:

$$\frac{\text{Libras}_{\text{ condensado}}}{\text{hora}} = \frac{0.036 \frac{\text{lb}}{\text{pul}^3} * (6590,16 * 0.90) \text{pul}^3 * 1 \frac{\text{BTU}}{\text{libra} \text{ } ^\circ \text{F}} * (274.44 - 80)^\circ \text{F}}{928.6 \frac{\text{BTU}}{\text{libra}} * 0.25 \text{horas}}$$

$$\frac{\text{Libras}_{\text{ condensado}}}{\text{hora}} = 178.81$$

Las masas de condensado son iguales a las masas de vapor gastado por hora en cada equipo. Este hecho se aprovecha para encontrar el condensado generado y se presenta en la tabla 8 de resumen.

Autoclave	Gasto de vapor (libras/hora)				Condensado (libras/hora)	
	Material a esterilizar			Total por equipo	Condensado de equipo en funcionamiento	
	Tela	Instrumental	Agua		Recuperado	Perdido
Castle	37,14	0	278,19	315.33	0	
Consolidate	23,88	0	178,81	202.69	202.69	
Hirayama	76.64	43.46	0	120.1		120.1
Σ	137.66	43.46	457	638.12		
20% radiación y convección de equipo no aislado	27.53	8.69	91.4	127.62		
Σ	165.19	52.15	548,4	765.74		

Tabla 8. Flujo másico de vapor gastado por la instalación de equipos en arsenal quirúrgico y pérdidas por convección y radiación de calor por no estar estos aislados térmicamente.

Dadas estas condiciones de baja efectividad de los equipos, el arsenal quirúrgico del hospital sufre de baja eficiencia de esterilización al no lograr cubrir en ciertos días la demanda. Se dice, por ejemplo, que es necesario esterilizar 16 galones de agua diariamente, cuando sólo puede esterilizarse 8.

4.1.2 ALIMENTACIÓN Y DIETAS



Fotografía 5. Marmita de vapor utilizada en alimentación y dietas

Cantidad	Equipo	Marca	Capacidad	Instalado	Estado
2	Marmita de balancín	GROEN	40 Gal. c/u	1977	Funcionando

Tabla 9. Equipos existentes en el departamento de cocina y dietas que consumen vapor

Equipo de restaurante	Presión de operación	Vapor gastado (libras/hora)
	5 - 20 psig	En uso
Marmita 10 galones		13
Marmita 25 galones		29
Marmita 40 galones		44
Marmita 60 galones		58

Tabla 10. Datos de consumo de vapor en marmitas extraído del Manual de manejo de vapor realizado por la Estación experimental de Ingeniería del Instituto Tecnológico de Georgia

$$\dot{M}_{VAPOR} = 2 * 44 \frac{lb}{hora}$$

$$\dot{M}_{VAPOR} = 88 \frac{lb}{hora}$$

Cantidad	Equipo	Consumo de vapor (libras/hora)		Condensado (libras/hora)
		Unitario	TOTAL	Recuperado
2	Marmita	44	88	88
20% por radiación y convección de equipos no aislados térmicamente			17,6	
			Σ 105.6	

Tabla 11. Consumo de vapor por cada hora de trabajo en alimentación y dietas, y condensado recuperado por el sistema

4.1.3 LAVANDERÍA

Esta sección trabaja desde 6:00 am hasta 3:00 pm.

Cantidad	Equipo	Marca	Capacidad	Instalado	Estado
1	Hervidor artesanal		37.87 galones		Funcionando
2	Lavadoras centrifugas	GIRBAU	125 Libras c/u	1998	Funcionando 1
1	Lavadora horizontal	OÑATE	300 Libras	1986	Funcionando
2	Secadoras rotativas	GIRBAU	50 Libras c/u	1998	Funcionando
1	Planchador de rodillo	SENKING		1965	Funcionando
1	Planchador de rodillo	GIRBAU		1998	Funcionando

Tabla 12. Listado de equipos que consumen vapor en el departamento de lavandería

HERVIDOR ARTESANAL



Fotografía 5. Hervidor artesanal para el lavado de mosquiteros y ropa no infectada

El hervidor es simplemente una cubeta metálica que se llena de agua y que recibe vapor vivo a presión de 100 psig por alrededor de media hora, según el personal de lavandería (fotografía 5).

$$V \text{ hervidor} = \frac{\pi}{4} * d^2 * L = \frac{\pi * (22.5 \text{ pul})^2}{4} * 22 \text{ pul} = 8747.4 \text{ pul}^3 = 37.87 \text{ galones}$$

Cp H2O = 1 BTU/Lb °F

Densidad del agua = 8.34 lb/gln

Presión atmosférica = 14.7 psia; Temperatura de saturación = 212 °F

Temperatura ambiente = 79 °F

h vapor = 1190.37 BTU/lb

h líquido = 309.13 BTU/lb

h evaporación = 881.24 BTU/lb

Para cada galón de agua en el hervidor:

$Q = m * Cp * \Delta T$, calor necesario para hacer hervir al agua (T= 79 °F >> 212 °F)

$$Q = 8.34 lb_{\text{agua}} * 1 \frac{BTU}{lb * ^\circ F} * (212 - 79)^\circ F$$

$$Q = 1109.22 \frac{BTU}{gal\acute{o}n_{\text{agua}}}$$

Si la energía que contiene el vapor es de 1190.37 BTU por cada libra de vapor servido a una presión de 100 psig, ¿cuántas libras de vapor se necesitan para saturar un galón de agua en el hervidor?

$$m_{VAPOR} = \frac{Q}{h_{VAPOR}^{100PSIG}}$$

$$m_{VAPOR} = \frac{1109.22 \frac{BTU}{gal\acute{o}n_{\text{agua}}}}{1190.37 \frac{BTU}{lb_{\text{vapor}}}}$$

$$m_{VAPOR} = 0.93 \frac{lb_{\text{vapor}}}{gal\acute{o}n_{\text{agua}}}$$

Según el personal de lavandería, este hervidor trabaja de 2 a 3 veces diariamente y se mantiene hirviendo por 30 minutos en cada uso. Además, no se usa lleno de agua porque al hervir despiden agua caliente. La profundidad de llenado depende de la cantidad de ropa.

Sea volumen hervidor de 20 galones:

$$m_{\text{agua}} = 8.34 \text{ lb/gln} * 20 \text{ gln} = 166.8 \text{ lb}$$

$$M_{\text{VAPOR}} = 0.93 \frac{\text{lb}_{\text{vapor}}}{\text{galón}_{\text{agua}}} * 20 \text{ galones}_{\text{agua}} = 18.6 \text{ libras}_{\text{de}_{\text{vapor}}}$$

$$Q_{\text{SENSIBLE}} = 18.6 \text{ lb}_{\text{vapor}} * 1186.94 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}_{\text{vapor}}} = 22077 \text{ BTU}$$

$$Q_{\text{SENSIBLE}} = 22077 \text{ BTU}$$

22077 BTU es el calor sensible necesario para que el agua en el hervidor llegue a condición de líquido saturado

Experimentalmente se comprueba que la reducción de volumen de agua por cada hora de hervor es de 80%. Esto es un flujo másico de agua que abandona al hervidor en forma de vapor por adquirir calor latente.

$$m_{\text{agua evaporada}} = 0.8 * 166.8 \text{ lb} = 133.44 \text{ lb}$$

$$Q_{\text{LATENTE}} = m_{\text{AGUA}_{\text{EVAPORADA}}} * h_{\text{EVAPORACIÓN}}$$

$$Q_{\text{LATENTE}} = 133.44 \text{ lb} * 881.24 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$Q_{\text{LATENTE}} = 117592.67 \text{ BTU} \text{ energía que evapora el 80\% del agua inicial}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_{\text{SENSIBLE}} + Q_{\text{LATENTE}}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 139669.67 \text{ BTU}$$

La masa de vapor necesaria para saturar por una hora al agua en el hervidor

$$M_{\text{VAPOR}} = \frac{\text{ENERGÍA}_{\text{TOTAL}}}{\text{ENTALPÍA}_{\text{EVAPORACIÓN}}}$$

$$M_{\text{VAPOR}} = \frac{139339.67 \text{ BTU}}{881.24 \frac{\text{BTU}}{\text{lbm}}}$$

$$\dot{M}_{\text{VAPOR}} = 158.5 \frac{\text{lbm}}{\text{hora}}$$

Nota: la etapa de calor sensible dura escasos 5 minutos que se desprecian, así como el agua que se repone al hervidor.

Masa de condensado no recuperado = 158.5 libras por cada hora de uso.

LAVADORA EXTRACTORA MARCA GIRBAU



Fotografía 6. Una de las lavadoras extractoras automáticas marca Girbau. Estas lavadoras son conocidas como la No.1 y No.2. La No.1 se encuentra en mal estado

Lavadora extractora
Marca GIRBAU
Modelo LS-355PM-V
No fabric/año 651117/97
Capacidad 55 Kg (R:1/10) 125 lbs
rpm max 465 min ⁻¹
Energía cinética 844 000 Nm
Peso neto 1100 Kg
Nivel sonoro < 70 dB
Potencia vapor 135 Kw

Tabla 13. Placa de especificaciones de las lavadoras automáticas

Datos:

Potencia vapor = 135 000 Watts

Presión promedio vapor = 95 psig

Entalpía del vapor = 1186.94 BTU/lb a 95 psig

$$Potencia = 135000Watt * \frac{3.4129 \frac{BTU}{hora}}{Watt}$$

$$Potencia = 460741.5 \frac{BTU}{hora}$$

$$Masa_vapor = \frac{Potencia}{Entalpía}$$

$$Masa_vapor = \frac{460741.5 \frac{BTU}{hora}}{1186.94 \frac{BTU}{lb}}$$

$$\dot{M}_{VAPOR} = 388 \frac{lb}{hora}$$

Flujo de condensado generado no recuperable = 388 libras/hora

LAVADORA HORIZONTAL MARCA OÑATE



Fotografía 7. Lavadora No.3, lavadora horizontal marca Oñate

$$\forall_{LAVADORA} = \frac{\pi}{4} * d^2 * L = \frac{\pi}{4} * (39 \text{ pul})^2 * 80 \text{ pul} = 95567.5 \text{ pul}^3$$

Profundidad de llenado = 16 pulgadas

16/39 = 40% => % de volumen de contenido correspondiente al 40% de la profundidad = 37.36 (ver anexo 2)

$$\Rightarrow \forall_{AGUA} = 0.3736 * \forall_{LAVADORA} = 0.3736 * 95567.5 \text{ pul}^3 = 35704 \text{ pul}^3 = 154.56 \text{ galones}$$

$$m \text{ agua} = 8.34 \text{ lb/gal} * 154.56 \text{ gal} = 1289 \text{ lb}$$

$$Q_{SENSIBLE} = 1109.22 \frac{BTU}{\text{galón}_{\text{agua}}}, \text{ dato calculado en el análisis del hervidor artesanal}$$

$$Q_{SENSIBLE} = 1109.22 \frac{BTU}{\text{galón}_{\text{agua}}} * 154.56 \text{ galones}$$

$$Q_{SENSIBLE} = 171441 \text{ BTU}$$

$$h \text{ evaporación} = 881.24 \text{ BTU/lb}$$

$$m \text{ agua evaporada} = 0.8 * 1289 \text{ lb} = 1031.2 \text{ lb de agua evaporada en una hora}$$

$$Q_{LATENTE} = m_{AGUA_EVAPORADA} * h_{EVAPORACIÓN}$$

$$Q_{LATENTE} = 1031.2 \text{ lb} * 881.24 \frac{BTU}{\text{lb}}$$

$$Q_{LATENTE} = 908734.7 BTU$$

$$Q_{TOTAL} = Q_{SENSIBLE} + Q_{LATENTE}$$

$$Q_{TOTAL} = 1.08 * 10^6 BTU$$

La masa de vapor necesaria para saturar por una hora al agua en la lavadora OÑATE

$$\dot{M}_{VAPOR} = \dot{M}_{VAPOR_SENSIBLE} + \dot{M}_{VAPOR_LATENTE}$$

$$\dot{M}_{VAPOR} = \frac{Q_{SENSIBLE}}{ENTALPIA_{VAPOR}} + \frac{Q_{LATENTE}}{ENTALPIA_{EVAPORACION}}$$

$$\dot{M}_{VAPOR} = \frac{171441_BTU}{1190.37 \frac{BTU}{lbm}} + \frac{908734.7_BTU}{881.24 \frac{BTU}{lbm}}$$

$$\dot{M}_{VAPOR} = 1175.22 \frac{lbm}{hora}$$

Flujo de condensado no recuperado = 1175.22 libras/hora

SECADORA GIRBAU



Fotografía 8. Una de las secadoras automáticas marca Girbau

Consumo de una secadora similar a las que se encuentran en lavandería:

Marca GIRBAU
Modelo STI-23
Capacidad 50 libras
Caudal vapor = 142 libras/hora

Tabla 14. Placa de especificaciones de las secadoras

Flujo de condensado a recuperar = 142 libras/hora

PLANCHADORES



Fotografía 10. Planchador marca Senking



Fotografía 11. Planchador marca Girbau

La operación de los planchadores inicia a las 6:30 am, y se extiende hasta las 2:00 pm, hora en que su temperatura se aproxima a la ambiental. Se cuenta con 2 planchadores de un rodillo cada uno (fotografías 10 y 11) trabajando a presión de 100 psig.

Marca GIRBAU
Modelo PS-5119
Diámetro cilindro = 510 mm
Longitud cilindro = 1900 mm
Potencia vapor = 48.8 kW = 166.5 BTU/hr

Tabla 15. Placa de especificaciones de un planchador Girbau similar a los que se encuentran en lavandería

Flujo de condensado a recuperar = 166.5 libras/hora en cada planchador

Cantidad	Equipo	Consumo de vapor (libras/hora)		Condensado (libras/hora)	
		Unitario	TOTAL	Recuperado	Perdido
1	Hervidor artesanal	158.5	158.5		158.5
2	Lavadoras automáticas	388	776	776	
1	Lavadora horizontal	1175.22	1175.22		1175.22
2	Secadoras rotativas	142	284	284	
2	Planchador de rodillo	166.5	333	333	
		Σ	2766	1393	1373
20% por radiación y convección de equipos no aislados térmicamente			553.2	189,56	281,6
		Σ	3319.2	1582.56	1654,6

Tabla 16. Resumen de cargas de vapor y condensados que generan los equipos en lavandería

HORARIOS DE USO DE LOS EQUIPOS QUE CONSUMEN VAPOR EN LOS AMBIENTES							
Horas	ARSENAL		DIETAS	LAVANDERÍA			
	Autoclave Hiryama	Autoclave Consolidate	Marmitas 2	Hervidor artesanal	Lavadoras 2	Secadoras 2	Planchadores 2
6:30-7:00	*	*	*		*	*	*
7:00-7:30	*	*	*	*	*	*	*
7:30-8:00	*	*	*		*	*	*
8:00-8:30			*		*	*	*
8:30-9:00			*		*	*	*
9:00-9:30	*	*	*	*	*	*	*
9:30-10:00	*	*	*		*	*	*
10:00-10:30	*	*	*		*	*	*
10:30-11:00			*		*	*	*
11:00-11:30			*	*	*	*	*
11:30-12:00		*	*		*	*	*
12:00-12:30					*	*	*
12:30-12:45						*	*
12:45-13:00						*	*
13:00-13:30							*
13:30-14:00							*
14:00-14:30							
14:30-15:00							

Tabla 18. Horas de uso de los equipos que consumen vapor en los diferentes ambientes

El uso de los equipos se restringe a las horas en que hay presión de vapor en el sistema, esto es de 6:30 de la mañana hasta las 12:00 del día, hora en que el quemador de la caldera es apagado, según lo muestra la tabla 18. Con el remanente de vapor que queda en la tubería, continúan trabajando algunos equipos de lavandería hasta alrededor de las 2:00 p.m.

En las tablas siguientes se presenta la demanda de vapor en BHP de los ambientes del hospital que lo consumen. Primero sin tomar en cuenta los equipos en mal estado, estos son el autoclave marca Castle de Arsenal Quirúrgico y la lavadora No.1 marca Girbau de Lavandería,

desde tabla 19 hasta tabla 22. Desde la tabla 23 hasta la 25 se presenta la demanda según ambiente de las instalaciones incluyendo los equipos en mal estado.

AMBIENTE ARSENAL QUIRÚRGICO (BHP)			
Horas	Autoclave Hirayama	Autoclave Consolidate	TOTAL
6:30-7:00	1.5	0,8	2.3
7:00-7:30	1.5	0,8	2.3
7:30-8:00	1.5	0,8	2.3
8:00-8:30			
8:30-9:00			
9:00-9:30	1.5	0.8	2.3
9:30-10:00	1.5	0,8	2.3
10:00-10:30	1.5	0,8	2.3
10:30-11:00			
11:00-11:30			
11:30-11:45		6.2	6.2

Tabla19. Demanda de vapor de los autoclaves en funcionamiento del ambiente Arsenal Quirúrgico

AMBIENTE ALIMENTACIÓN Y DIETAS (BHP)	
Horas	Marmitas (2)
6:30-7:00	3,1
7:00-7:30	3,1
7:30-8:00	3,1
8:00-8:30	3,1
8:30-9:00	3,1
9:00-9:30	3,1
9:30-10:00	3,1
10:00-10:30	3,1
10:30-11:00	3,1
11:00-11:30	3,1
11:30-12:00	3,1

Tabla 20. Demanda de vapor de las marmitas del ambiente Alimentación y Dietas

AMBIENTE LAVANDERÍA (BHP)						
Horas	Hervidor	Lavadoras		Secadoras (2)	Planchadores (2)	TOTAL
	artesanal	No. 2	No. 3			
6:30-7:00		11,2			11,6	22.8
7:00-7:30	5,5	11,2	40,9	9,9	11,6	79.1
7:30-8:00		11,2	40,9	9,9	11,6	73.6
8:00-8:30		11,2		9,9	11,6	32.7
8:30-9:00		11,2		9,9	11,6	32.7
9:00-9:30	5,5	11,2		9,9	11,6	38.2
9:30-10:00		11,2	40,9	9,9	11,6	73.6
10:00-10:30		11,2	40,9	9,9	11,6	73.6
10:30-11:00		11,2		9,9	11,6	32.7
11:00-11:30	5,5	11,2		9,9	11,6	38.2
11:30-12:00		11,2		9,9	11,6	32.7

Tabla 21. Demanda de vapor de los equipos del ambiente Lavandería. No se incluye la lavadora No.1 por encontrarse en mal estado

AMBIENTES QUE CONSUMEN VAPOR (BHP)				
Horas	ARSENAL	DIETAS	LAVANDERÍA	TOTAL
6:30-7:00	2.3	3.1	22.8	28.2
7:00-7:30	2.3	3,1	79.1	84.5
7:30-8:00	2.3	3,1	73.6	79
8:00-8:30		3,1	32.7	35.8
8:30-9:00		3,1	32.7	35.8
9:00-9:30	2.3	3,1	38.2	43.6
9:30-10:00	2.3	3,1	73.6	79
10:00-10:30	2.3	3,1	73.6	79
10:30-11:00		3,1	32.7	35.8
11:00-11:30		3,1	38.2	41.3
11:30-12:00	6.2	3,1	32.7	42

Tabla 22. Demandas de vapor por ambiente y demanda total

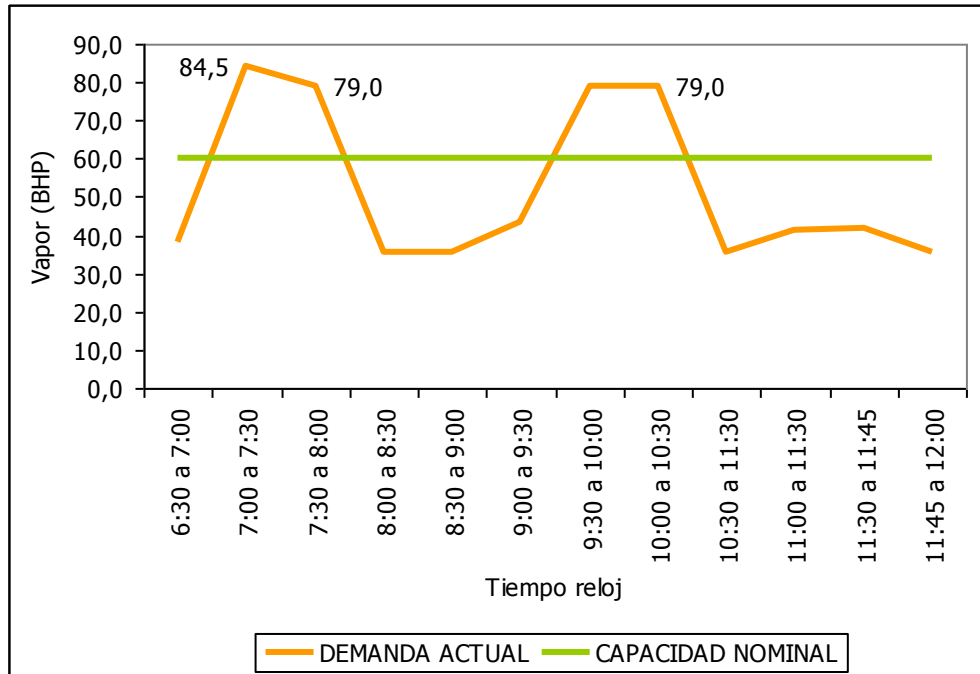


Gráfico 1. Demanda de vapor actual de las instalaciones y capacidad nominal de vapor de la caldera de 60 BHP en uso

El gráfico 1 muestra la demanda actual exigida. No se incluye un esterilizador y una lavadora automática por encontrarse en mal estado.

Ahora se presentan las demandas incluyendo a los equipos que consumen vapor y no están en funcionamiento. Figuran los ambientes de Arsenal Quirúrgico y de Lavandería.

AMBIENTE ARSENAL QUIRÚRGICO (BHP)				
Horas	Autoclave Hirayama	Autoclave Consolidate	Autoclave Castle	TOTAL
6:30-7:00	1,5	0,8	1,1	3.4
7:00-7:30	1,5	0,8	1,1	3.4
7:30-8:00	1,5	0,8	1,1	3.4
8:00-8:30				
8:30-9:00				
9:00-9:30	1,5	0,8	1,1	3.4
9:30-10:00	1,5	0,8	1,1	3.4
10:00-10:30	1,5	0,8	1,1	3.4
10:30-11:00				
11:00-11:30				
11:30-11:45		6,2	8,1	14.3
11:45-12:00				

Tabla 23. Demanda de vapor de los equipos de esterilización en el ambiente Arsenal Quirúrgico, con los 3 autoclaves en funcionamiento

AMBIENTE LAVANDERÍA (BHP)

Horas	Hervidor	Lavadoras			Secadoras (2)	Planchadores (2)	TOTAL
	artesanal	No. 1	No. 2	No. 3			
6:30-7:00		11,2	11,2			11,6	34
7:00-7:30	5,5	11,2	11,2	40,9	9,9	11,6	90.3
7:30-8:00		11,2	11,2	40,9	9,9	11,6	84.8
8:00-8:30		11,2	11,2		9,9	11,6	43.9
8:30-9:00		11,2	11,2		9,9	11,6	43.9
9:00-9:30	5,5	11,2	11,2		9,9	11,6	49.4
9:30-10:00		11,2	11,2	40,9	9,9	11,6	84.8
10:00-10:30		11,2	11,2	40,9	9,9	11,6	84.8
10:30-11:00		11,2	11,2		9,9	11,6	43.9
11:00-11:30	5,5	11,2	11,2		9,9	11,6	49.4
11:30-12:00		11,2	11,2		9,9	11,6	43.9

Tabla 24. Demanda de vapor de los equipos del ambiente Lavandería,
si la lavadora No.1 entrara en funcionamiento

AMBIENTES QUE CONSUMEN VAPOR (BHP)				
Horas	ARSENAL	DIETAS	LAVANDERÍA	TOTAL
6:30-7:00	3.4	3.1	34	50,4
7:00-7:30	3.4	3,1	90.3	96,8
7:30-8:00	3.4	3,1	84.8	91,3
8:00-8:30		3,1	43.9	47,0
8:30-9:00		3,1	43.9	47,0
9:00-9:30	3.4	3,1	49.4	56,0
9:30-10:00	3.4	3,1	84.8	91,3
10:00-10:30	3.4	3,1	84.8	91,3
10:30-11:00		3,1	43.9	47,0
11:00-11:30		3,1	49.4	52,5
11:30-12:00	14.3	3,1	43.9	61,4

Tabla 25. Demandas por ambiente y demanda total de la instalación de vapor con todos los equipos existentes, funcionales y en reparación

El gráfico 2 destaca que la lavadora horizontal, o No 3, porta el 41% de la demanda total de vapor en el hospital. Y el gráfico 3 da cuenta de las sobrecargas por horas con todos los equipos en funcionamiento.

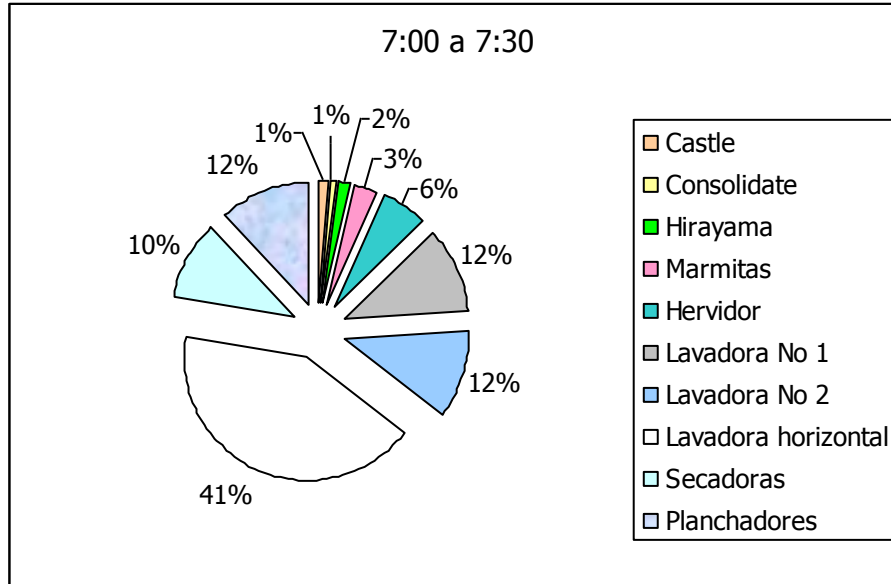


Gráfico 2. Demandas porcentuales de vapor de todos los equipos de la instalación de vapor del Hospital Saldaña a hora de mayor demanda

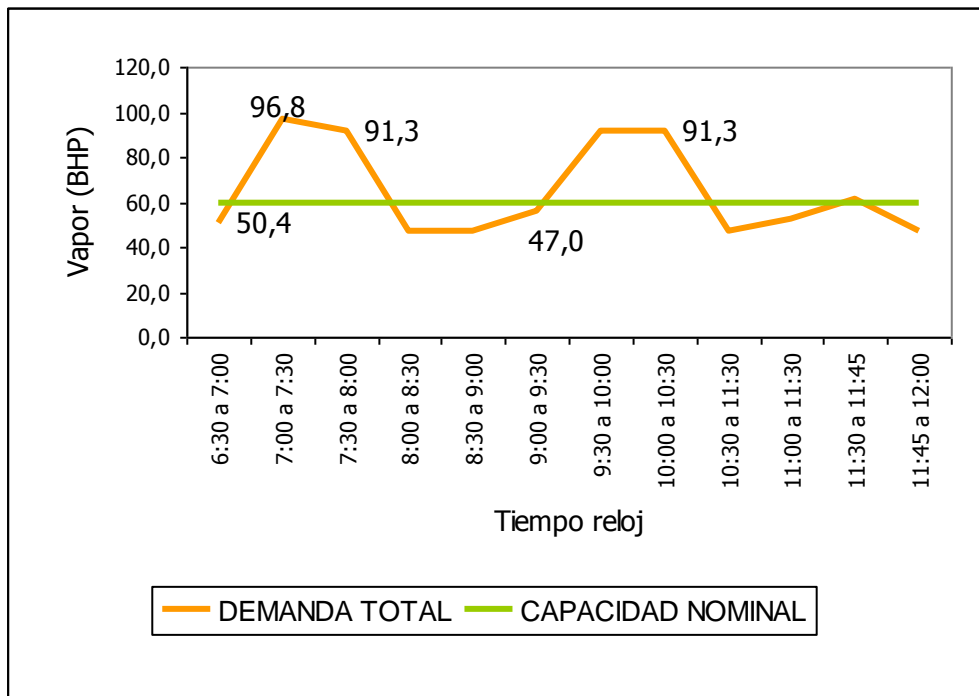


Gráfico 3. Vapor que sería demandado si los equipos en desuso entraran en funcionamiento (línea roja) y capacidad de producción nominal de la caldera (línea verde)

2.1.4 OBSERVACIONES

La distribución de áreas del arsenal quirúrgico presenta cruce de rutas de los materiales contaminados y los estériles.

Todos los equipos con que cuenta Arsenal Quirúrgico son de más de 29 años de uso. Su funcionamiento está limitado por una baja eficiencia que se evidencia en el tiempo excesivo de procesamiento del material para asegurar buena esterilización. Este exceso llega a ser del 100%, lo que ocasiona doble consumo de vapor en cada esterilización de paquetes de cirugía e instrumental quirúrgico.

El tiempo extra de esterilización, el tiempo relativamente corto de disponibilidad del vapor, la indisponibilidad del equipo en reparación y la inexistencia de un destilador de agua apuntan a:

- o mayor consumo de vapor del que habría si los equipos fueran adecuados para las labores y se encontrasen en correcto funcionamiento e,
- o insatisfacción de la demanda que enfrenta Arsenal Quirúrgico en algunos días.

Las condiciones higiénicas de uno de los autoclaves no son adecuadas por presentar oxidación en sus paredes internas.

Dado que el proceso de esterilización de agua se realiza sometiendo a vapor al agua envasada sin tapaderas, hay contacto entre el vapor que entra a la cámara con el agua envasada. Esto en algún momento podría contaminar el agua que se esteriliza con partículas que son arrastradas por la presión de vapor.

Por causa de crecimiento de la demanda hospitalaria interna como externa, dado que se recibe mosquiteros de otro hospital cercano para lavar, se ha instalado un hervidor improvisado que opera manualmente y que gasta casi la mitad del total de vapor que gastan las lavadoras extractoras automáticas que cuentan con una capacidad de carga del cuádruplo del hervidor. Este hervidor no tiene termómetro del agua de lavado.

La etapa de lavado de la ropa es la más crítica en todo el proceso de lavandería, dados los niveles de infestación que puede contener. Esta etapa está siendo afrontada por la lavadora automática No 2 y la lavadora manual No 3. La lavadora automática No 1 se encuentra en mal estado de funcionamiento. La lavadora No 4 es de tipo doméstico y no tiene conexión de vapor, indispensable en la desinfección completa de las prendas, es por lo tanto secundaria. La inhabilidad de la lavadora No 1 provoca sobrecarga en las otras dos, dadas las cantidades de ropa que se manejan diariamente, que promedian 1200 libras. La ropa que queda pendiente de lavado en el recinto de lavandería hasta el día siguiente se constituye en un foco de infección. Además, dada la necesidad de respuesta a la demanda, puede en algún momento tenderse a la sobrecarga de las lavadoras No 2 y No 3.

La lavadora No 3 es de uso manual. Su termómetro está defectuoso, pues indica 95 °F a temperatura ambiente de 80 °F. Su consumo de vapor es el más alto de todos los equipos de lavandería, pero el tiempo de válvula abierta es limitado a una hora por cada dos horas de ciclo de lavado. Además su capacidad es muy alta, del doble de las automáticas y, mientras las automáticas trabajan a 176 °F (80 °C) a presión atmosférica, la No 3 puede llegar hasta 205 °F (96 °C) a presión atmosférica. La No 3 es más utilizada para el caso de prendas infestadas con virus VIH.

Las secadoras en uso presentan fugas en su serpentín de cobre.

Según lo encontrado, las horas de mayor demanda de vapor son entre 7:00 y 8:00 y entre 9:30 y 10:30 de la mañana, horas en que es abierta la válvula de vapor de la lavadora No 3. Esta lavadora consume 40.9 BHP, el 41% del total de consumo de 7:00 a 7:30 (gráfico 2). Las horas de válvula abierta en lavadora 3 pueden variar a lo largo de la mañana.

Tomando del gráfico 1:

$$84.5-40.9=43.6$$

$$79-40.9=38.1$$

Tomando del gráfico 3:

$$96.8-40.9=55.9$$

$$91.3-40.9=50.4$$

Aunque trabajasen todos los equipos, aún los que están cesantes por mal estado, si la lavadora No 3 no funcionara la demanda de vapor sería menor a la capacidad nominal de caldera.

4.2 PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS

4.2.1 ARSENAL QUIRÚRGICO

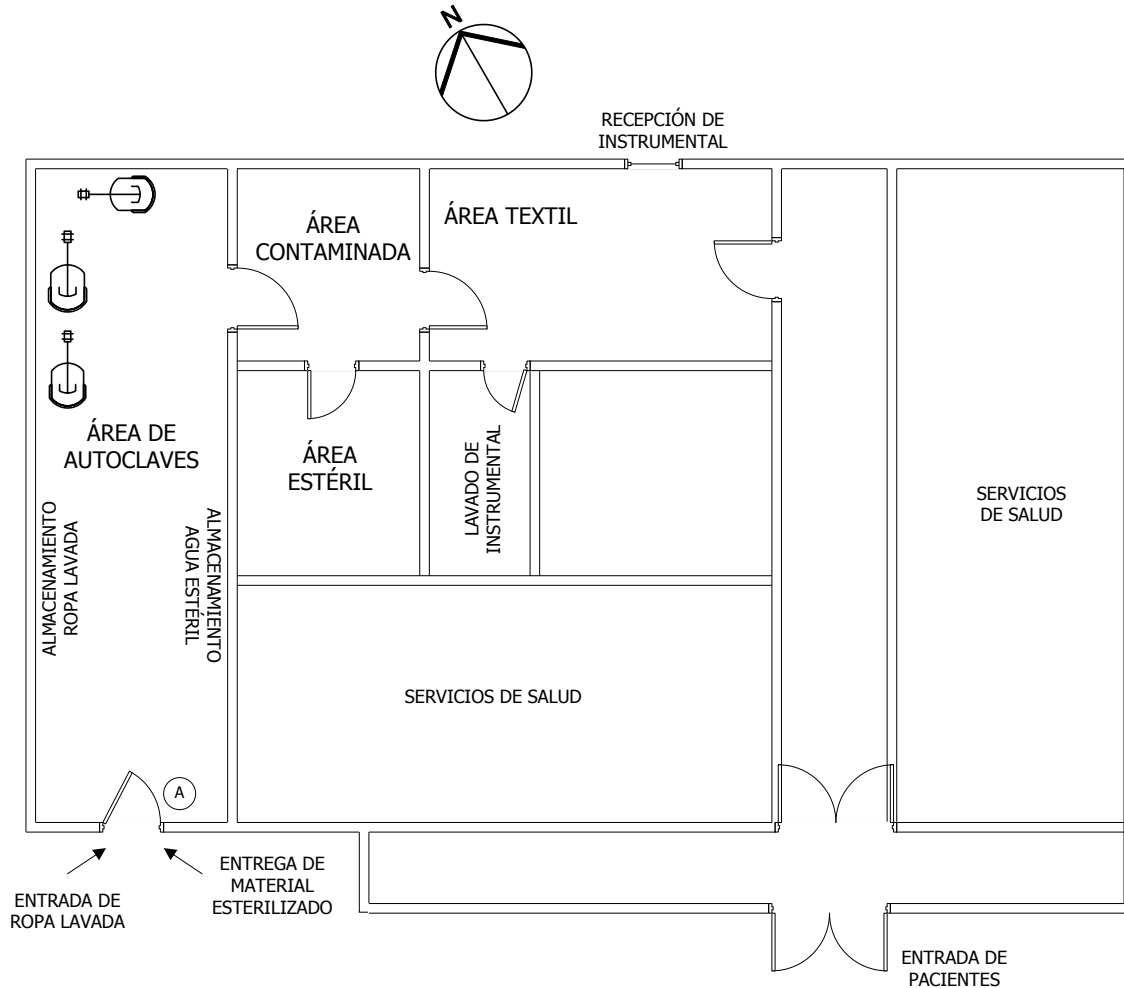


Figura 1. Distribución de las áreas del Arsenal Quirúrgico ubicado en el Centro Quirúrgico del Hospital Neumológico

La figura 1 muestra la distribución de áreas del Arsenal Quirúrgico ubicado dentro del Centro Quirúrgico del Hospital Saldaña. El objetivo del Arsenal Quirúrgico es esterilizar la ropa de uso hospitalaria que ocupan pacientes, cirujanos y enfermeros en la sala de cirugías, y también los instrumentos que ocupa el cirujano en una intervención quirúrgica, además esterilizar el agua necesaria para esta actividad.

Las áreas componentes del arsenal son cinco:

- a. autoclaves,
- b. contaminada o de preparación,
- c. textil,
- d. recibimiento de material contaminado y
- e. estéril.

a. El área de autoclaves es la zona en la que está la instalación física de los equipos esterilizadores. Estos equipos esterilizan ropa, instrumentos metálicos usados en cirugía, emergencia, suturas y curación. Esta área tiene comunicación con el exterior del plantel por la puerta A de la figura * y es a través de esa puerta que ingresa la ropa hospitalaria lavada. Es colocada en un estante, indicado como "almacenamiento de ropa lavada" en la figura* para esperar su turno de ser empaquetada en el área de preparación. A través de esa puerta también se entrega el material estéril en horarios 7:30 a 8:30 am y 5:00 a 5:30 pm. El acceso es negado al público en esta puerta.

b. El área contaminada es llamada así por contener material no estéril. En esta área se encuentra la mesa preparatoria de los paquetes de cirugía general y de los instrumentos de cirugía y de los servicios externos que han de ser esterilizados.

Un paquete de cirugía general comprende:

- 1 sábana hendida
- 12 campos estériles corrientes
- 4 medias sábanas
- 3 gabachones
- 1 bolsa lona
- 10 compresas
- 1 funda
- 1 toallita

Cada paquete es rotulado con su fecha de elaboración y de caducación de su vida útil.

c. El área textil o de ropa es de almacenamiento de ropa hospitalaria lavada recibida por la puerta A, doblada en forma técnica en el área de preparación. Esta ropa es la que ocupan los

empleados de esta área del hospital y todo visitante que entra a las instalaciones del Centro Quirúrgico. También los paquetes de cirugía general que se alistaron en el área contaminada se encuentran aquí. Frente a esta área se encuentra un cuarto de lavado de instrumental quirúrgico usado en el Centro Quirúrgico. Luego de ser lavado es pasado al área contaminada para su preparación y almacenamiento en espera de la esterilización.

d. El área de recibimiento de material contaminado es una parte del corredor junto al área textil, comprendido por la ventana B, que es abierta para la recepción de instrumentos de servicios internos al hospital pero externos al Centro Quirúrgico, estos son sutura, emergencia y curación. En seguida pasa al área contaminada para ser empacado con doble cubierta y almacenado.

e. El área estéril contiene todo lo que ha pasado por el proceso de esterilización en los autoclaves. Es un área refrigerada que siempre está cerrada.

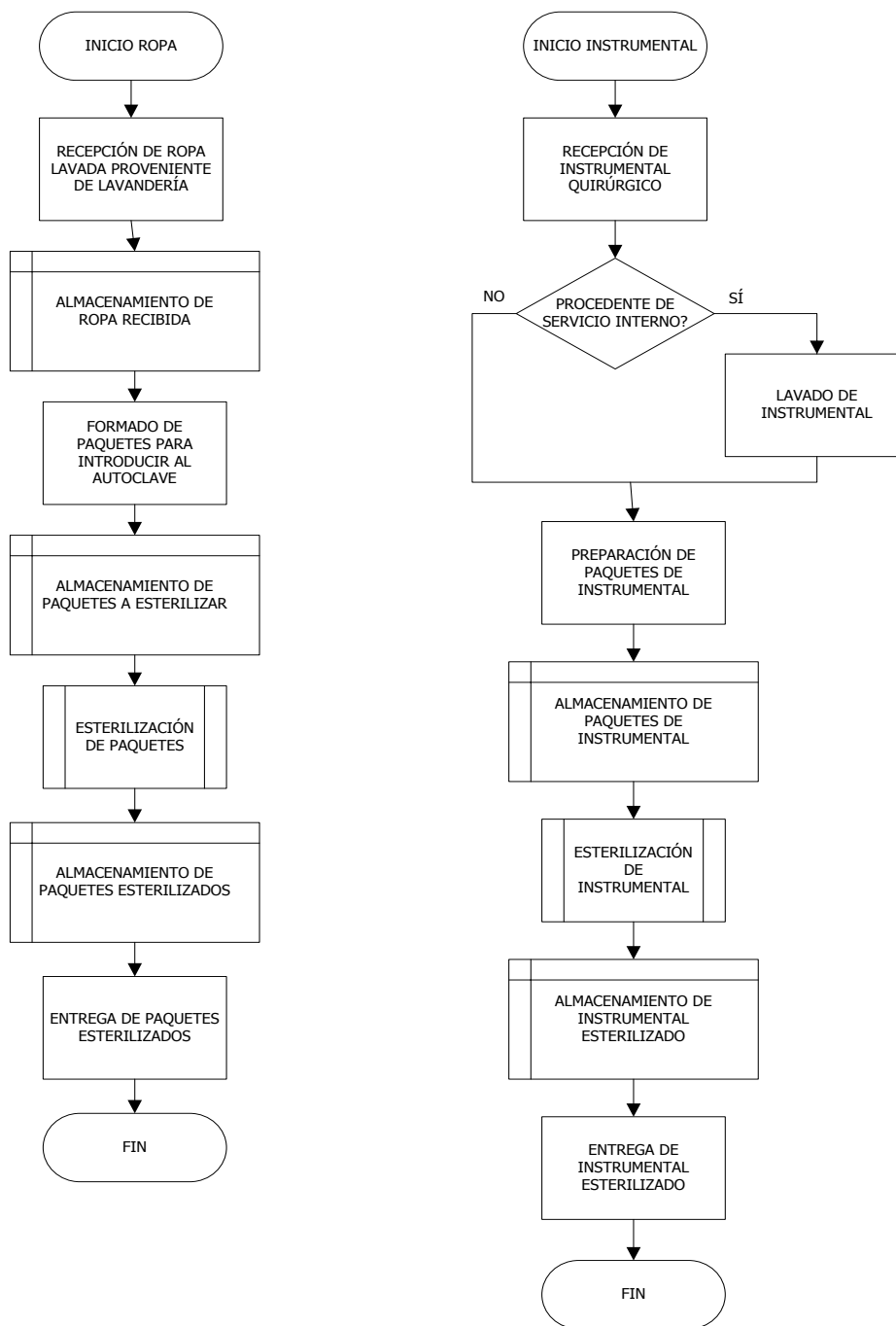


Figura 2. Procedimientos diarios de Arsenal Quirúrgico.

Para una mejor comprensión de los flujogramas de proceso puede verse el anexo 7.

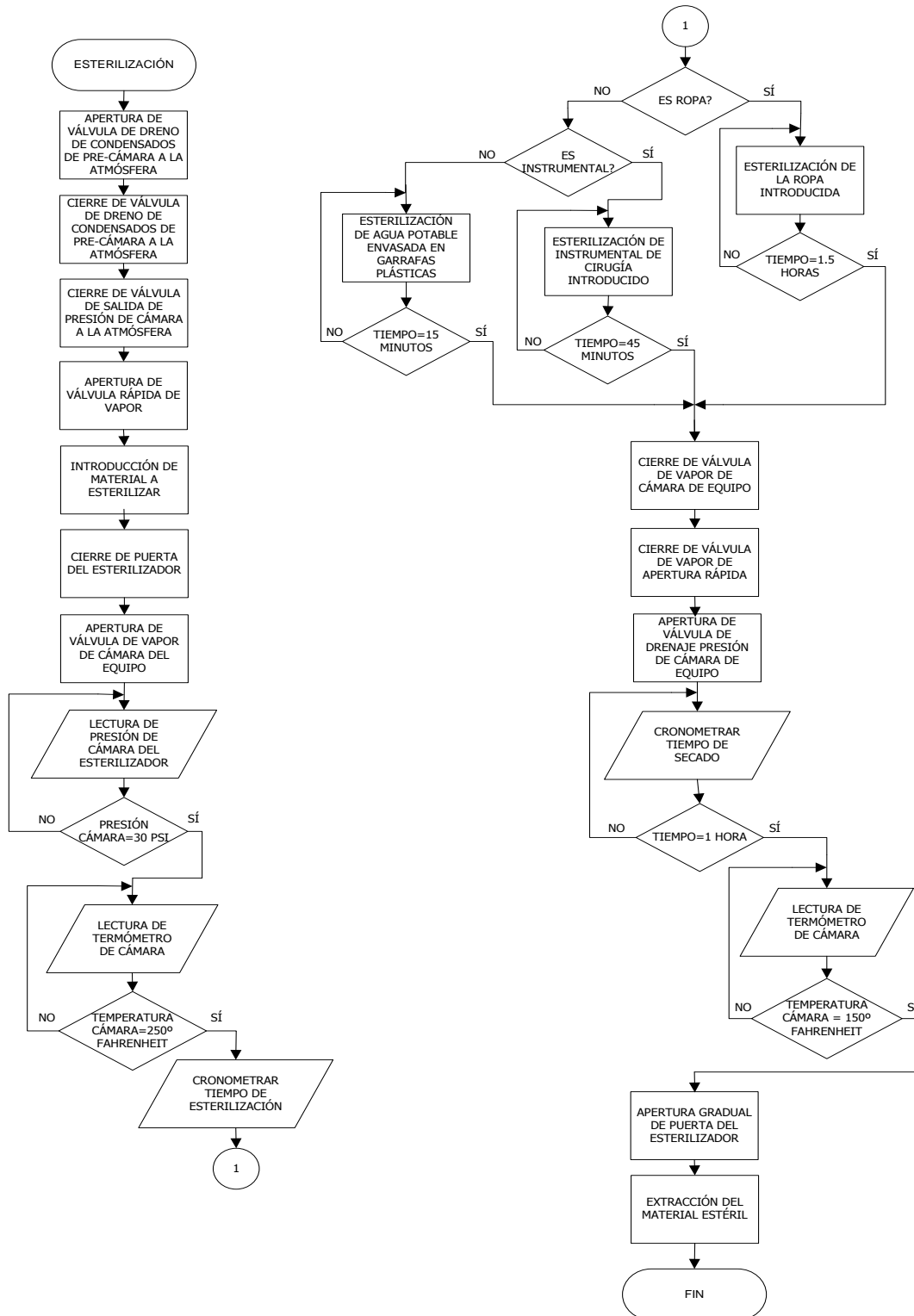


Figura 3. Procedimiento de esterilización utilizando los autoclaves de Arsenal Quirúrgico. Es en este proceso que tiene presencia el vapor que Sala de Calderas produce

La figura 2 muestra los procedimientos diarios de la sección de Arsenal dentro del Centro Quirúrgico. Son dos, según sea lo que ha de esterilizarse: ropa o instrumentos. Los procesos predefinidos de esterilización se muestran en la figura 3 e incluyen la esterilización de agua. Hay tres autoclaves dentro de este departamento, pero uno no funciona por no tener puerta (fotografía 12) y está instalado pero se usa como contenedor solamente.



Fotografía 12. Autoclave marca Castle. Fuera de funcionamiento

El autoclave de la fotografía 13 sí funciona, aunque tiene una deformidad en la parte baja de la puerta. Este es el de menor capacidad volumétrica, 108 litros. Este autoclave presenta defecto en el manómetro de pre-cámara, indica 20 psi a una presión de 30 psi leídos en el manómetro de la instalación de tubería.

El autoclave de la fotografía 14 es el de mayor tamaño, 624 litros, presenta una fuga de vapor en la puerta por sello en mal estado.



Fotografía 13. Autoclave marca Consolidate en funcionamiento



Fotografía 14. Autoclave Hirayama. Presenta fuga de vapor en la puerta que se condensa y escurre hasta los depósitos colocados al pie

AUTOCLAVE HIRAYAMA						
Esterilización tela e instrumentos	Secado autoclave	Esterilización tela e instrumentos	Secado autoclave	Tiempo requerido		
				minutos	horas	
90	60	90	60	300	5	

AUTOCLAVE CONSOLIDATE						
Esterilización tela	Secado autoclave	Esterilización tela	Secado autoclave	Esterilización agua	Tiempo requerido	
					minutos	horas
90	60	90	60	15	315	5,25

Tabla 26. Tiempos de operación en minutos con funcionamiento deficiente según se encuentran actualmente, para una jornada total de cinco esterilizaciones al día si el vapor se tiene de 6:30 am hasta las 12:00 m



Fotografía 15. Agua esterilizada reposando en la sala de autoclaves

En ausencia de un destilador de agua, se procede a purificarla por esterilización en lo autoclaves durante quince minutos en garrafas plásticas. Hasta ahora no ha habido problema de contaminación por este agua que no es almacenada en la sala estéril, sino en un estante ubicado en la sala de autoclaves (fotografía 15), cerca de la puerta A (figura 1).



Fotografía 16. Ropa lavada recién llegada a la sala de autoclaves

La ropa que sale de lavandería va desinfectada con lejía y hervida. Es ropa limpia, aún así se le clasifica como ropa "contaminada" por no haber sido esterilizada con vapor en seco. La fotografía 16 muestra el estante de ropa "contaminada" en espera de ser llevada al área de preparación para ser envuelta en paquetes de cirugía general.



Fotografía 17. Paquetes de cirugía general recién esterilizados esperando su traslado a la sala estéril

Cuando los paquetes de cirugía general ya han sido esterilizados, secados y enfriados, se extraen del autoclave y se colocan en un carrito (fotografía 17) para luego trasladarlos a la zona estéril.

4.2.2 ALIMENTACIÓN Y DIETAS

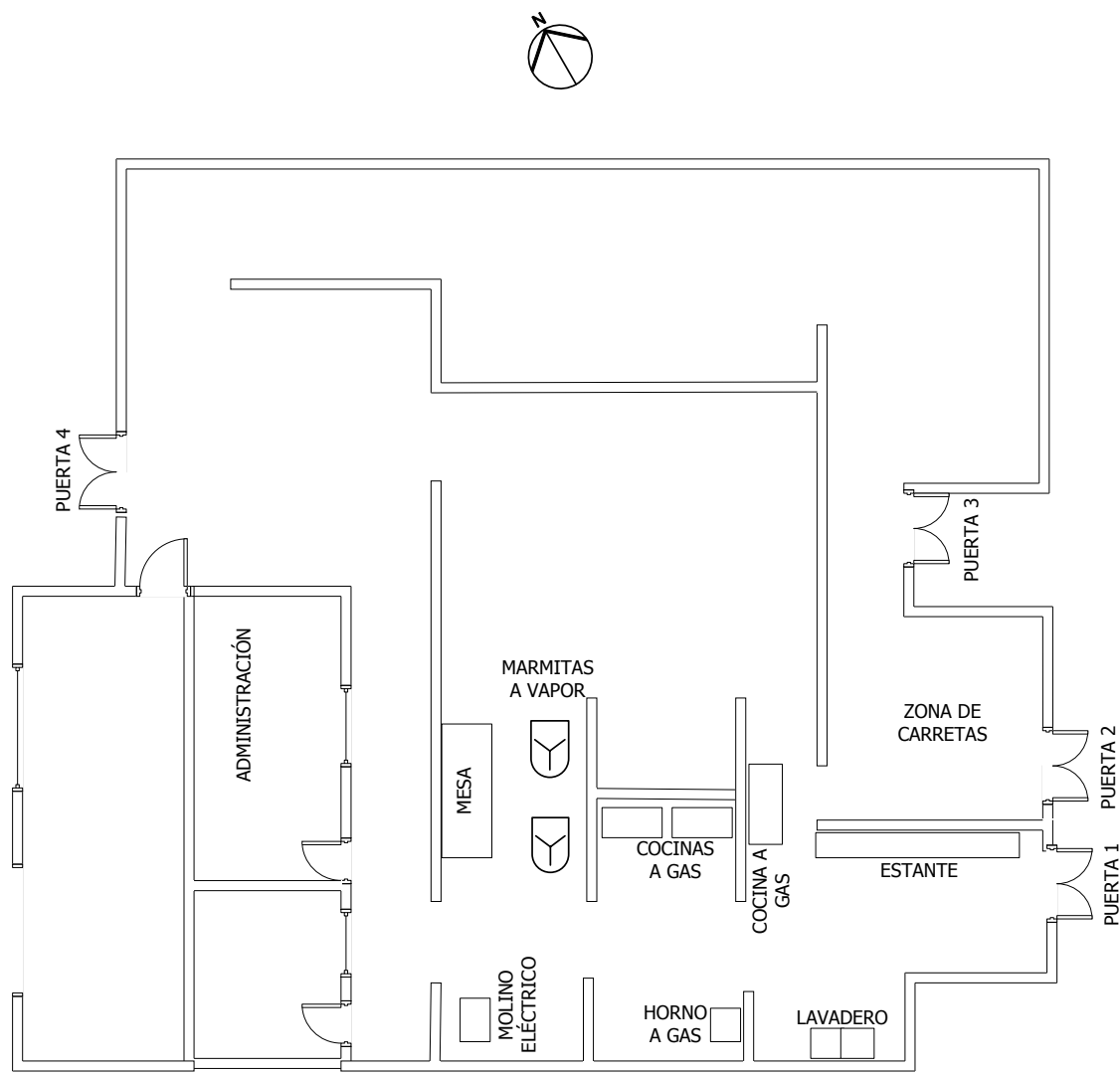


Figura 4. Esquema descriptivo de las instalaciones del departamento de Alimentación y Dietas

El departamento de Alimentación y Dietas surte los alimentos a los internos de los diferentes pabellones del hospital. En alimentación y dietas se trabaja a base de gas propano y vapor como energéticos para la cocción. Las cocinas de gas propano son 3 cocinas, 1 horno, 2 planchas para tortillas, y las de vapor son dos marmitas de balancín marca Groen de 40 galones cada una.

Las dos marmitas que se encuentran en la cocina de este departamento trabajan sin parar desde las 6:30 am hasta las 12 m, cuando finaliza la presión en el sistema de vapor. Las marmitas no son tapadas mientras se da la cocción.

Cuando la cocción ha llegado a su fin, el alimento es sacado de la marmita para proceder a servirlo en platos para luego ser llevado a los pacientes internos del hospital, cuando es la hora de comer; si se trata de alimentos que no se sirven en seguida, se extraen y se depositan en ollas. En seguida, la marmita es lavada y preparada para la siguiente cocción. El entretiempo de un ciclo de cocción a otro es de escasos 6 minutos. La figura 5 muestra el diagrama de flujo de proceso del trabajo que se realiza en relación con los equipos que usan vapor.

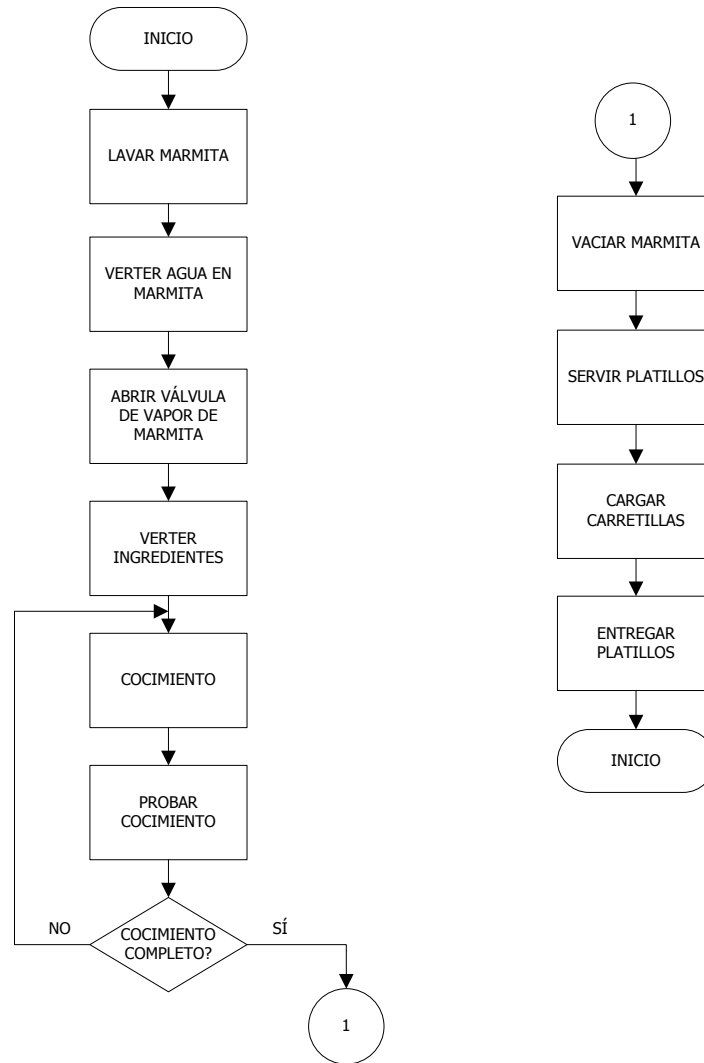
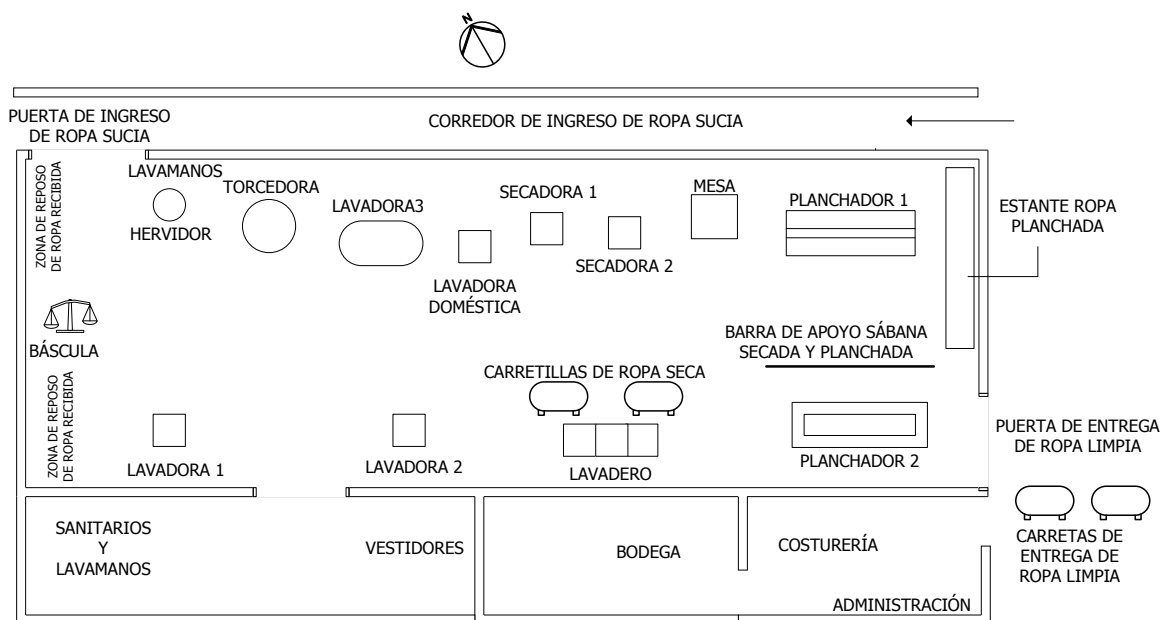


Figura 5. Procedimiento de cocina usando las marmitas de vapor que se encuentran en la sección de Alimentación y Dietas

4.2.3 LAVANDERÍA

La lavandería del hospital procesa ropa hospitalaria (esta es la que ocupan los internos, los médicos, enfermeros y demás empleados que realizan labores que requieren del uso de este tipo de ropa), sábanas de camas de los internos, mosquiteros, compresas y además recibe mosquiteros del Hospital del Instituto Salvadoreño del Seguro Social. De cuando en cuando también lavan ropa particular de los médicos cuando es manchada de sangre y ropa de los internos que ingresan. Esta última es almacenada en bodega y es entregada cuando el interno sale. Se lava un promedio de 1200 libras de ropa diariamente.



F

Figura 6. Departamento de lavandería

La figura 6 muestra la ubicación de equipos y demás enseres del departamento de lavandería. De todos los equipos, solamente la lavadora doméstica, la báscula y las máquinas de costura no consumen vapor. Lavandería se constituye en el más alto consumidor de vapor de toda la red hospitalaria con 9 equipos que funcionan a base de vapor.

La ropa sucia ingresa embolsada por el corredor ubicado al norte del plantel y entra por la puerta de ingreso de ropa sucia, donde inicia el proceso de lavado. El proceso termina en la entrega de lo ingresado (ropa, sábanas, compresas y mosquiteros) por la puerta de entrega de

ropa limpia. Esta entrega se realiza llevando las carretillas llenas a los diferentes puntos del hospital, cuando es servicio interno, o entregando a los empleados del Instituto Salvadoreño del Seguro Social que llegan para tal efecto, cuando es un servicio externo.

No existe una frontera sólida que separe zona contaminada de zona limpia, el personal no usa equipo de protección personal (guantes, mascarillas)



Fotografía 18. Báscula utilizada para pesar la cantidad de ropa a introducir en las lavadoras

La báscula de la fotografía 18 está al principio del proceso, después de la recepción. Con esta se mide el peso de la tanda de ropa que se aplica a cada lavadora, para no sobrepasar sus capacidades.



Fotografía 19. Hervidor artesanal utilizado en lavandería para lavar mosquiteros y ropa no muy sucia

Algunas prendas no necesitan de la agitación que provee la máquina lavadora, por no encontrarse muy sucia. Este es el caso de los mosquiteros y alguna ropa que, se sabe por el personal que la entrega, no ha tenido contacto con materia infecciosa. Estas prendas no pasan por lavadora, sino que se sumergen en un balde metálico que tiene una línea de vapor que penetra en él y surte vapor vivo para hacer hervir al agua (fotografía 19). Se añade jabón detergente y blanqueador según el caso. Se remueve las prendas con un palo para permitir mejor acción de lavado en el hervor.

Lavandería cuenta con 3 lavadoras industriales que consumen vapor, dos son automáticas y una es manual. De las automáticas una se encuentra en mal estado (fotografía 20).



Fotografía 20. Lavadora automática marca Girbau en mal estado.
Controlada como lavadora 1 en figura 5



Fotografía 21. Fotografía de la lavadora automática marca Girbau en uso
Controlada como lavadora 2 en figura 5



Fotografía 22. Tablero de control de las lavadoras automáticas Girbau

La fotografía 21 muestra la lavadora automática marca Girbau que se encuentra en uso. Esta lavadora opera según el programa seleccionado de la tabla 22 e introducido en su tablero (fotografía 22).

Programa	Vapores	Tipo de ropa	Tiempo (minutos)	Añade
21	1	Nueva, frazada, empleados, cambios	40	Detergente
22	0	Gabachas	40	Detergente
24	2	De graves	80	Detergente, blanqueador y secuestrante

Tabla 27. Programas de lavado automático seleccionables de las lavadoras No 1 y No 2

Las lavadoras Girbau del hospital tienen una capacidad de carga de 125 libras de ropa cada una, pero son cargadas hasta 120 libras.



Fotografía 23. Lavadora manual en uso
Controlada como lavadora 3 en figura 5

La lavadora de la fotografía 23 es manual. Su conexión eléctrica es para el motor que proporciona la rotación de la tómbola. Presenta apertura manual de válvulas de agua, drenaje y vapor. En esta lavadora, un ciclo de lavado dura aproximadamente dos horas. Se usa en los casos de prendas más infecciosas porque admite temperaturas de arriba de 200 °F y su capacidad es de 300 libras de ropa, pero se carga hasta 250 libras.

La ropa que sale de esta lavadora es introducida en la torcedora, una máquina eléctrica que somete a las prendas a movimiento de rotación a alta velocidad para exprimir las por acción centrífuga. Esta máquina tiene una capacidad de 50 libras de ropa.



Fotografía 24. Una de las secadoras marca Girbau

Las secadoras del hospital son también marca Girbau (fotografía 24) y tienen una capacidad de carga de 50 libras de ropa cada una. La ropa lavada ya no vuelve a pesarse, de manera que el personal tantea la carga que introduce a la secadora procedente de la torcedora o de la lavadora 2. El accionamiento de las secadoras es por medio de un timer que indica los minutos que funcionará, selector de temperatura, y opción de caliente o frío (fotografía 25). Se utiliza solamente la opción de caliente. Una de las secadoras funciona mal, pues se detiene antes de llegar el tiempo indicado.



Fotografía 25. Control de las secadoras

El planchador 2 funciona también como secador (fotografía 26), por lo tanto recibe sábanas mojadas, pero no puede planchar ropa. Este planchador reduce la labor de secado de las secadoras, pero no elimina el trabajo de la torcedora que reduce la cantidad de agua por prenda. En cambio, el planchador 1 (fotografía 27) procesa sábanas y ropa, pero necesita que la prenda le llegue seca. Por lo tanto, plancha la ropa que sale de la secadora. El personal la introduce doblada y sale lista para almacenarse.



Fotografía 26. Planchador 2. Planchador que funciona también como secador



Fotografía 27. Planchador 1. Planchador que recibe sólo ropa seca

El proceso completo está esquematizado en el diagrama de flujo de proceso de la figura 7. Toda la ropa hospitalaria, sábanas, compresas y torundas son elaboradas en la costurería.

Las sábanas y ropa blanca tienen un distintivo pintado que identifica su lugar de pertenencia, según pabellones. También hay ropa de color verde que pertenece a Arsenal Quirúrgico.

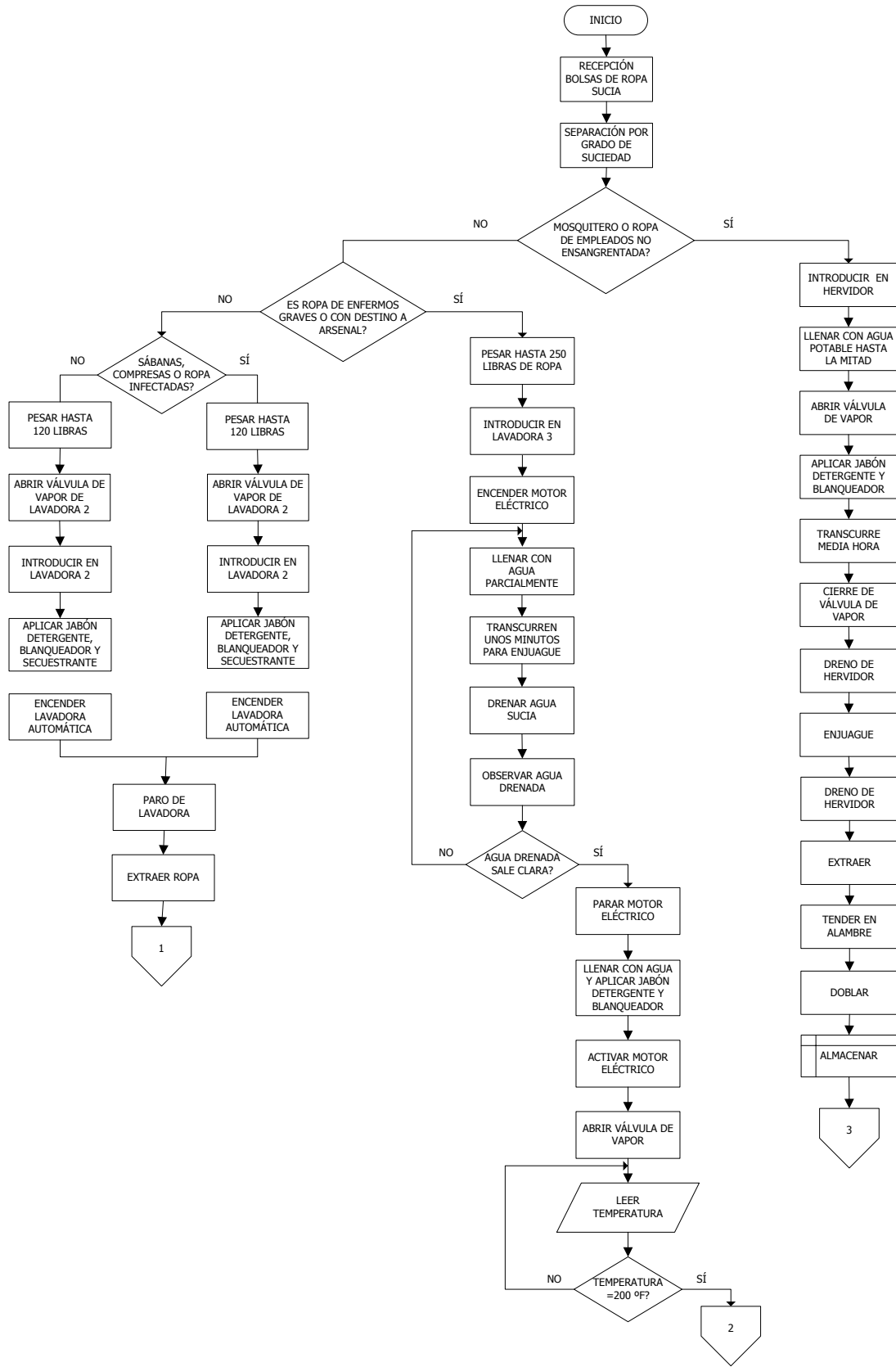


Figura 7. Procedimiento de operación del departamento de lavandería

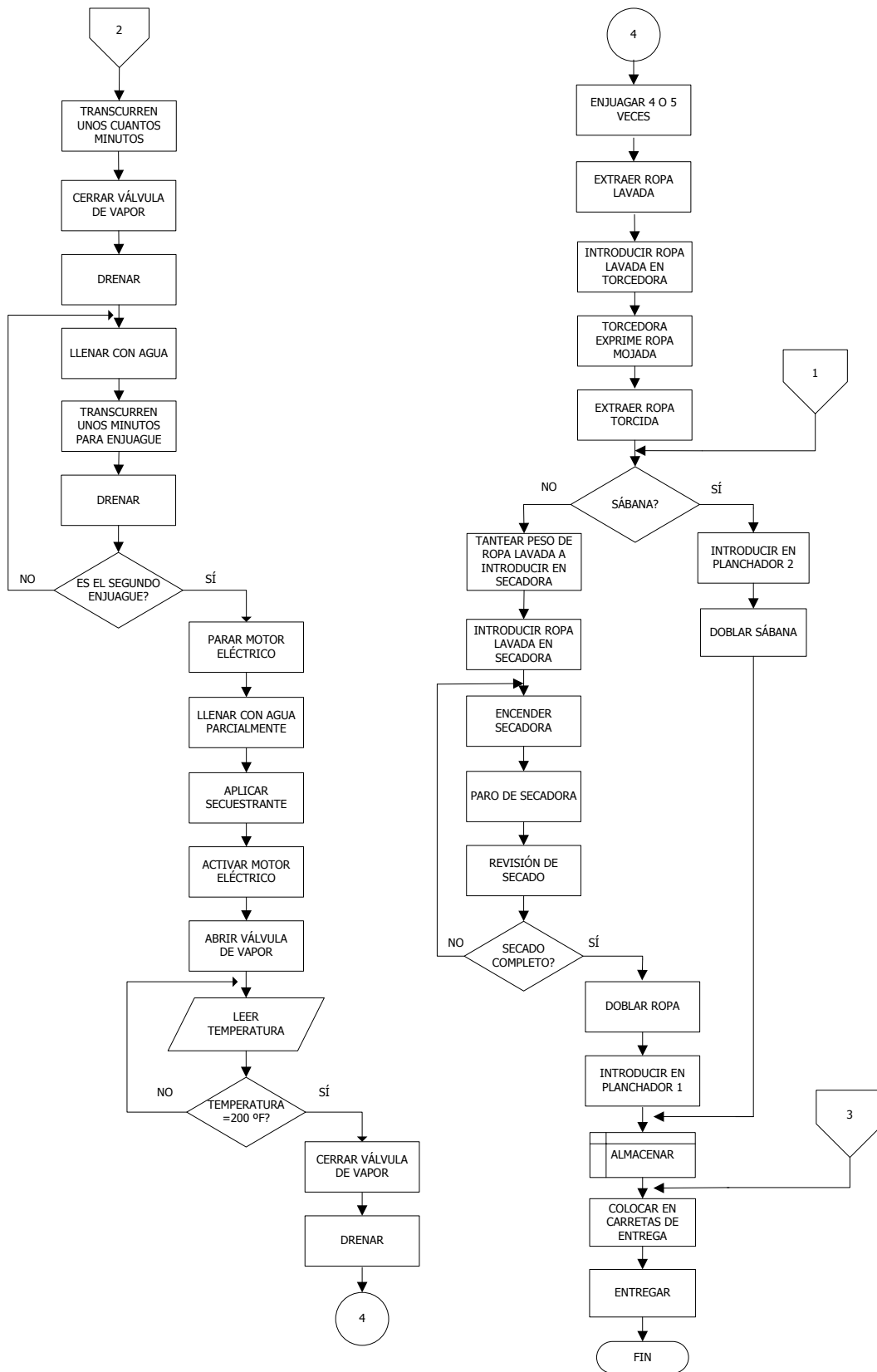


Figura 7. Procedimiento de operación del departamento de lavandería

4.2.4 OBERVACIONES

El servicio de Arsenal Quirúrgico se encuentra instalado en un área improvisada que era corredor del edificio de una planta del Centro Quirúrgico del hospital y que fue acondicionada y anexada al edificio. La parte del techo que limita con el siguiente edificio presenta una entrada de aire que permite el ingreso de polvo y agua lluvia al área de autoclaves.

Según datos proporcionados por los usuarios de los autoclaves, cuando estos funcionaban bien, se realizaba una esterilización de ropa en 45 minutos, ahora se hace en 90 minutos para asegurarse de que la calidad del esterilizado es suficiente. Igual con el tiempo de secado del autoclave, era de 30 minutos, ahora es de 60.

El volumen disponible para esterilización es actualmente de 732 litros. Si los tres autoclaves funcionaran, se tendría 900 litros de espacio para esterilización, esto indica una reducción de volumen de $\frac{168}{900} * 100 = 18.67\%$ y el incremento en tiempo en cada esterilización es del 100%.

Actualmente se logra hacer cinco esterilizaciones con los dos equipos en función. La demanda de los autoclaves no es satisfecha, pues queda material sin esterilizar del día.

La esterilización de agua envasada presenta sus inconveniencias:

- o Las garrafas se introducen sin tapón para permitir la evaporación, esto implica que hay contacto del agua con el vapor, lo que podría contaminar al agua que intenta purificarse.
- o El tiempo de esterilización de agua es de escasos 15 minutos para reducir la evaporación en lo posible. No se tiene control del agua en tratamiento. No puede saberse si hierve a los quince minutos, antes o después. No hay que olvidar la deficiencia que sufre el autoclave.
- o Hasta el momento no se han presentado problemas derivados de agua impura, pero el personal manifiesta la necesidad de un destilador de agua.

La cobertura de agua a esterilizar es de 8 galones diarios. Según el personal, se necesita ampliar a 16 galones.

Las bolsas en que es depositada la ropa sucia en los puntos de despacho no tienen un color que identifique el grado de infección del contenido, pero las prendas contaminadas con virus VIH son marcadas con un rótulo adherido con cinta adhesiva que en el manejo podría despegarse, ya que las bolsas son amontonadas en el recinto y cuando son muchas se colocan una sobre otra

Alguna vez se derrama ropa ensangrentada en el piso. La zona contaminada, donde es recibida la ropa sucia, no está aislada de la zona limpia. El paso es libre de una zona a otra y las bacterias infecciosas que se encuentran en el suelo por causa del contacto de la ropa ensangrentada viajan en los zapatos hasta la zona limpia, donde hay ropa y sábanas lavadas que en ocasiones tocan el suelo

El manejo de la ropa infecciosa se hace con protección corporal: gabachón, guantes, gorro de tela, mascarilla para nariz y boca. Solamente el empleado que manipula las bolsas e introduce la ropa infestada a las máquinas de lavado se protege. Este mismo empleado en ciertos momentos pasa a la zona limpia y después de tocar el equipo de protección, toca la ropa lavada

El personal trabaja con ropa uniforme que se muda al final del día. Pero los zapatos no están incluidos en esta medida, de manera que el empleado sale con sus zapatos sucios camino de su casa

La máquina lavadora No 3 mantiene expuesto su sistema de cadenas y fajas, y el sistema de control eléctrico carece de protección al contacto. Esto puede ocasionar un daño accidental en las personas que trabajan en sus cercanías

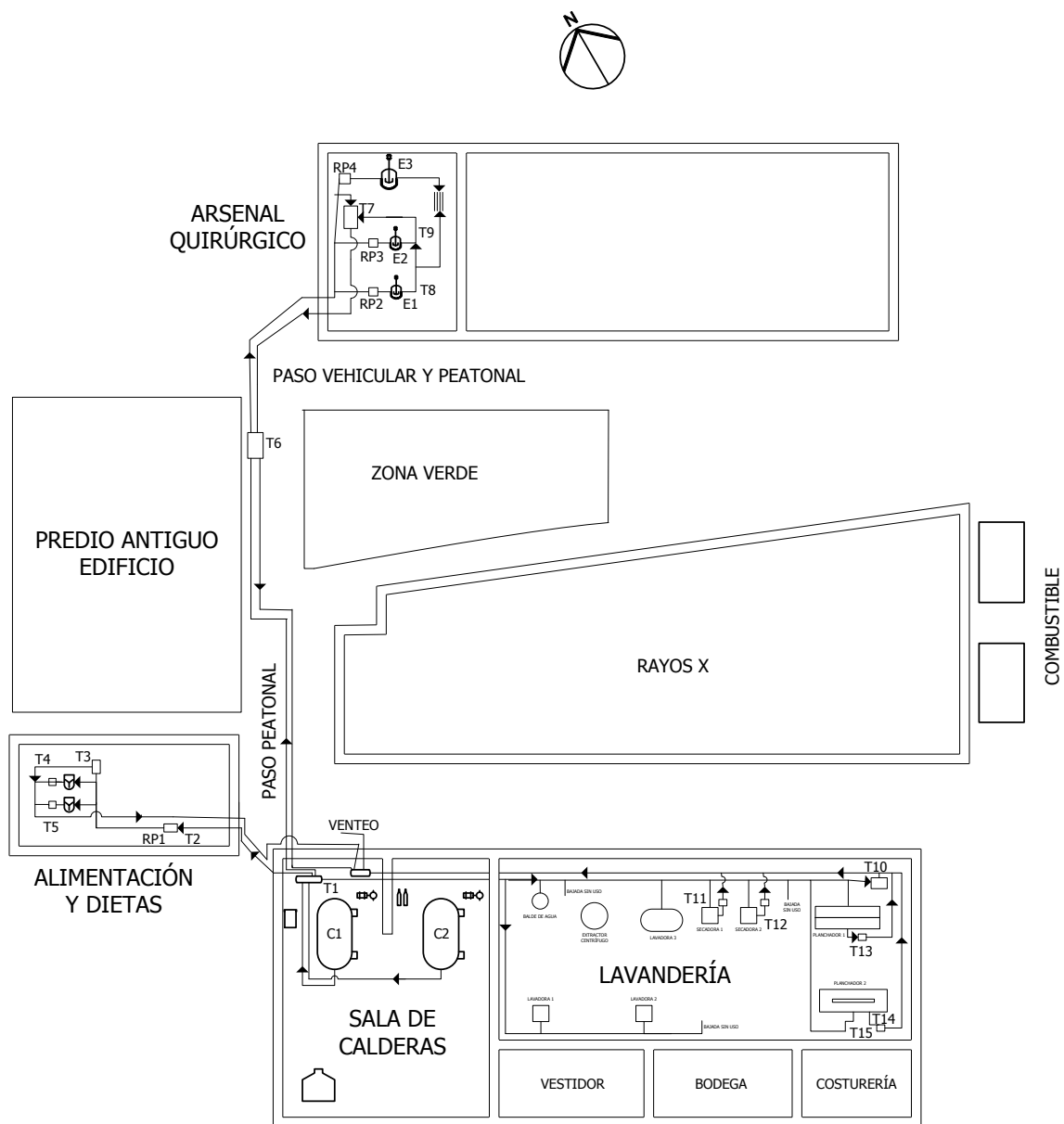
El funcionamiento de la lavadora No 3 genera una nube de vapor que se estaciona en el recinto de lavandería, baña al personal, reduce la visibilidad y humedece la instalación eléctrica de

alumbrado, el aislamiento térmico y las carcasas de las máquinas, lo que podría provocar un accidente de trabajo

Hay tres tomas de vapor sin conexión en máquina alguna, en el departamento de lavandería

4.3 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

El sistema de distribución de vapor surge de la sala de calderas para tres puntos de servicio. Estos son arsenal quirúrgico, cocina y dietas, y lavandería, según se observa en la figura 8.



Fi

Figura 8. Esquema de las instalaciones de vapor en el Hospital Saldaña
(Ti: trampa; RPi: reductor de presión; Ei: esterilizador)

4.3.1 INSTALACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

Los diámetros nominales de las tuberías son tres cuartos de pulgada, para la de vapor, y media pulgada para el retorno de condensados en toda la red.

SEGMENTO CON DESTINO A ARSENAL QUIRÚRGICO



Fotografías 28 y 29. Líneas de distribución de vapor y retorno de condensados de arsenal quirúrgico. Las flechas y el círculo indican puntos de discontinuidad del aislamiento térmico

La línea de distribución del vapor para Arsenal Quirúrgico debe recorrer 40 metros de separación desde la sala de calderas. Esta línea está expuesta a la intemperie y está colocada en la forma que muestran las fotografías 28 y 29. Según lo señalan el círculo y las flechas, el aislamiento está abierto a la intemperie. Esto se observa en casi toda la línea y en las partes más accesibles puede notarse la corrosión de la tubería provocada por la lluvia.



Fotografía 30. Tramo de tubería de vapor y retorno de condensado que cruza sobre el predio que ocupara un edificio que fue demolido. Nótese la deflexión vertical señalada por el círculo rojo

SEGMENTO CON DESTINO A ALIMENTACIÓN Y DIETAS

Anteriormente existió un edificio en el área que en la fotografía 30 parece ser un predio baldío. Este edificio servía de soporte a la línea de vapor. Fue demolido por estar dañado y la línea se instaló de la manera que se muestra. El círculo rojo denota una deflexión vertical de la tubería en la zona de la estación de trampeo. La reconstrucción del edificio está en proyecto y se piensa colocar adherida a él las tuberías de vapor y condensado.



Fotografías 31 y 32. Segmento de tubería de retorno de condensado proveniente de la sección de Alimentación y Dietas completamente expuesto a la atmósfera

La línea de vapor para el área de Alimentación y Dietas está debidamente aislada casi en su totalidad, pero la línea de retorno de condensado presenta una trayectoria expuesta al aire y a la tierra, como lo indica las fotografías 31 y 32. La longitud expuesta es de 4.25 metros.

SEGMENTO CON DESTINO A LAVANDERÍA

Debido a que lavandería linda con sala de calderas, toda la tubería va bajo techo atravesando las paredes de esta última, está forrada con aislamiento térmico, pero pasa cerca de varios ventanales abiertos y en invierno recibe agua, esto se ve en la fotografía 33. La fotografía 34 muestra un segmento de aislante térmico deteriorado por la humedad que recibe.



Fotografía 33. Ventanales de ventilación posicionados al lado norte en lavandería



Fotografía 34. Segmento de aislante térmico deteriorado por el agua que penetra al recinto de lavandería en invierno a través del ventanal sin protección

El sistema de retorno de condensados es del tipo de vaporización instantánea. El condensado es impulsado por la presión del vapor a través de la tubería de retorno desde todos los puntos de trapeo hasta el tanque de vaporización instantánea, donde la presión decae hasta la atmosférica a través del tubo de venteo y se genera vapor flash.



Fotografía 35. Tanque de vaporización instantánea del sistema de retorno de condensados

Este tanque de condensados muestra una emanación excesiva de vapor que puede indicar la falla de una o más trampas de vapor. El detalle de las trampas de vapor del sistema completo se observa en la tabla 29.

4.3.2 CÁLCULO DE PÉRDIDA DE CALOR EN TUBERÍAS

Diámetro nominal de la tubería (pul)	Pies ² de superficie exterior de tubería por pie lineal	Diferencia de temperatura (°F)								
		50	100	150	200	250	300	350	400	450
1/2	0,22	21,5	47,3	79,2	117,3	162,3	215,2	279,3	355,1	441,7
3/4	0,275	26,8	59,2	99	146,6	202,9	269	349,1	443,9	552,1

Tabla 28. Segmento de la tabla del anexo 3 PÉRDIDAS DE CALOR EN TUBERÍAS DESCUBIERTAS (Btu por hora por pie lineal de tubería)

SEGMENTO CON DESTINO A ARSENAL QUIRÚRGICO

Longitud total de tubería de vapor = 61.5 metros = 201.8 pies

Longitud de tubería expuesta o con aislamiento dañado (vapor) = 38 metros = 124.7 pies

Longitud total de tubería de condensados = 61.5 metros = 201.8 pies

Longitud de tubería expuesta o con aislamiento dañado (condensado) = 35 metros = 114.8 pies

Temperatura ambiente promedio = 26 °C = 79 °F

Temperatura tubería vapor = 80 °C = 176 °F; Diferencia con temperatura ambiente = 97 °F

Temperatura tubería condensados = 65 °C = 149 °F; Diferencia con temperatura ambiente = 70 °F

a) Pérdida en tubería de vapor

Datos

$$\Phi = \frac{3}{4} \text{ pul}$$

$$\Delta T = 176 \text{ °F}$$

$$L = 124.7 \text{ pie}$$

$\Delta = \text{¿?}$ pérdida de calor por hora

Interpolando en la tabla 28, se busca la pérdida de calor (Δ) por pie lineal que corresponde a una diferencia de temperatura de 176 °F

$$\frac{146.6 - 99}{200 - 150} = \frac{\Delta - 99}{176 - 150}$$

$$\Delta = 123.8 \text{ BTU/hora.pie}$$

Ya que $L = 114.8$ pie,

$$\Delta_{\text{total}} = 123.8 \text{ BTU/pie} * 124.7 \text{ pie}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 15437.9 \text{ BTU/hora}$$

b) Pérdida en tubería de condensado

Datos

$$\Phi = 1/2 \text{ pul}$$

$$\Delta T = 149 \text{ °F} = 150 \text{ °F}$$

$$L = 114.8 \text{ pie}$$

$$\Delta = 79.2 \text{ BTU/hora.pie pérdida de calor (tabla 18)}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 79.2 \text{ BTU/hora.pie} * 114.8 \text{ pie}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 9092.2 \text{ BTU/hora}$$

SEGMENTO CON DESTINO A ALIMENTACIÓN Y DIETAS

Longitud total de tubería de vapor = 21 metros = 68.9 pies

Longitud de tubería expuesta o con aislamiento dañado (vapor) = 2 metros = 6.6 pies

Longitud total de tubería de retorno de condensados = 23 metros = 75.5 pies

Longitud de tubería expuesta o con aislamiento dañado (condensado) = 4.25 metros = 13.9 pies

Temperatura ambiente promedio = 26 °C = 79 °F

Temperatura tubería vapor = 80 °C = 176 °F; Diferencia con temperatura ambiente = 97 °F

Temperatura tubería condensados = 65 °C = 149 °F; Diferencia con temperatura ambiente = 70 °F

a) Pérdida en tubería de vapor

Datos

$$\Phi = \frac{3}{4} \text{ pul}$$

$$\Delta T = 176 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$L = 6.6 \text{ pie}$$

$$\Delta = \text{¿? pérdida de calor}$$

Interpolando en la tabla 28, se busca la pérdida de calor (Δ) por pie lineal que corresponde a una diferencia de temperatura de 176 °F

$$\frac{146.6 - 99}{200 - 150} = \frac{\Delta - 99}{176 - 150}$$

$$\Delta = 123.8 \text{ BTU/hora.pie}$$

Ya que $L = 6.6$ pie,

$$\Delta_{\text{total}} = 123.8 \text{ BTU/hora.pie} * 6.6 \text{ pie}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 817.1 \text{ BTU/hora}$$

b) Pérdida en tubería de condensado

Datos

$$\Phi = \frac{1}{2} \text{ pul}$$

$$\Delta T = 149 \text{ }^\circ\text{F} = 150 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$L = 13.9 \text{ pie}$$

$$\Delta = 79.2 \text{ BTU/hora.pie pérdida de calor}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 79.2 \text{ BTU/hora.pie} * 13.9 \text{ pie}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 1104.4 \text{ BTU/hora}$$

SEGMENTO CON DESTINO A LAVANDERÍA

Longitud total de tubería de vapor = 91 metros = 298.6 pies

Longitud de tubería expuesta o con aislamiento dañado (vapor) = 31.67 metros = 103.9 pies

Longitud total de tubería de condensado = 55.5 metros = 182.1 pies

Longitud de tubería expuesta o con aislamiento dañado (condensado) = 12.65 metros = 41.5 pies

Temperatura ambiente promedio = 26 °C = 79 °F

Temperatura tubería vapor = 80 °C = 176 °F; Diferencia con temperatura ambiente = 97 °F

Temperatura tubería condensados = 65 °C = 149 °F; Diferencia con temperatura ambiente = 70 °F

a) Pérdida en tubería de vapor

Datos

$$\Phi = \frac{3}{4} \text{ pul}$$

$$\Delta T = 176 \text{ °F}$$

$$L = 103.9 \text{ pie}$$

$$\Delta = \text{¿? pérdida de calor}$$

Interpolando en la tabla 28, se busca la pérdida de calor (Δ) por pie lineal que corresponde a una diferencia de temperatura de 176 °F

$$\frac{146.6 - 99}{200 - 150} = \frac{\Delta - 99}{176 - 150}$$

$$\Delta = 123.8 \text{ BTU/hora.pie}$$

Ya que $L = 6.6 \text{ pie}$,

$$\Delta_{\text{total}} = 123.8 \text{ BTU/hora.pie} * 103.9 \text{ pie}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 12862.8 \text{ BTU/hora}$$

b) Pérdida en tubería de condensado

Datos

$$\Phi = \frac{1}{2} \text{ pul}$$

$$\Delta T = 149 \text{ °F} = 150 \text{ °F}$$

$$L = 41.5 \text{ pie}$$

$$\Delta = 79.2 \text{ BTU/hora.pie pérdida de calor}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 79.2 \text{ BTU/hora.pie} * 41.5 \text{ pie}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 3286.8 \text{ BTU/hora}$$

4.3.3 TRAMPEO DE LAS INSTALACIONES

TRAMPA	TIPO	UBICACIÓN
T1	Balde invertido	Cabezal de vapor en sala de calderas
T2	Balde invertido	Estación de trampeo en alimentación y dietas
T3	Balde invertido	Final de línea de vapor en alimentación y dietas
T4	Balde invertido	Marmita 1 en alimentación y dietas
T5	Balde invertido	Marmita 2 en alimentación y dietas
T6	Balde invertido	Estación de trampeo en zona edificio demolido
T7	Balde invertido	Final de línea de vapor en arsenal quirúrgico
T8	Balde invertido	Autoclave Castle en arsenal quirúrgico
T9	Balde invertido	Autoclave Consolidate en arsenal quirúrgico
T10	Balde invertido	Final de línea de vapor en lavandería
T11	Balde invertido	Secadora 1 en lavandería
T12	Flotador	Secadora 2 en lavandería
T13	Balde invertido	Planchador 1
T14	Flotador	Planchador 2
T15	Balde invertido	Planchador 2

Tabla 29. Trampas del sistema de distribución de vapor del Hospital Saldaña



Fotografía 36. Trampa 6 de la línea de vapor y junta de extensión en forma de U
Se observan puntos de tubería descubiertas entre tramos de aislante

La fotografía 36 muestra un acercamiento de la estación de trampeo. En esta, hay una válvula de retención con fuga de condensado. Este cae al suelo en una zona de tránsito peatonal. El drenaje de limpieza de la estación queda en un sitio inaccesible y resulta riesgoso para quien pueda estar en tránsito en la zona.

Todas las trampas cuentan con su filtro respectivo. En el caso de las estaciones de trampeo todas cuentan con su by pass, válvula de retención, válvulas de cierre y filtro respectivo, y el orden de posición es correcto.

4.3.4 VIDA ÚTIL DE LAS INSTALACIONES DE DISTRIBUCIÓN

La instalación de distribución de vapor tiene más de 15 años de encontrarse en servicio. Presenta roturas repentinas que son reparadas por el personal de mantenimiento en la medida que representan riesgo de quemadura o que imposibilitan el trabajo en el área donde aparecen. Según el personal de mantenimiento, la instalación necesita ser cambiada en su totalidad, dada su vejez.

4.3.5 OBSERVACIONES

Por encima de la tubería se nota su vejez en la oxidación y corrosión y no se descarta deterioro por erosión en el interior por el flujo de vapor y el condensado.

El forro impermeable del aislamiento térmico de la tubería expuesta a la intemperie ha resultado fallido. Este forro ha sido hecho con lámina galvanizada.

La instalación no recibe un chequeo técnico periódico de revisión de trampas de vapor.

Se observa vapor abundante despedido por el tanque de vaporización instantánea que se encuentra en el cuarto de calderas. Puede ser señal de falla de una trampa o más.

El soporte de la tubería está improvisado en algunos puntos. Hay tramos con apoyo deficiente que la obligan a sostenerse por sí misma, esto la somete a mayor esfuerzo mecánico.

Se encuentran defectuosas 1 válvula de asiento y 2 válvulas de bola en el área de lavandería y una válvula de retención en la estación de trampeo de la línea con destino a arsenal.

Hay tramos de tubería que son tomas de vapor completamente en desuso.

Los ventanales de lavandería están totalmente abiertos a la atmósfera y permiten la entrada de agua lluvia que moja y deteriora las tuberías, su aislante y el equipo cercanos, además de causar incomodidad al personal.

Hay tramos de tubería de retorno de condensado completamente expuesto a la intemperie.

4.4 SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR

4.4.1 INSTALACIÓN DE GENERACIÓN DE VAPOR



Fotografías 36 y 37. Vistas externas del cuarto de calderas

Las fotografías 35 y 37 ilustran el nivel de ventilación de que gozan las instalaciones del cuarto de calderas del hospital.

Se cuenta con dos calderas marca York Shipley de 60 BHP cada una y se utiliza una por 6 meses mientras la otra se encuentra en mantenimiento. Actualmente opera la caldera No 1, recién recibida como donativo del Hospital Nacional de Cojutepeque. Entró en función en el mes de agosto del año 2009.

Ambas calderas son del tipo de tubos de fuego horizontal de 3 pasos, generan 2070 libras de vapor por hora desde y hasta 212 °F, soportan presión máxima de 150 psig y utilizan combustible diesel.

CALDERA No 1	CALDERA No 2
Steam Pak York Shipley	York Shipley
Model No SPHV-60-2 93949	Type of construction: welded
Serial No 74-8802 H-62051	Firing rate: 17.0 GFH
Firing rate 17.0 GFH	Lbs steam from & at 212 °F: 2070
Year built 1974	Max working press steam 150
Steam 150	Heating surface 250
Heat surface 300	Serial No 87-16834 H-93590
Type of construction: welded	Year built 1987
Boiler No 978-200	Rated steam cap 2009000 BTU/hr
Nat board No 14835	Model No SPHV-60-2 93948
2070 Lbs steam from & at 212 °F	Boiler No 977-663
For use with oil No 2	For use with oil No 2

Tabla 30. Especificaciones de las calderas del Hospital Neumológico

Accesorios instalados en ambas calderas:

- Manómetro principal de presión de vapor
- Válvula de seguridad
- Columna de nivel de agua con cristal de nivel
- Mirilla para observación de flama y piloto
- Termómetro de la chimenea
- Alarma por bajo nivel
- Interruptores de seguridad
- Revestimiento aislante exterior
- Válvula principal de vapor
- Dosificador de productos químicos
- Dos válvulas de retención de agua de alimentación
- Una válvula de cierre rápido de purga
- Una válvula de cierre lento de purga
- Tablero de control integrado a la caldera:
 - Programador integrado

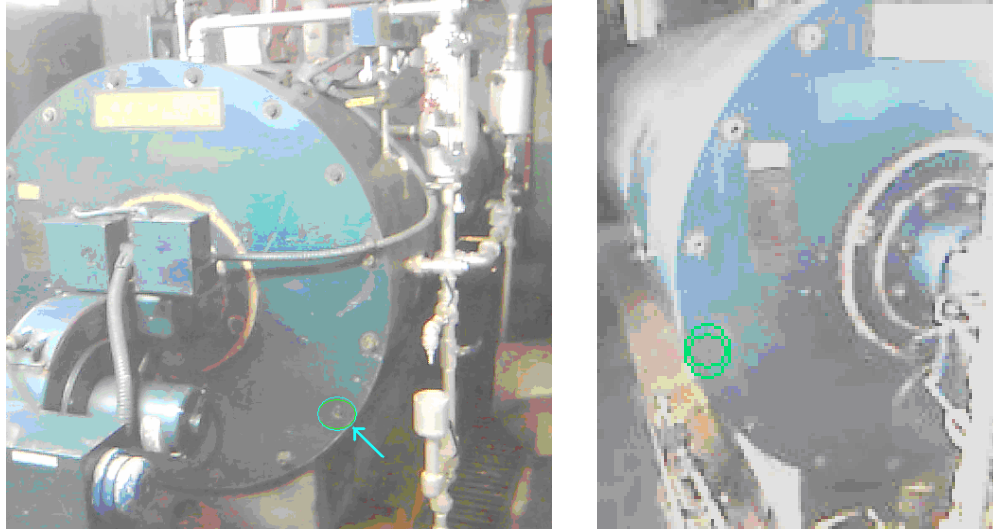
Arrancador para motor ventilador
Alarma sonora por bajo nivel de agua
Control límite de presión de vapor
Luces indicadoras de funcionamiento



Fotografía 38. Caldera No 2. Actualmente en mantenimiento.

La fotografía 38 muestra la caldera No 2 que se encuentra en reposo desde el 18 de agosto de 2009. Nótese la cercanía de la ventana del fondo. Esta ventana no protege contra el azote de las tormentas y está ubicada en el costado norte del cuarto de calderas. Las líneas de vapor y retorno de condensados con destino a lavandería también son afectadas.

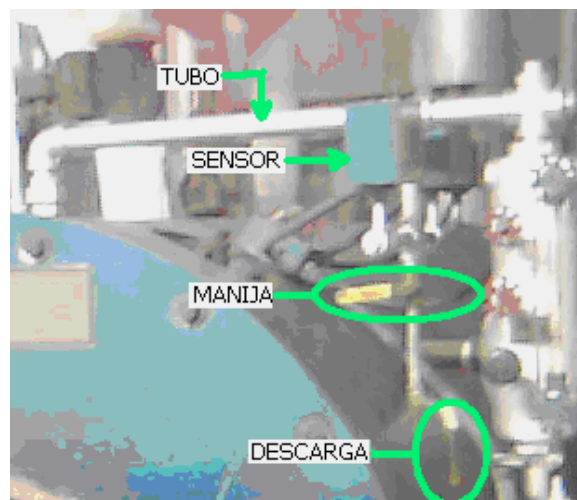
Las fotografías 39 y 40 muestran la parte anterior de la caldera No 1 actualmente en uso. Nótese la falta de dos pernos de la tapadera frontal indicada por los círculos verdes.



Fotografías 39 y 40. Tapadera frontal de la caldera No 1.

Presenta dos pernos en mal estado señalados por los círculos de color verde

El tubo de vapor al cual están conectados los sensores de presión no está aislado (fotografía 41), esto genera pérdida de calor y mayor condensación del vapor en el tubo, que se enfría y se vuelve corrosivo. Este hecho es demostrado en la coloración amarillenta del drenaje que se hace cada hora con la manija que se indica en la fotografía 41. Además, este dreno reduce la presión de vapor en la caldera.



Fotografía 41. Conjunto de controles de presión y tubería de vapor de caldera No 1

El tanque de condensados se encuentra lindando al ventanal (fotografía 37), se expone al azote del agua en invierno y no está aislado térmicamente. La temperatura de la mezcla de agua dentro es de 48 °C (118 °F) y de la superficie del tanque es de 38 °C (100 °F). La presión del tanque es atmosférica.



Fotografía 42. Ensamble del quemador a la caldera No 1. El círculo muestra un perno suelto y la flecha indica un punto de fuga de gases calientes

La tapadera que sujeta al quemador en la caldera tiene un perno o tuerca, o ambos, sin rosca, según lo señala el círculo verde en la fotografía 42. Por esto hay escape de gases calientes a través de la zona que señala la flecha verde. Hay que mencionar también que se observa mancha de humo aquí y en la zona de chimenea al entrar el quemador a trabajar en fuego alto.

Según se observa en las fotografías 42 y 43, la chimenea tiene dos puntos de escape de gases calientes. Además hay otro escape en la parte alta de la tapadera trasera del cuerpo de caldera.

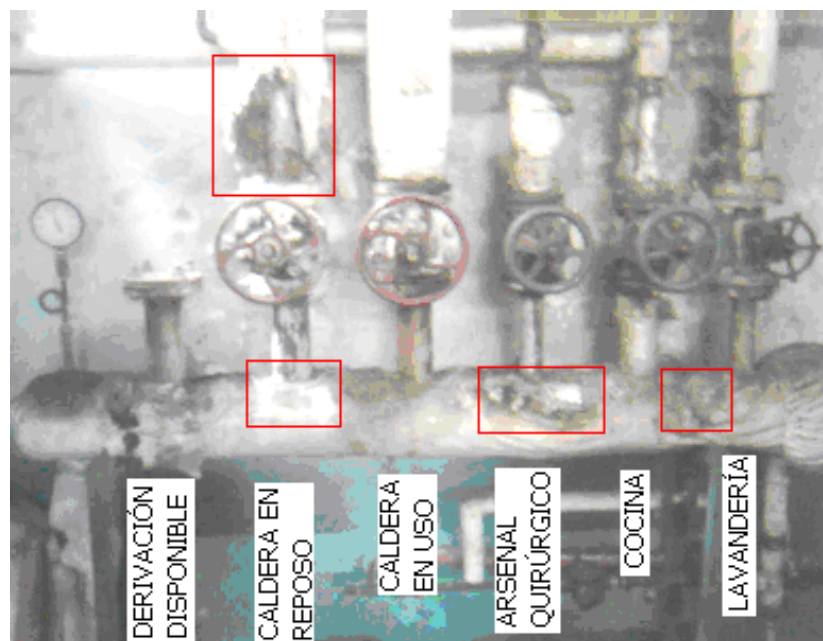


Fotografías 42 y 43. Conexión de chimenea a tapadera trasera de caldera No 1



Fotografía 44. Sujeción de la chimenea de caldera No 1 en la estructura metálica del techo del cuarto de calderas

Esta chimenea tiene una longitud total de 6 metros. Se apoya en la estructura del techo a través de un tubo soldado a los polines y una abrazadera (fotografía 44). La restricción al movimiento que la abrazadera propicia es en un plano horizontal solamente. La punta de la chimenea emerge del techo por 3 metros y tiene en la punta tres tirantes hechos de varilla de hierro de un cuarto de pulgada que la apoyan contra el embate del viento, pero que al mismo tiempo ejercen fuerza hacia abajo. Restricción de movimiento vertical es proveído en buena parte por el atornillado de la chimenea en la caldera, y debe sumarse la componente vertical de la tensión de los tres tirantes. La carencia de una estructura de sostenimiento adecuada está provocando la deformación de la chimenea y de la tapadera del cuerpo de la caldera, lo que a su vez provoca el escape de gases de combustión.



Fotografía 45. Cabezal de vapor

El cabezal de vapor está deteriorado en su aislamiento térmico, como lo indican los cuadros rojos en la fotografía 45. La válvula de alimentación y dietas presenta fuga de vapor. El manómetro muestra una presión de 72 psig cuando la caldera tiene 100 psig. Entre el cabezal y la caldera solamente hay una línea de tubería de diámetro nominal de dos pulgadas, con 8.5 metros de longitud y dos válvulas de compuerta.

La derivación disponible del cabezal está vista en la fotografía 46. Esta presenta una enorme fuga en un flanco de la parte trasera en la zona de soldadura que indica la flecha.



Fotografía 46. Zona de la derivación ciega del cabezal de vapor que presenta varios puntos de fuga



Fotografía 47. Tubería de vapor y condensado de arsenal quirúrgico, al fondo. Nótese su falta de aislamiento

Algunas líneas de vapor y condensado carecen de aislamiento. En la fotografía 47 se muestra dos líneas de tubería verticales, que son las de vapor y retorno de condensado de Arsenal Quirúrgico. La de vapor tiene un diámetro nominal de tres cuartos de pulgada y la de condensado es de media pulgada nominal.

La fotografía 48 muestra al tanque de vaporización instantánea del sistema de retorno de condensado. Está muy bien forrado de aislamiento. Su válvula de drenaje presenta fuga que se colecta en un depósito y luego se tira. El cabezal posee una línea de venteo a la atmósfera que emana gran cantidad de vapor vivo, esto puede denunciar falla de al menos una trampa de vapor en las líneas de distribución.



Fotografía 48. Tanque de vaporización instantánea del sistema de retorno de condensado. Se encuentra bien aislado térmicamente

El sistema de retorno de condensados es presurizado hasta aquí, donde el venteo reduce la presión hasta la atmosférica. Por lo tanto, la línea de conexión del cabezal con el tanque de condensados funciona por gravedad aprovechando la diferencia de altura entre este y el tubo

horizontal superior de entrada al tanque de condensados, mostrado en la fotografía 49. Esta tubería no está aislada y tiene una longitud de 15.75 metros (51.7 pies).

Accesorios del tanque de retorno de condensados:

Cristal de nivel para observación

Control de nivel de flotador

Termómetro

Válvulas de salida y de purga

Coples de ventilación y admisión de condensados y de agua suave



Fotografía 49. Tanque de mezcla de condensados y agua suave



Fotografía 50. Sistema de suavización de agua

La fotografía 50 muestra el sistema de suavización del agua de alimentación a las calderas. Sus elementos son estos:

Dos columnas de suavización por zeolita (se ocupa una a la vez)

Válvula para salmuera

Válvula para muestreo del agua

Manómetro de control

4.4.2 OPERACIÓN NORMAL

Las actividades del generador de vapor del hospital inician a las 6:00 de la mañana y finalizan a las 12:00 del día. Opera durante 6 horas continuas con solo un operador de caldera, según muestra la figura 9.

El diagrama de flujo de proceso de la figura 9 muestra actividades manuales necesarias para el inicio de operación de caldera y otras que son de tipo periódico, como la purga del tubo de vapor de los controles de presión que se hace cada hora y la purga del flotador McDonell que se hace cuando la presión caldera llega a 100 psig o a media jornada o justo antes de apagar el quemador.

El diagrama omite los ajustes que se hacen al quemador cuando el operador detecta funcionamiento anormal.

El tratamiento externo de agua es automático, mientras que el interno depende de un procedimiento manual de preparación de productos químicos y su aplicación al agua de alimentación a través del dosificador mostrado en la fotografía 51.

La dosis de productos químicos a combinar para el tratamiento interno del agua de alimentación de caldera es determinada por la empresa Chemical Technology S.A. contratada para realizar el análisis de agua suave, agua de alimentación, agua en caldera y condensados retornados. El análisis es mensual y muestra nivel de pH, total de sólidos disueltos, porcentaje de retorno de condensados, y detallada las cantidades de sulfito, alcalinos "P", alcalinos "M", alcalinos "OH", nivel de pH, total de sólidos disueltos, cloruros, dureza "T", fosfonato y polímero en el agua de alimentación (anexo 7).

En base al análisis que realiza, esta empresa recomienda y provee la cantidad y duración de purgas de fondo y los productos químicos a utilizar y su dosis.



Fotografía 51. Dosificador de productos químicos para el tratamiento interno del agua de alimentación.

Cuando todas las tareas manuales de arranque han concluido, el sistema de generación de vapor funciona automáticamente, pero el operador se mantiene en sala de calderas durante toda la jornada.

Al final de esta, el operador apaga el quemador y desconecta su conexión eléctrica por medio del control termoeléctrico. No desconecta el motor de la bomba de agua de alimentación de caldera ni cierra la válvula de salida de vapor.

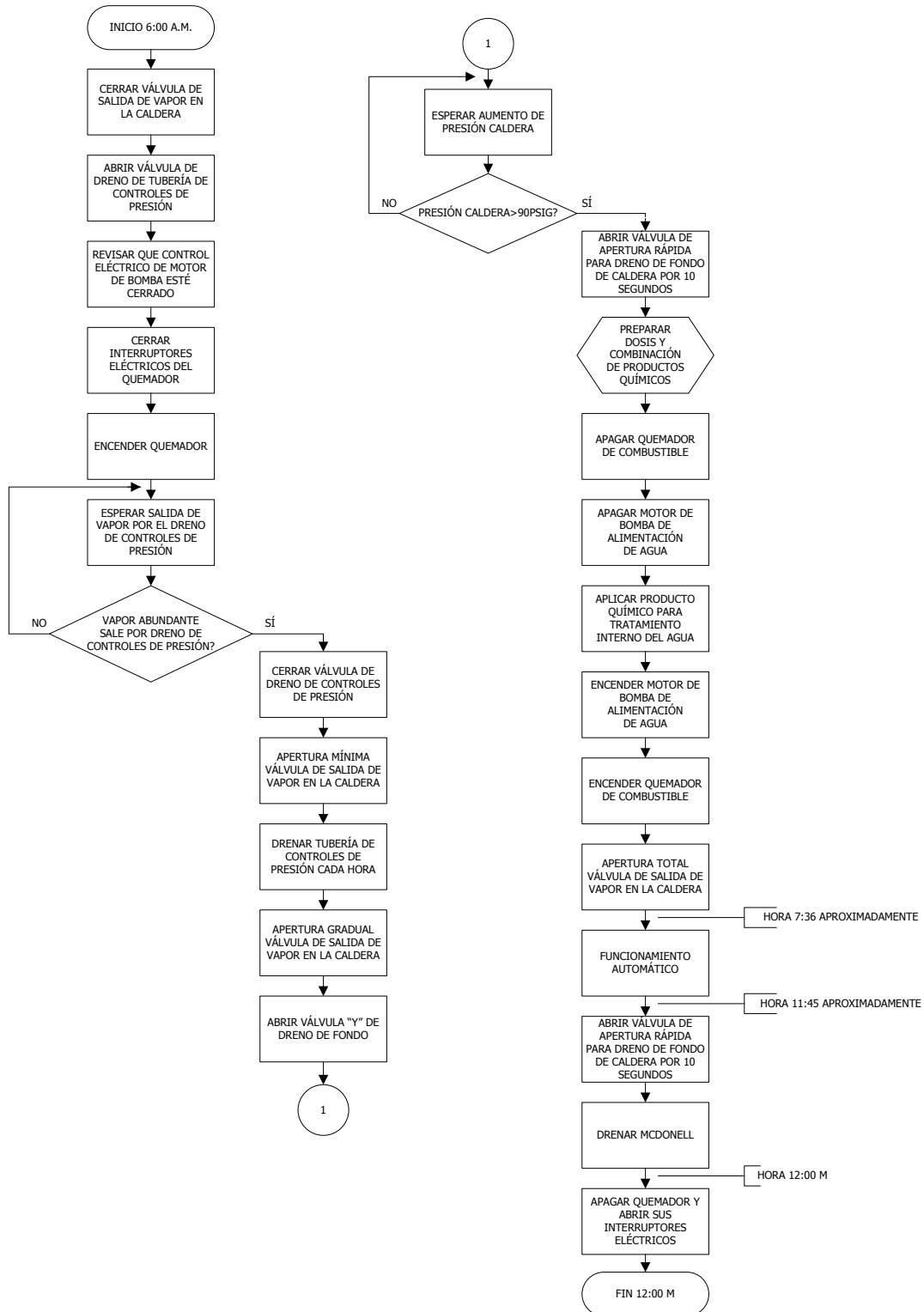


Figura 9. Operación diaria del personal en la instalación generadora de vapor

4.4.3 REVISIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

Para la caldera No 1 se verifica la función del encendido y apagado oportunos del quemador por el control de presión, encendido y apagado oportunos de la bomba de agua de alimentación por el control de nivel de agua de caldera, el encendido de las luces de activación del quemador en fuego alto y fuego bajo, la existencia de una campana de alerta ante reducción peligrosa del nivel de agua, esta última nunca se activó, funcionamiento de los manómetros de la bomba de combustible y la de agua de alimentación. Los ciclos de encendido y apagado se dan normalmente y la operación automática es efectiva.

Dada la carencia en la instalación de instrumentos técnicos de medición de flujo de vapor, de flujo de agua de alimentación, de flujo de combustible, de calidad del vapor producido y de equipo para el análisis de gases de combustión, se presenta en esta sección una revisión del funcionamiento de la sala de calderas que busca presentar un bosquejo de su funcionalidad y calcular el consumo de combustible a partir de la estimación del valor de la fracción de bióxido de carbono en los gases de combustión.

CÁLCULO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LA CALDERA No 1.

Se busca conocer el costo de producción de vapor respecto al consumo de combustible por hora.

Podría encontrarse fácilmente si se contara con medidores de flujo en las líneas de vapor y de combustible, dividiendo uno por otro. Pero al no contar la instalación con estos medidores, se procede según un análisis matemático mostrado en Manual SELMEC de calderas.

<p>STEAM PAK YORK SHIPLEY</p> <p>Model No. SPHV-60-2 93948 Serial No. 74-8802 H-62051 Firing rate 17.0 GPH Year built 1974 Steam 150 Heat surface 300 Type of const Welded Boiler No. 978-200 Lbs steam from & at 212 °F 2070</p>

Tabla 31. Placa de especificaciones de caldera No 1

Datos:

Capacidad de caldera = 2070 Lbs/hr desde y hasta 212 °F

Presión de trabajo = 90 psi – 100 psi

Temperatura en cuarto de calderas = 90 °F

Temperatura de chimenea = 400-600 °F

Contenido CO2 en gases chimenea = 10 % (tabla 27)

Temperatura de agua de alimentación = 110 °F

Combustible: aceite combustible No 2 (diesel)

Poder calorífico diesel = 141800-137000 BTU/galón (anexo 5)

Calor aprovechado por caballo caldera (Qa/cc) = 33500 BTU/hr

Solución: Para saber cuánto combustible se consume por hora, es necesario hallar la eficiencia total de la caldera. Se hace uso del método práctico.

$$\eta = \frac{\text{calor}_{\text{aprovechado}}}{\text{calor}_{\text{proveído}}} = \frac{CC * (Qa / cc)}{Pc * Cc}$$

Despejando Cc:
$$Cc = \frac{CC * (Qa / cc)}{Pc * \eta}$$

Buscando la eficiencia total de la caldera en uso

$$CC = \frac{2070 \text{ Lbs/hr}}{34.5 \frac{\text{Lbs/hr}}{\text{cc}} \text{ Lbs/hr}}$$

$$CC = 60 \text{ cc}$$

De tabla 3: A la caldera de 60 cc le corresponde una pérdida de 2.5% por radiación, convección y otros factores

$$T_{chimenea} - T_{ambiente} = 600 - 90 = 510^\circ F$$

RANGOS	GAS NATURAL	DIESEL	COMBUSTÓLEO
A	10% CO2	12.8% CO2	13.8% CO2
B	9% CO2	11.5% CO2	13.0% CO2
C	8.5% CO2	10% CO2	11.5% CO2
D	8% o menos	9% CO2 o menos	12% CO2 o menos
A = excelente, B = bueno, C = regular, D = pobre			

Tabla 32. Clasificación de los porcentajes de bióxido de carbono obtenidos en calderas según distintos combustibles. Fuente SELMEC Equipos industriales S.A. de C.V.

De la tabla 32, tomando la clasificación C para el combustible diesel, 10% CO2 en gases de escape, y la diferencia de temperatura de chimenea al ambiente, (anexo 4):

Porcentaje de pérdidas de calor – aceite combustible No 2			
%CO2	Diferencia de temperatura entre el flujo de gas y el cuarto de Calderas en grados fahrenheit		
	500	510	520
10	21	X	21.6

Tabla 33. Segmento de la tabla de anexo 4

500 ----- 21

510 ----- X

$$X = \frac{510 * 21}{500} = 21.42$$

% pérdidas de calor = 21.42 %
 + Pérdidas varias = 2.5 % (de tabla 1)
 TOTAL PÉRDIDAS = 23.92 %

=> $\eta = 100\% - 23.92\%$

$\eta = 76.08\%$

$$P_c = \frac{141800 + 137000}{2}$$

$$P_c = 139400 \text{ _ BTU / galón}$$

Sustituyendo en $C_c = \frac{CC * (Q_a / cc)}{P_c * \eta}$

$$C_c = \frac{60cc * (33500 \text{ _ BTU / hr})}{139400 \text{ _ BTU / galón} * 76.08\%}$$

$$C_c = 18.95 \text{ galones/hr}$$

Si la caldera está en funcionamiento diario por 6 horas

$$C_c = 113.71 \text{ galones/día}$$

Si la caldera está en funcionamiento mensual por 30 días

$$C_c = 3 \text{ 411.42 galones/mes}$$

La caldera funciona los 365 días del año

$$C_c = 1 \text{ 245 169 galones/año}$$

Buscando vapor generado

$$F_e = \frac{W_e}{W_r}$$

$$W_r = \frac{W_e}{F_e}$$

$W_e = 2070 \text{ lb/hr}$

$P = 100 \text{ psig}$

Temperatura agua de alimentación = 110 °F

Fe=1.145 (anexo 6)

Vapor que se produce realmente por cada hora, según el factor de evaporación

$$Wr = \frac{2070 \text{ Lb/hr}}{1.145} \qquad Wr = 1808 \text{ Lb/hr}$$

$$\text{Vapor producido por galón de combustible quemado} = \frac{Wr}{Cc} = \frac{1808 \text{ Lb/hr}}{18.95 \text{ galones/hr}}$$

Vapor producido por galón de combustible quemado = 95.41 Lb/galón

RESULTADOS OBTENIDOS	
EFICIENCIA TOTAL	76.08 %
VAPOR PRODUCIDO	1 808 libras/hora
VAPOR PRODUCIDO POR COMBUSTIBLE QUEMADO POR HORA	95.41 libras/galón
COMBUSTIBLE CONSUMIDO POR HORA	18.95 galones/hora
COMBUSTIBLE CONSUMIDO POR DÍA	113.71 galones/día
COMBUSTIBLE CONSUMIDO POR MES	3411 galones/mes
COMBUSTIBLE CONSUMIDO EN UN AÑO	40 932 galones/año

Tabla 34. Cuadro de resultados

Es necesario recalcar que el dato de %CO₂ = 10% es un valor del rango de valores posibles del bióxido de carbono en los gases de combustión de calderas (tabla 27) que funcionan con aceite combustible No 2. Se ha tomado este arbitrariamente por no contar con el equipo de análisis de gases de combustión, con el que se lograría tener el valor exacto de %CO₂ y obtener resultados precisos.

4.4.4 COSTO DE GENERACIÓN

Para calcular el costo de generación de vapor producido por la caldera No 1, se toma el precio de referencia del combustible diesel proporcionado por el Ministerio de Economía para el período comprendido entre diciembre de 2008 y noviembre de 2009, que se observa en la tabla 35.

FECHA	\$/GALÓN
22/12/2008	2,34
05/01/2009	2,29
16/02/2009	2,26
09/03/2009	1,99
27/04/2009	2,28
18/05/2009	2,33
29/06/2009	2,75
27/07/2009	2,55
31/08/2009	2,86
21/09/2009	2,79
26/10/2009	2,92
26/11/2009	2,94

Tabla 35. Precios de referencia del combustible diesel en El Salvador para el período comprendido entre el 22 de diciembre de 2008 y el 26 de noviembre de 2009. Fuente: Ministerio de Economía

De estos precios de referencia se extrae un precio promedio del diesel, este es \$ 2.50 por cada galón (gráfico 4), y con este precio se procede a encontrar el costo de generación de cada libra de vapor generado.

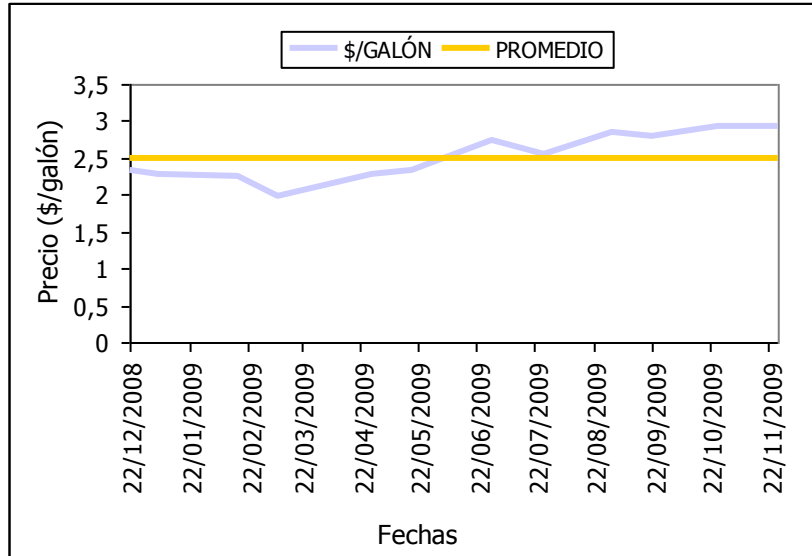


Gráfico 4. Tendencia del precio en el combustible diesel en el año considerado y valor promedio de costo según referencia del Ministerio de Economía

RESULTADOS OBTENIDOS	
COSTO POR HORA	47.38 \$/hora
COSTO POR DÍA (6 HORAS)	284.25 \$/día
COSTO POR MES	8 527.50 \$/mes
COSTO EN UN AÑO	102 330 \$/año
RAZÓN DE VAPOR PRODUCIDO POR CADA DÓLAR	38.16 libras/\$

Tabla 36. Cuadro de resultados de costo monetario de producción de vapor en base a consumo de combustible diesel

CANTIDAD	PRODUCTO	PRECIO	TOTAL
45 galones	Anticorrosivo para caldera. Amina evaporativa	\$ 20.00	\$ 900.00
45 galones	Antiincrustante para caldera. Polímero antiincrustante	\$ 20.00	\$ 900.00
75 libras	Sulfito para caldera. Secuestrante de oxígeno	\$ 4.00	\$ 300.00
T O T A L			\$ 2 100.00

Tabla 37. Productos químicos para el tratamiento interno del agua de alimentación a la caldera y su costo monetario correspondiente a un año de trabajo

Añadiendo el costo de insumos químicos (tabla 37) a la generación de vapor se llega al resultado de la tabla 38.

RESULTADOS OBTENIDOS	
COSTO POR HORA	48.35 \$/hora
COSTO POR DÍA (6 HORAS)	290.08 \$/día
COSTO POR MES	8 702.50 \$/mes
COSTO EN UN AÑO	104 430 \$/año
RAZÓN DE VAPOR PRODUCIDO POR CADA DÓLAR	37.42 libras/\$

Tabla 38. Cuadro de resultados de costo monetario de vapor producido en base a consumo de combustible diesel e insumos químicos

4.4.5 PÉRDIDAS

Se verifican pérdidas de calor en tuberías y en hendiduras en la caldera.

Diámetro nominal de la tubería (pul)	Pies ² de superficie exterior de tubería por pie lineal	Diferencia de temperatura (°F)								
		50	100	150	200	250	300	350	400	450
1	0,344	33,5	74	123,8	183,4	253,8	336,4	436,7	555,2	690,6
1 1/2	0,498	48,6	107,2	179,3	265,4	367,4	487	632,2	803,8	999,7

Tabla 39. Segmento de la tabla de anexo 3 PÉRDIDAS DE CALOR EN TUBERÍAS DESCUBIERTAS (Btu por hora por pie lineal de tubería)

a) Pérdida de calor en tubería de condensados

Longitud total de tubería de condensados = 15.75 metros = 51.68 pies

Temperatura tubería condensados = 60 °C = 140 °F

Temperatura ambiente promedio = 28 °C = 82 °F

Diferencia con temperatura ambiente = 58 °F 80 °F

Datos

Φ externo = 1.9 pul ; Φ nominal = 1 ½ pul

$\Delta T = 58$ °F

L = 51.68 pie

$\Delta = \text{¿?}$ pérdida de calor por hora

Interpolando en la tabla 39, se busca la pérdida de calor (Δ) por pie lineal que corresponde a una diferencia de temperatura de 58 °F para un diámetro nominal de 1.5 pulgadas.

$$\frac{107.2 - 48.6}{100 - 50} = \frac{\Delta - 48.6}{58 - 50}$$

$$\Delta = 58 \text{ BTU/hora.pie}$$

Ya que $L = 51.68 \text{ pie}$,

$$\Delta_{\text{total}} = 58 \text{ BTU/hora.pie} * 51.68 \text{ pie}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 2997.44 \text{ BTU/hora}$$

b) Pérdida de calor en tubería de agua de alimentación

Longitud total de tubería de agua de alimentación caldera 1 = 10.75 metros = 35.27 pies

Temperatura tubería agua de alimentación = 33 °C = 91 °F

Temperatura ambiente promedio = 28 °C = 82 °F

Diferencia de temperatura tubería-ambiente = 9 °F

Datos

Φ externo = 1.9 pul ; Φ nominal = 1 ½ pul

$\Delta T = 9 \text{ °F}$

$L = 35.27 \text{ pie}$

$\Delta = \text{¿?}$ pérdida de calor por hora

Interpolando en la tabla 39, se busca la pérdida de calor (Δ) por pie lineal que corresponde a una diferencia de temperatura de 9 °F para un diámetro nominal de 1.5 pulgadas.

$$\frac{107.2 - \Delta}{100 - 9} = \frac{107.2 - 48.6}{100 - 50}$$

$$\Delta = 0.55 \text{ BTU/hora.pie}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 0.55 \text{ BTU/hora.pie} * 35.27 \text{ pie}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 19.33 \text{ BTU/hora}$$

c) Pérdida de calor en tubo de controles de presión

$$\Phi \text{ externo} = 1 \text{ pul} ; \Phi \text{ nominal} = \frac{3}{4} \text{ pul}$$

$$\text{Longitud} = 65 \text{ cm} = 2.13 \text{ pie}$$

$$T \text{ tubo} = 176 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T \text{ ambiente} = 82 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\Delta T = 94 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\Delta = \text{¿? pérdida de calor por hora}$$

Interpolando en la tabla 39, se busca la pérdida de calor (Δ) por pie lineal que corresponde a una diferencia de temperatura de 94 °F para un diámetro nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

$$\frac{107.2 - 48.6}{100 - 50} = \frac{\Delta - 48.6}{94 - 50}$$

$$\Delta = 100.17 \text{ BTU/hora.pie}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 100.17 \text{ BTU/hora.pie} * 2.13 \text{ pie}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 213.36 \text{ BTU/hora}$$

d) Pérdida de calor en tanque de mezcla de condensados y agua suave

$$\text{Volumen de tanque de mezcla} = \pi * R^2 * L = \pi * (24 \text{ pul})^2 * 70 \text{ pul} = 126\,605 \text{ pul}^3$$

$$\text{Temperatura ambiente promedio} = 28 \text{ }^\circ\text{C} = 82 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\dot{Q} = H * A_s * (T_s - T_\infty)$$

Donde

\dot{Q} : flujo de calor

H: coeficiente de transferencia de calor por convección

A_s : área superficial a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor por convección

T_s : temperatura de la superficie

T_∞ : temperatura del fluido suficientemente alejado de la superficie caliente

El valor de H debe escogerse de la tabla 40

Tipo de convección	H (W/m2.°C)	H (BTU/hora.pie2.°F)
Libre de gases	2 – 25	0,352 – 4,4
Libre de líquidos	10 – 1000	1,76 – 176
Forzada de gases	25 – 250	4,4 – 44
Forzada de líquidos	50 – 20000	8,8 -3520
Ebullición y condensación	2500-100000	440 – 17600

Tabla 40. Coeficientes de convección para diferentes condiciones

Se trata de una convección libre del gas aire, por lo tanto $H \in [0.352, 4.4]$.

Tomando un valor promedio, $H = 2.376 \text{ BTU/hora.pie2.}^\circ\text{F}$.

Buscando A_s : $A_s = (2 * \pi * R * L) + (\pi * R^2) * 2$

$$A_s = (2 * \pi * 24 \text{ pul} * 70 \text{ pul}) + (\pi * (24 \text{ pul})^2) * 2$$

$$A_s = 14167.7 \text{ pul}^2 = 98.38 \text{ pie}^2$$

$$T_s = 42 \text{ }^\circ\text{C} = 107.6 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_\square = 82 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\dot{Q} = 2.376 \frac{\text{BTU}}{\text{hora} * \text{pie}^2 * ^\circ\text{F}} * 98.38 \text{ pie}^2 * (107.6 - 82)^\circ\text{F}$$

$$\dot{Q}_{\text{CONVECCIÓN}} = 5984 \frac{\text{BTU}}{\text{hora}}$$

e) Pérdidas de vapor en cabezal

El cabezal presenta 4 puntos de fuga en la brida de la derivación ciega. Estos puntos se observan como fisuras en la junta soldada del tubo con la brida.

$$\text{Flujo volumétrico} = \text{velocidad} * \text{área de escape}$$

Datos:

$$\text{velocidad} = 4.8 \text{ km/h} = 4\ 800\ 000 \text{ mm/h}$$

$$\text{área de escape estimada} = 1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Flujo volumétrico} = 4\ 800\ 000 \text{ mm/h} * (1 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Flujo volumétrico} = 4.8 * 10^6 \text{ mm}^3/\text{hora}$$

$$\text{Flujo volumétrico} = 0.17 \text{ pie}^3/\text{hora}$$

$$v = 3.89 \text{ pie}^3/\text{lbm} \text{ volumen específico del vapor a } 100 \text{ psig}$$

$$\rho = 1/v = 0.26 \text{ lbm/pie}^3$$

$$\text{Flujo másico} = \text{flujo volumétrico} * \rho$$

$$\text{Flujo másico} = 0.17 \text{ pie}^3/\text{hora} * 0.26 \text{ lbm/pie}^3$$

$$\text{Flujo másico} = 0.044 \text{ lbm/hora}$$

$$\text{Energía perdida} = \text{flujo másico} * \text{entalpía de evaporación}$$

$$\text{Energía perdida} = 0.044 \text{ lbm/hora} * 1187.89 \text{ BTU/lbm}$$

$$\text{Energía perdida} = 52.27 \text{ BTU/hora}$$

4.4.6 VIDA ÚTIL

La caldera No 1 data del año 1974 y la No 2 del año 1987. Ambas tienen más de 20 años de funcionamiento. Han excedido ya su vida útil, por lo que su costo de operación tiende a elevarse.

4.4.7 OBSERVACIONES

Ventanales abiertos que no presentan resistencia al azote de las tormentas

Aislamientos térmicos deteriorados o faltantes en tuberías de vapor y de condensados y en cabezal de vapor

Tanque de condensados expuesto al azote del viento y el agua y sin aislamiento térmico

Válvulas de paso desde el cabezal de vapor hasta los puntos de servicio no sellan

Cuatro puntos de fuga en el cabezal de vapor

Manómetro defectuoso en el cabezal de vapor y termómetro empañado en la chimenea de caldera No 1

Fuga de condensados en válvulas de toma de muestras en el cabezal de vapor, en el tanque de vaporización instantánea y en el drenaje de los controles de presión de caldera No 1

Instalación de la chimenea sin la estructura adecuada para sostenerla, lo que provoca deformación en la brida de ensamble y en la tapadera posterior, y esta a su vez provoca fuga de gases calientes a la atmósfera del cuarto de calderas

Cuatro puntos de fuga de gases calientes que contaminan el aire en el ambiente del cuarto de calderas y pueden reducir su eficiencia, sellado defectuoso en las tapaderas emperradas que permite escape de gases calientes en caldera No 1

Trabajo excesivo del quemador. Los controles de presión apagan al quemador cuando la presión interna llega a 100 psig y lo encienden cuando baja hasta 90 psig para elevarla nuevamente hasta 100. Después de iniciar la operación del quemador, la presión sigue bajando y llega hasta 75 psig. Esto puede ser muestra de una baja eficiencia combustible-vapor de la caldera No 1

4.5 MONTO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA

Vapor producido = 1808 lbs/hr

h evaporación = 1187.89 BTU/lbm

Energía vapor = Vapor producido * h evaporación

Energía vapor = 1808 lbs/hr * 1187.89 BTU/lbm

Energía vapor = 2 147 705.12 BTU/hr

Costo por hora = \$ 48.35

$$\frac{\text{Energía}}{\text{Costo}} = \frac{\text{Energía}_{\text{del vapor}}}{\text{Costo}_{\text{por hora}}}$$

$$\frac{\text{Energía}}{\text{Costo}} = \frac{2147705.12 \frac{\text{BTU}}{\text{hora}}}{48.35 \frac{\$}{\text{hora}}}$$

$$\frac{\text{Energía}}{\text{Costo}} = 44420 \frac{\text{BTU}}{\$}$$

RED DE DISTRIBUCIÓN				42601.2
	ARSENAL	DIETAS	LAVANDERÍA	
VAPOR	15437.9	817.1	12862.8	
CONDENSADO	9092.2	1104.4	3286.8	
CUARTO DE CALDERAS				9266.4
CONDENSADOS RETORNADOS			2997.44	
AGUA DE ALIMENTACIÓN			19.33	
TUBO DE CONTROLES DE PRESIÓN			213.36	
TANQUE MEZCLA			5984	
FUGA DE VAPOR EN CABEZAL			52.27	
T O T A L (BTU/hora)				51867.6

Tabla 41. Pérdidas de energía encontradas en el sistema de distribución y el cuarto de calderas (BTU/hora)

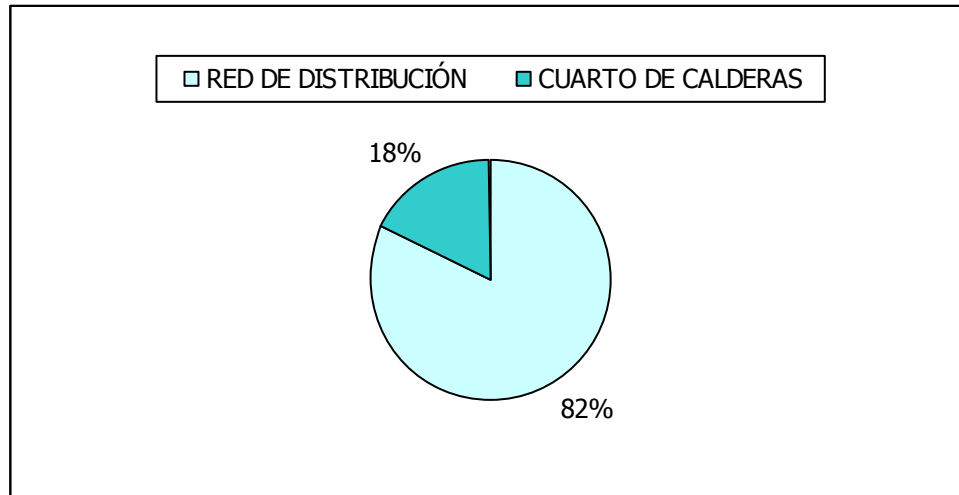


Gráfico 5. Pérdidas de calor en sistema de tuberías y en cuarto de calderas

El gráfico 5 muestra que la mayor parte de la pérdida de energía se da en la red de distribución de vapor. Hay que recalcar que el cálculo de estas pérdidas se ha hecho sin considerar agua lluvia.

$$Pérdida _ porcentual _ de _ energía = \frac{51867.6 \frac{BTU}{hora}}{2147705.12 \frac{BTU}{hora}} * 100$$

Pérdida porcentual de energía = 2.41%

$$Monto _ de _ pérdida = \frac{51867.6 \frac{BTU}{hora}}{44420 \frac{BTU}{\$}}$$

Monto de pérdida = 1.17 \$/hora

RESULTADOS OBTENIDOS	
PÉRDIDA POR HORA	1.17 \$/hora
PÉRDIDA POR DÍA (6 HORAS)	7.00 \$/día
PÉRDIDA POR MES	210.18 \$/mes
PÉRDIDA EN UN AÑO	2 522.15 \$/año

Tabla 42. Monto de las pérdidas por fuga de energía en superficies calientes descubiertas dentro de las instalaciones del Hospital Saldaña

CAPÍTULO 5. DESARROLLO DE LAS PROPUESTAS

5.1 OPORTUNIDADES DE MEJORA DETECTADAS

Finalizada la etapa de investigación de campo en el Hospital Nacional José Antonio Saldaña, en la que se verificó las condiciones de los equipos de generación de vapor, el sistema de distribución de vapor, el uso que se le da al vapor producido en los puntos de servicio, los equipos que utilizan vapor, y además se entrevistó al personal involucrado en los diversos ambientes, se intenta ahora encontrar solución a algunas de las problemáticas que se presentan.

Para esto se muestra la tabla 43 conteniendo el conjunto de las oportunidades de mejora detectadas en la instalación de vapor, clasificadas como: muy importante, importante, puede ser necesario, secundario, menos importante, en base al impacto negativo que generan.

OPCIONES DE MEJORA	NIVEL DE IMPORTANCIA	IMPACTO	REFERENCIA
<p>1. La demanda conjunta de los equipos instalados es de 97 BHP, que son surtidos por una caldera de 60 BHP trabajando sola. La caldera opera en condiciones de sobrecarga</p>	<p>5</p>	<p>No se aprovechan dos de las ventajas de las calderas pirotubulares, estas son:</p> <p>1) Presión de vapor constante y, 2) reducida frecuencia del encendido</p> <p>Al caer la presión de vapor puede producirse arrastre de agua líquida, y con este, arrastre de los productos químicos de tratamiento de agua. El líquido mezclado con el vapor produce golpe de ariete que puede dañar tuberías y sus accesorios y los equipos.</p> <p>La sobrecarga obliga al quemador a funcionar frecuente y excesivamente, por lo que puede haber excesivo gasto de combustible.</p>	<p>Jefe del Departamento de Mantenimiento</p>

Tabla 43. Opciones de mejora que se verifican en el Hospital Nacional José Antonio Saldaña. Clave de los niveles de importancia: 5=muy importante; 4=importante; 3=puede ser necesario; 2=secundario; 1=menos importante

OPCIONES DE MEJORA	NIVEL DE IMPORTANCIA	IMPACTO	REFERENCIA
2.Desconocimiento de la eficiencia de caldera	5	Incerteza del nivel de aprovechamiento de la energía del combustible al quemarse, lo que lleva a no tomar las medidas necesarias para corregir una posible falla en el quemador	Jefe del Departamento de Mantenimiento
3. Posible falla abierta en uno o más purgadores del sistema de distribución de vapor	5	Pérdida del vapor producido a través de los purgadores, lo que implica un mayor esfuerzo por parte del generador de vapor y esto culmina en mayor gasto de combustible. O, si la falla fuera cerrada, anegamientos en la tubería que reducen la operatividad de los servicios internos del hospital	Jefe del Departamento de Mantenimiento
4. Tuberías y superficies calientes sin la protección térmica adecuada	5	Pérdida de energía térmica al ambiente, principalmente en la tubería instalada en intemperie que se dirige del cuarto de calderas hasta el departamento de Arsenal Quirúrgico	Técnico operador de calderas Técnico de mantenimiento de equipo básico de calderas

Tabla 43. Opciones de mejora que se verifican en el Hospital Nacional José Antonio Saldaña. Clave de los niveles de importancia: 5=muy importante; 4=importante; 3=puede ser necesario; 2=secundario; 1=menos importante

OPCIONES DE MEJORA	NIVEL DE IMPORTANCIA	IMPACTO	REFERENCIA
5. Lavadora horizontal puede disparar el gasto de vapor si la válvula manual de este no es cerrada oportunamente	5	Desperdicio de vapor del orden del 41% de la demanda total por cada hora. Apertura y cierre de la válvula de vapor dependen de la acción humana. Si al operador se le olvida cerrarla, el vapor se desperdicia.	Técnico de mantenimiento de equipo básico de calderas
6. Fugas de vapor en cabezal de vapor y en algunas válvulas	5	Incremento del costo de generación de vapor, reducción de presión en el sistema y peligro para las personas que se mueven cerca de las fugas	Jefe del Departamento de Mantenimiento
7. Equipos en mal estado de funcionamiento	5	Sobrecarga en los equipos funcionales y reducción de la capacidad de respuesta de los departamentos afectados	Jefe del Departamento de Lavandería Jefe del Departamento de Arsenal Quirúrgico
8. Algunos equipos funcionando sin las guardas de protección personal	5	Peligro de generación de accidentes de trabajo	Jefe del Departamento de Lavandería

Tabla 43. Opciones de mejora que se verifican en el Hospital Nacional José Antonio Saldaña. Clave de los niveles de importancia: 5=muy importante; 4=importante; 3=puede ser necesario; 2=secundario; 1=menos importante

OPCIONES DE MEJORA	NIVEL DE IMPORTANCIA	IMPACTO	REFERENCIA
9. Chimenea de caldera N° 1 sin la estructura adecuada para soportarla	5	Deformación en la chimenea y en el acople con la caldera y en su tapa trasera Reducción de la eficiencia de caldera por escape de los gases calientes	Jefe del Departamento de Mantenimiento
10. Tapas de caldera sin la sujeción adecuada	5	Escape de gases calientes Reducción de la eficiencia de caldera	Jefe del Departamento de Mantenimiento
11. Equipos de esterilización en mal estado, uno no reparable	4	Baja eficiencia de operación en Arsenal Quirúrgico	Jefe del Departamento de Arsenal Quirúrgico
12. Tramos de tubería que son conexiones en desuso	4	Pérdida de energía térmica Formación de condensados no extraíbles que generan golpe de ariete y oxidación de la tubería	Técnico de mantenimiento de equipo básico de calderas

Tabla 43. Opciones de mejora que se verifican en el Hospital Nacional José Antonio Saldaña. Clave de los niveles de importancia: 5=muy importante; 4=importante; 3=puede ser necesario; 2=secundario; 1=menos importante

OPCIONES DE MEJORA	NIVEL DE IMPORTANCIA	IMPACTO	REFERENCIA
13. Tubería mal soportada en algunos puntos	3	Sobreesfuerzo mecánico de la tubería que provoca deformaciones indeseables	Técnico de mantenimiento de equipo básico de calderas
14. Tanque de mezcla de condensados con agua suave expuesto al azote del agua lluvia	2	Pérdida de energía térmica Reducción de la eficiencia de caldera	Técnico operador de calderas
15. Inundación de vapor en el ambiente de lavandería, expelido por lavadora horizontal	2	Humidificación de las partes eléctricas de las instalaciones, del ambiente, del material en proceso y de las personas Reducción de la visibilidad	Jefe del Departamento de Lavandería
16. Carencia de equipo destilador de agua	3	Riesgo de contaminación del agua que se esteriliza por existir contacto entre esta y el vapor	Jefe del Departamento de Arsenal Quirúrgico

Tabla 43. Opciones de mejora que se verifican en el Hospital Nacional José Antonio Saldaña. Clave de los niveles de importancia: 5=muy importante; 4=importante; 3=puede ser necesario; 2=secundario; 1=menos importante

OPCIONES DE MEJORA	NIVEL DE IMPORTANCIA	IMPACTO	REFERENCIA
17. Desconocimiento del costo de operación de la caldera	3	Dificultad en la gestión de compra del combustible necesario a futuro, al no conocerse el consumo periódico por un aparato de medición	Jefe del Departamento de Mantenimiento
18. Tubería deteriorada por óxido	3	Indisponibilidad de vapor en los puntos destino de la tubería, por trabajos de reparación fortuitos provocados por roturas en la tubería	Jefe del Departamento de Mantenimiento
19. Parte de tubería ubicada en contacto con el suelo	3	Pérdida de energía térmica, que incrementa el costo de generación de vapor	Técnico de mantenimiento de equipo básico de calderas
20. Ventanales abiertos que permiten la entrada de agua lluvia en cuarto de calderas y en lavandería	3	Pérdida de energía térmica, daño a los equipos, al material en proceso y a las personas	Jefe del Departamento de Lavandería Técnico operador de calderas

Tabla 43. Opciones de mejora que se verifican en el Hospital Nacional José Antonio Saldaña. Clave de los niveles de importancia: 5=muy importante; 4=importante; 3=puede ser necesario; 2=secundario; 1=menos importante

OPCIONES DE MEJORA	NIVEL DE IMPORTANCIA	IMPACTO	REFERENCIA
21. Válvulas en mal estado en el cabezal de vapor ubicado en cuarto de calderas	3	Imposibilidad de cierre del paso al vapor para efectuar operaciones de reparación en tuberías	Técnico operador de calderas

Tabla 43. Opciones de mejora que se verifican en el Hospital Nacional José Antonio Saldaña. Clave de los niveles de importancia: 5=muy importante; 4=importante; 3=puede ser necesario; 2=secundario; 1=menos importante

5.2 PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE VAPOR DEL HOSPITAL JOSÉ ANTONIO SALDAÑA

Dadas las limitaciones del estudiante que elabora el trabajo de graduación, se hace enfoque de cinco opciones de mejora principales para búsqueda de su solución. La tabla 44 muestra el conjunto de opciones a ser analizadas, todas cuentan con nivel de importancia 5, y su correspondiente propuesta de solución de la situación problemática que genera.

OPCIONES DE MEJORA	PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO	DESCRIPCIÓN
<p>1. La demanda conjunta de los equipos instalados es de 97 BHP, que son surtidos por una caldera de 60 BHP trabajando sola. La caldera opera en condiciones de sobrecarga</p>	<p>1. Instalación de 2 calderas nuevas de 125 BHP de combustible diesel y algunos equipos periféricos</p>	<p>Compra e instalación de dos calderas de tubos de humo tipo paquete nuevas de 125 BHP de capacidad, de combustible diesel, capaces de generar 111.55 BHP de vapor saturado, tomando en cuenta un factor de seguridad del 15% de la carga.</p> <p>Con sistema de suavización de agua y sistema de tratamiento interno del agua.</p> <p>Se recomienda seleccionar las calderas Cleaver Brooks de 125 BHP nominal, dado que el rendimiento de caldera ronda el 90% de su capacidad nominal, esto es 112.5 BHP de rendimiento real.</p>

Tabla 44. Opciones de mejora seleccionadas y su propuesta de solución, en base al impacto de carácter muy importante

OPCIONES DE MEJORA	PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO	DESCRIPCIÓN															
	1. Instalación de 2 calderas nuevas de 125 BHP de combustible diesel y algunos accesorios	<p>Proveedor: Tecnica International S.A. de C.V. Colonia Escalón. 1ª calle poniente y 63 avenida norte. Edificio comercial A & M, 3er nivel, local C-15 Teléfono 2260 2255</p> <table border="1" data-bbox="818 667 1386 1010"> <thead> <tr> <th data-bbox="818 667 1036 737">ARTÍCULOS</th> <th data-bbox="1036 667 1187 737">PRECIO UNITARIO</th> <th data-bbox="1187 667 1386 737">PRECIO TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="818 737 1036 800">2 CALDERAS DE VAPOR</td> <td data-bbox="1036 737 1187 800">65 743.50</td> <td data-bbox="1187 737 1386 800">131 487.00</td> </tr> <tr> <td data-bbox="818 800 1036 852">1 SUAVIZADOR</td> <td data-bbox="1036 800 1187 852"></td> <td data-bbox="1187 800 1386 852">3 269.50</td> </tr> <tr> <td data-bbox="818 852 1036 947">1 ALIMENTADOR DE QUÍMICOS</td> <td data-bbox="1036 852 1187 947"></td> <td data-bbox="1187 852 1386 947">1 774.50</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="818 947 1187 1010" style="text-align: right;">TOTAL \$</td> <td data-bbox="1187 947 1386 1010">136 531.00</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="818 1010 1386 1220">Tabla 45. Artículos de la cotización proporcionada por Tecnica International que resultan necesarios de comprar</p> <p data-bbox="818 1220 1386 1268">Ver detalle en anexos 8A y 8B</p>	ARTÍCULOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	2 CALDERAS DE VAPOR	65 743.50	131 487.00	1 SUAVIZADOR		3 269.50	1 ALIMENTADOR DE QUÍMICOS		1 774.50	TOTAL \$		136 531.00
ARTÍCULOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL															
2 CALDERAS DE VAPOR	65 743.50	131 487.00															
1 SUAVIZADOR		3 269.50															
1 ALIMENTADOR DE QUÍMICOS		1 774.50															
TOTAL \$		136 531.00															

Tabla 44. Opciones de mejora seleccionadas y su propuesta de solución, en base al impacto de carácter muy importante

OPCIONES DE MEJORA	PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO	DESCRIPCIÓN
2. Desconocimiento de la eficiencia de caldera	2. Implementación periódica del análisis de gases de combustión de calderas para determinar la eficiencia de combustión	<p>Contratación del servicio de análisis periódico de los productos de combustión de las calderas para prevenir la combustión incompleta que podría generarse por mal funcionamiento del quemador, controlar la eficiencia de caldera y monitorear los gases que se expulsan a la atmósfera.</p> <p>Valor: \$ 452.00</p> <p>Proveedor:</p> <p>Termoprocesos Industriales</p> <p>Col. Layco, 23 Calle Poniente # 814, San Salvador</p> <p>Teléfonos 2226-7420</p> <p>Fax 2226-2669</p> <p>Ver anexo 9</p>

Tabla 44. Opciones de mejora seleccionadas y su propuesta de solución, en base al impacto de carácter muy importante

OPCIONES DE MEJORA	PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO	DESCRIPCIÓN
3. Posible falla en uno o más purgadores del sistema de distribución de vapor	3. Chequeo técnico de los purgadores del sistema de distribución de vapor	<p>Contratación del servicio de monitoreo periódico de los purgadores de toda la red de distribución de vapor para corregir la falla de estos.</p> <p>Período: Seis meses</p> <p>Valor: \$ 565.00</p> <p>Proveedor:</p> <p>Termoprocesos Industriales</p> <p>Col. Layco, 23 Calle Poniente # 814, San Salvador</p> <p>Teléfono 2226-7420</p> <p>Fax 2226-2669</p> <p>Ver anexo 9</p>
4. Tuberías y superficies calientes sin la protección térmica adecuada	4. Colocación de los aislantes térmicos de las tuberías de vapor y condensado del sistema de distribución de vapor, en ambiente interior e intemperie, y de las superficies calientes en cuarto de calderas	<p>Compra del aislante requerido para tuberías de vapor y retorno de condensado, cabezal de vapor y tanque de mezcla de condensados con agua suave</p> <p>El aislante debe ser adecuado a las condiciones ambientales del lugar de la instalación, y debe ser colocado inmediatamente.</p> <p>Aislante. Valor \$ 714.77</p> <p>Proveedor:</p> <p>Vidrí Venezuela Departamento Industrial</p> <p>Teléfono 2271 4033</p>

Tabla 44. Opciones de mejora seleccionadas y su propuesta de solución, en base al impacto de carácter muy importante

OPCIONES DE MEJORA	PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO	DESCRIPCIÓN
	4. Colocación de los aislantes térmicos de las tuberías de vapor y condensado del sistema de distribución de vapor, en ambiente interior e intemperie, y de las superficies calientes en cuarto de calderas	2 láminas de aluminio con barrera de vapor. Valor \$ 791.00 Proveedor: DIDERISA de C.V. Colonia Médica, calle Doctor Roberto Masferrer N° 1329. San Salvador Teléfono 2226 2044 Ver detalle en anexo 10

Tabla 44. Opciones de mejora seleccionadas y su propuesta de solución, en base al impacto de carácter muy importante

OPCIONES DE MEJORA	PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO	DESCRIPCIÓN
5. Lavadora horizontal puede disparar el gasto de vapor si la válvula manual de este no es cerrada oportunamente	5. Colocar un controlador de temperatura digital en la lavadora No. 3 del departamento de lavandería	<p>Compra de un dispositivo medidor de temperatura que al sensor temperatura de ebullición accione una señal luminosa, esto es un foco de 110 volts conectado a uno de los relés de alarma. La instalación sería realizada por el personal técnico del hospital</p> <p>Valor: \$141.25</p> <p>Proveedor:</p> <p>Compres</p> <p>67 avenida sur # 140. Colonia Escalón.</p> <p>San Salvador</p> <p>Teléfono 2246 6666</p> <p>Fax 2246 6677</p> <p>Ver detalle en anexo 11</p> <p>Ver documento electrónico E5CZ.pdf</p>

Tabla 44. Opciones de mejora seleccionadas y su propuesta de solución, en base al impacto de carácter muy importante

Nº	PROPUESTA	VALOR
1	Instalación de 2 calderas nuevas de 125 BHP de combustible diesel, suavizador de agua y alimentador de químicos	136 531.00
2	Implementación periódica del análisis de gases de combustión	452.00
3	Chequeo técnico de los purgadores del sistema de distribución de vapor	565.00
4	Aislantes térmicos según ambiente	1505.77
5	Controlador de temperatura digital con salida de alarma	141.25
TOTAL		\$ 139 195.02

Tabla 46. Resumen del costo de las propuestas de solución y costo total

5.3 BENEFICIO ESPERADO DE LAS PROPUESTAS

Propuesta 1. Instalación de 2 calderas nuevas de 125 BHP tipo paquete y algunos accesorios

La vida útil de una caldera es de 20 años. Las calderas marca York Shipley del hospital son, una de 1974 y la otra de 1984. Su vida útil ha expirado, y esto lleva a que pronto deberían ser sustituidas por otras de menos tiempo de uso.

La demanda de vapor de los servicios internos del hospital, de 97 BHP, no puede ser cubierta por una sola caldera de 60 BHP y es norma de operación de hospitales que haya una funcionando y la otra se encuentre en stand by, por lo que no puede usarse ambas simultáneamente para satisfacer la demanda.

Luego, si la generación real de vapor es de 1808 Libras/hora (ver anexo 9), la respuesta de la caldera N°1 es de 52.4 BHP. Entonces la carga que recibe es de $\frac{97}{52.4} * 100 = 185\%$. Si el

quemador de ambas calderas del hospital quema el combustible a razón de 17 galones/hora a plena carga (una caldera Cleaver Brooks de la misma capacidad lo quema a razón de 18 galones/hora a plena carga. Ver documento anexo FTCB60CC.pdf), al 185 % de carga quemaría 31.45 galones/hora, ver cálculo en seguida.

100 % de carga -----	17 galones/hora	
185 % de carga -----	X	X = 31.45 galones/hora

Una caldera Cleaver Brooks de 125 BHP consumiría 36.4 galones/hora al 100 % de carga (ver en anexo 8B la tabla A1-1). A un 90 % de efectividad de evaporación (ver gráfico 3), estaría brindando 112.5 BHP, y si la demanda de vapor del hospital es de 97 BHP, la carga que soportaría la caldera propuesta es de $\frac{97}{112.5} * 100 = 86\%$. Entonces el gasto de combustible rondaría los 31.3 galones/hora, ver cálculo en seguida.

100 % de carga ----- 36.4 galones/hora

86 % de carga ----- X

X = 31.3 galones/hora

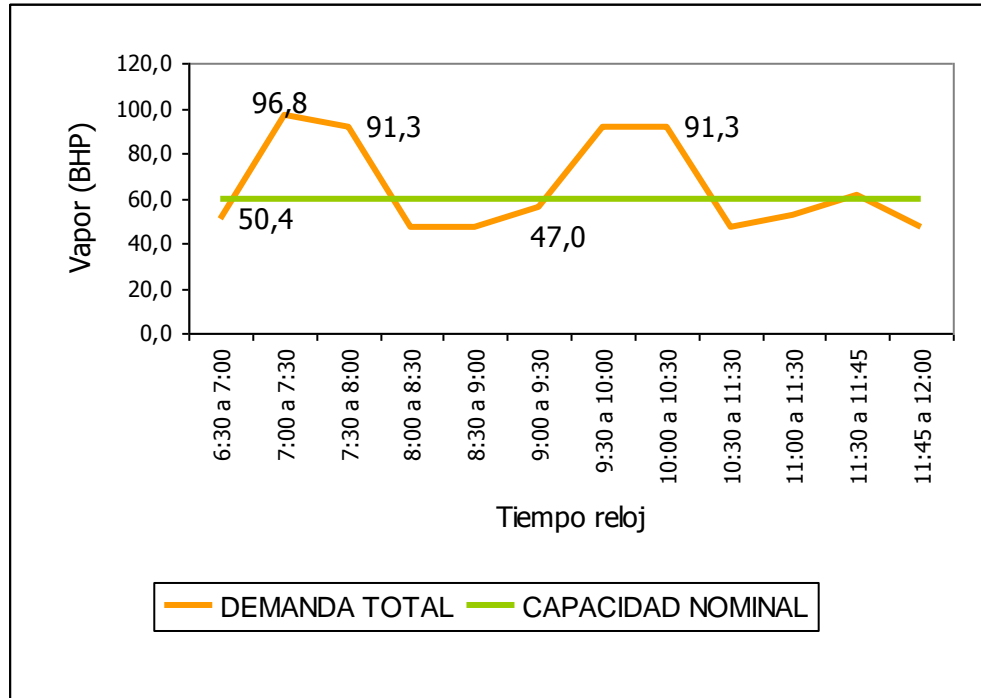


Gráfico 3. Vapor que sería demandado si los equipos en desuso entraran en funcionamiento (línea roja) y capacidad de producción nominal de la caldera (línea verde)

El gasto de combustible es prácticamente el mismo, pero la caldera nueva de 125 BHP no trabajaría en sobrecarga, lo que la libraría de trabajar en baja eficiencia, de generar arrastres de líquido con producto químico por la caída de presión y de paros para limpieza no programados provocados por acumulación de hollín en los tubos de humo por el frecuente encendido del quemador. Según Spirax Sarco, "las calderas y los quemadores deben diseñarse para un funcionamiento eficaz, y deben estar correctamente dimensionados. Una caldera que tiene que cubrir con una carga puntual superior al rango máximo trabajará con una eficacia reducida. La presión puede caer produciendo arrastres que harán que la caldera sea incapaz de proporcionar el vapor de buena calidad que se precisa" (ver anexo SpiraxSarco.pdf página 26).

El gráfico 6 muestra cómo debe ser el comportamiento de la presión de una caldera de tubos de humo según VYC Industrial (ver documento anexo VYCindustrial.pdf), como las del Hospital

Neumológico. Se nota en la línea roja la poca variación de la presión interna de caldera que no asciende ni a un bar manométrico (14.7 psig). Hay que recordar aquí la gran variación de presión de la caldera N°1, que trabajando a 100 psig (6.8 bar manométrico) y habiendo encendido su quemador en 90 psig (6.12 bar manométrico), llega hasta menos de 75 psig (5.1 bar manométrico). Esta variación corresponde a casi 2 bar manométrico, una situación anormal.

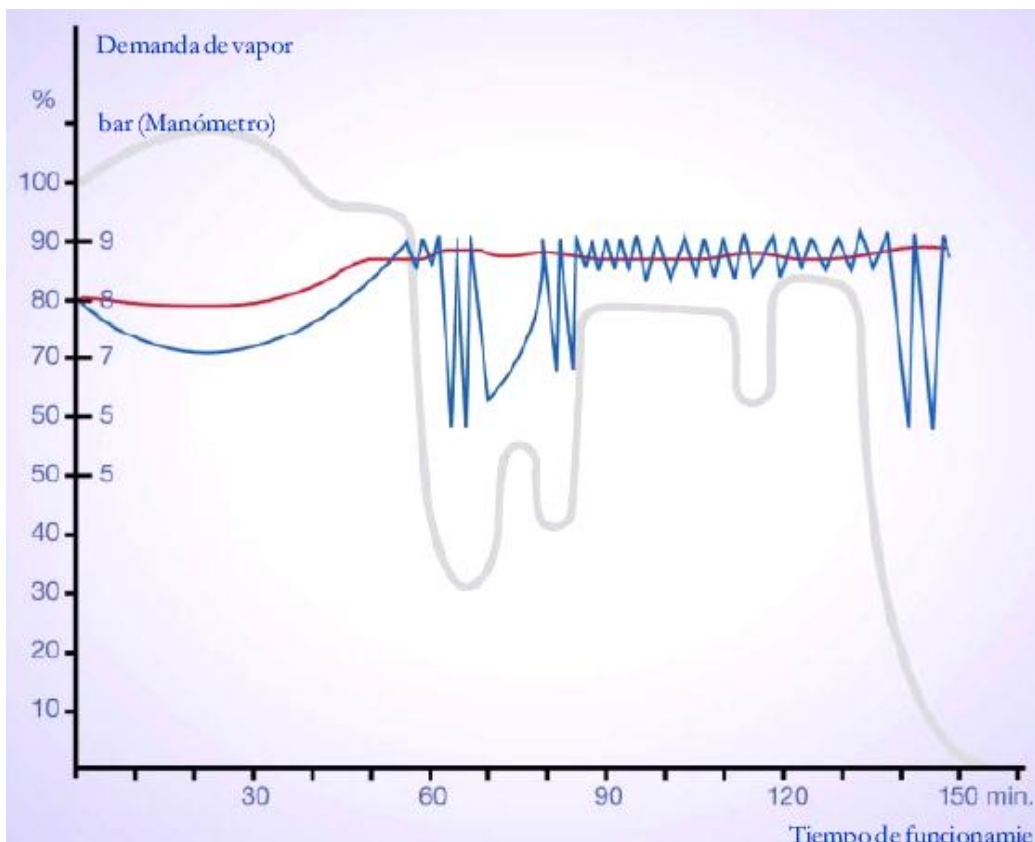


Gráfico 6. Comparación de las presiones de demanda (línea gris), caldera de tubos de agua (línea azul) y caldera de tubos de humo (línea roja). Fuente: VYC Industrial, distribuidor de calderas marca LOOS INTERNATIONAL en España

Otra propiedad importante de las calderas pirotubulares, según VYC Industrial (ver documento anexo VYCindustrial.pdf), es la poca acumulación de hollín por reducida frecuencia de encendido del quemador de combustible. Si la frecuencia de encendido de la caldera N°1 es

alta, se está generando tanto hollín que cubre la pared interior de los tubos de transferencia de calor y esto a su vez genera mayor contaminación y mayor gasto de combustible.

Propuesta 2. Implementación periódica del análisis de gases de combustión de calderas para determinar la eficiencia de combustión.

Según la empresa SELMEC, distribuidor de calderas pirotubulares tipo paquete, los costos anuales de combustible para caldera pueden sumar varias veces la compra del equipo y un sistema de calderas puede fácilmente consumir más de 6 veces el costo del sistema en combustible por año (ver documento anexo CalderasCB.pdf).

Para reducir la posibilidad de consumo excesivo de combustible es necesario echar mano de un análisis periódico de los gases de combustión de la caldera en función. El análisis de los gases indica:

a) El buen o mal funcionamiento del quemador. A partir de esto se realiza la labor de ajuste del quemador para lograr la correcta medida de exceso de aire para una buena combustión, lo que confluente en ahorro de combustible y, por ende, de dinero.

b) La pérdida o aprovechamiento del calor producido por el quemado del combustible en la interfase combustible-vapor. Si el resultado del análisis muestra pérdida de calor considerable a través de los gases que escapan por la chimenea, podría procederse con justa razón al paro de la caldera en cuestión para su limpieza interior.

c) Los niveles de emisión de gases peligrosos y de efecto invernadero al ambiente. Al detectar concentraciones peligrosas, podría buscarse el correctivo que tendería a la reducción de estas por el bien del medio ambiente.

Según Spirax Sarco, "las mayores pérdidas en una caldera se detectaron en los gases calientes descargados por la chimenea" (ver anexo SpiraxSarco.pdf página 26).

El gráfico 7 da cuenta de la gran importancia de la temperatura de evacuación de los gases de combustión. A mayor temperatura de los gases, menor eficiencia de caldera. Se observa también que siguiendo cualquier curva de temperatura, al incrementarse la presencia de oxígeno en los gases de combustión, la eficiencia cae precipitadamente. Esto se da cuando el aire de admisión para llevar a cabo la combustión no está dentro del margen adecuado.

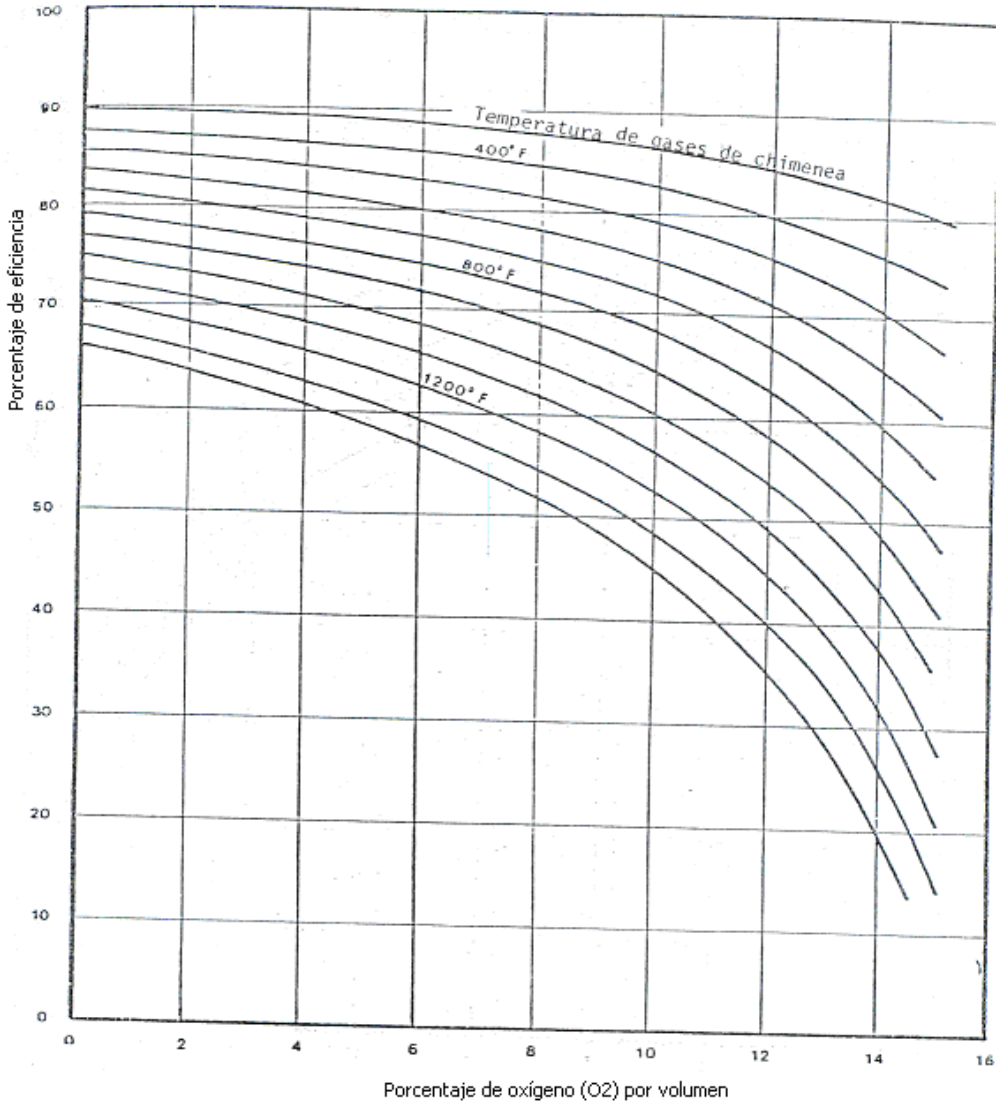


Gráfico 7. Variación de la eficiencia de combustión de una caldera a diesel, según el oxígeno contenido en los gases de combustión

El costo de combustible diario de \$ 284.25 (ver tabla 36) fue encontrado a través del método indirecto para hallar la eficiencia térmica de caldera recomendado por SELMEC Equipos Industriales S.A. de C.V. Hay que recordar que es un valor teórico, dado que no se utilizó instrumentos técnicos de análisis de gases de combustión y por ello se asumió un valor de CO₂ de 10 % para determinar eficiencia y consumo de combustible. Puede inferirse la necesidad económica del servicio de monitoreo de gases de chimenea para la determinación del gasto real de combustible y su aprovechamiento en el proceso de evaporación del agua: Si el aprovechamiento del combustible puede mejorarse a través de recomendaciones emanadas del monitoreo de gases, el ahorro diario de combustible compensaría la inversión de \$ 452.00 semestrales (incluyendo el impuesto al valor agregado).

Propuesta 3. Chequeo técnico de los purgadores del sistema de distribución de vapor.

La purga de todo sistema de distribución de vapor es obligatoria, dada la naturaleza cambiante de la sustancia que viaja por las tuberías al variar su temperatura y presión. La purga del sistema consiste en la extracción de líquido formado en la condensación del vapor, sin permitir la salida de éste. En la instalación del Hospital Saldaña, esta acción es realizada por las 15 trampas de vapor del sistema completo. Cuando estas fallan, hay escape de vapor al ambiente o, el condensado que se forma no es extraído y se queda llenando el espacio interior de las tuberías y produce golpes internos que pueden romper tuberías y dañar equipos. Las fallas individuales de las trampas no son detectables fácilmente y se requiere equipo especializado para ello.

Si una trampa falla abierta, es como si la tubería donde está conectada estuviera abierta. La falla abierta de una sola trampa puede provocar la pérdida de \$ 0.23 por cada hora de trabajo, ver cálculo en seguida.

Datos:

velocidad de escape del vapor = 4.8 km/h = 15 747.84 pies/h

área de escape = 0.304 pul² = 2.11 * 10⁻³ pie² (tubería Φ 1/2 pul nominal)

v = 3.89 pie³/lbm volúmen específico del vapor a 100 psig

Flujo volumétrico = velocidad * área escape

$$\text{Flujo volumétrico} = 15\,747.84 \text{ pie/h} * (2.11 * 10^{-3} \text{ pie}^2)$$

$$\text{Flujo volumétrico} = 33.24 \text{ pie}^3/\text{hora}$$

$$\rho = 1/v = 0.26 \text{ lbm/pie}^3$$

Flujo másico = flujo volumétrico * ρ

$$\text{Flujo másico} = 33.24 \text{ pie}^3/\text{hora} * 0.26 \text{ lbm/pie}^3$$

$$\text{Flujo másico} = 8.64 \text{ lbm/hora}$$

Energía perdida = flujo másico * entalpía de evaporación

$$\text{Energía perdida} = 8.64 \text{ lbm/hora} * 1\,187.89 \text{ BTU/lbm}$$

$$\text{Energía perdida} = 10\,267.24 \text{ BTU/hora}$$

$$\frac{\text{Energía}}{\text{Costo}} = 44420 \frac{\text{BTU}}{\$} \quad (\text{ver anexo 9})$$

$$\$ 1.00 \text{ ----- } 44\,420 \text{ BTU}$$

$$X \text{ ----- } 10\,267.24 \text{ BTU/hora}$$

$$X = \$ 0.23/\text{hora}$$

En conclusión, cada trampa que falla abierta provoca pérdida por veintitrés centavos de dólar cada hora.

TIEMPO	PÉRDIDA (\$)
1 HORA	0.23
1 DÍA DE TRABAJO (6 HORAS)	1.33
1 MES (30 DÍAS)	41.61
1 AÑO	499.26

Tabla 45. Resumen de pérdidas provocadas por una sola trampa fallando abierta

Si hubiera más de una fallando así, la pérdida puede alcanzar valores exorbitantes. Se compensa el costo de \$ 1 130.00 anuales (incluyendo el impuesto al valor agregado) en la implementación semestral del chequeo técnico de los purgadores que oferta Termoprocesos Industriales (ver anexo 12).

Hay que mencionar que el servicio ofertado por esta empresa es de detección y corrección de fallas.

Propuesta 4. Colocación de los aislantes térmicos de las tuberías de vapor y condensados del sistema de distribución de vapor, en ambiente interior e intemperie, y de las superficies calientes en cuarto de calderas

La formación de condensados es mayor si la tubería no está aislada correctamente. Esto implica sobrecargar sin necesidad al generador de vapor, pues debe producir el de uso y también el que se condensa en exceso.

La pérdida anual por no aislar las superficies calientes puede sobrepasar los \$ 2 500.00 (ver tabla 37), es una suma importante.

Las tuberías expuestas al ambiente se deterioran rápidamente si no están cubiertas por aislante de intemperie, por causa del cambio abrupto de temperatura que sufren cuando llueve.

Toda superficie caliente sin protección representa un riesgo para la seguridad de las personas.

Entre menor sea la temperatura del agua de alimentación, menor será la efectividad de evaporación que la caldera proporcione, como se observa en el gráfico 3 que presenta esto último en el eje horizontal con denominación "% de régimen desde y hasta". En cambio, si la temperatura del agua de alimentación es elevada, la cantidad de vapor producido puede incrementarse, el porcentaje de régimen desde y hasta es mayor para una presión particular. La caldera del Hospital Saldaña trabaja a 100 psig (6.8 bar manométrico) y la temperatura de su agua de alimentación es de 50 °C, lo que daría un porcentaje de evaporación del 88% según el gráfico 8. Esto es $2070 * 0.88 = 1821.6$ libras de vapor por hora. Si las superficies

calientes fuesen aisladas, la temperatura del agua de alimentación aumentaría y la cantidad de vapor producido por galón de combustible sería mayor. Habría ahorro económico.

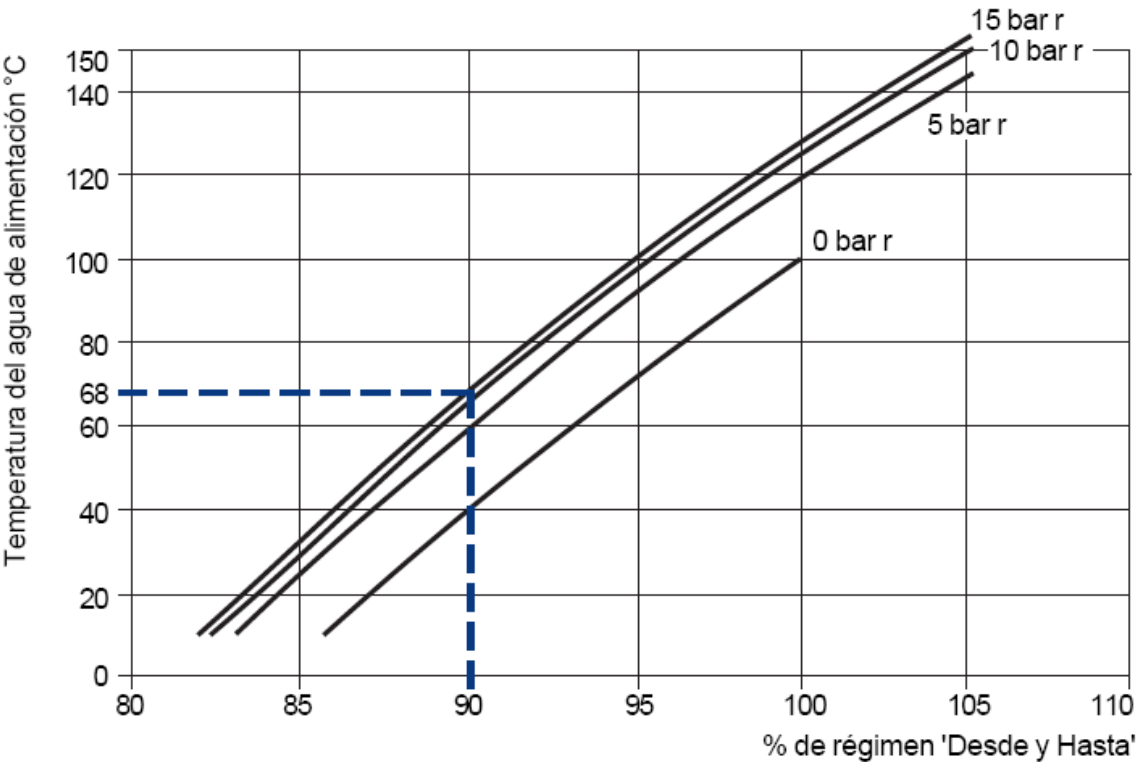


Gráfico 8. Porcentaje de evaporación del agua en caldera, según temperatura del agua de alimentación y presión caldera. Fuente: Spirax Sarco. Ver anexo SpiraxSarco.pdf

Propuesta 5. Colocar un controlador de temperatura digital en la lavadora No. 3 del departamento de lavandería

La lavadora horizontal marca Oñate consume 1 175.22 libras de vapor cada hora (ver tabla 12). Esto implica que por cada minuto, se utilizan 19.6 libras de vapor en esta máquina. Si por cada dólar invertido en el sistema se producen 37.42 libras de vapor (ver tabla 38), es decir que cada minuto de uso del vapor en esta máquina cuesta \$ 0.52, ver cálculo en seguida.

37.42 libras vapor	-----	\$ 1.00	
19.6 libras vapor/minuto	-----	X	X = \$ 0.52/minuto

Las actividades en el departamento de lavandería resultan muy absorbentes, dadas las limitantes de tiempo de disponibilidad del vapor para cubrir la demanda de ropa que se genera en el hospital, que obliga al personal a moverse agitadamente.

Particularmente, la lavadora No. 3, lavadora horizontal marca Oñate, de 300 libras de capacidad, de operación manual requiere que el personal, además de cargarla, abra y cierre válvulas de agua en los enjuagues, abra y cierre válvula de vapor en las fases de lavado.

La acción de cierre del vapor se da cuando la temperatura del agua de lavado llega a la de ebullición, pues el hervor del agua mata bacterias y virus peligrosos y por ello el cierre del vapor se da unos segundos después de alcanzarse esta temperatura. El tiempo que puede tomar hervir al agua oscila los 30 minutos dependiendo de la temperatura y cantidad del agua de lavado. Esta última no es estandarizada, pues depende de la apreciación del personal que estima introducir la suficiente para el lavado y la mínima para evitar el escape de agua caliente de la máquina.

Si la acción de cierre es demorada, el gasto de vapor puede elevarse a razón de \$ 0.52 por minuto. Esto puede ocurrir por causa de las ocupaciones.

Con la alternativa de solución, el cierre sigue siendo manual, pero el problema de desperdicio de vapor causado por el olvido sería minimizado al tener un dispositivo de alarma que indique el momento justo para terminar la inyección de vapor a la lavadora.

Esto ahorraría \$ 0.52 por cada minuto de válvula abierta innecesariamente, como se observa en el gráfico 9. Si se supone que diariamente se da un tiempo excesivo de válvula abierta de escasos 3 minutos, la pérdida sería de \$ 1.56. Al año se acumularía un gasto innecesario de \$ 569.40

Siendo el costo de la propuesta de \$ 141.25, puede recuperarse la inversión en menos de un año.

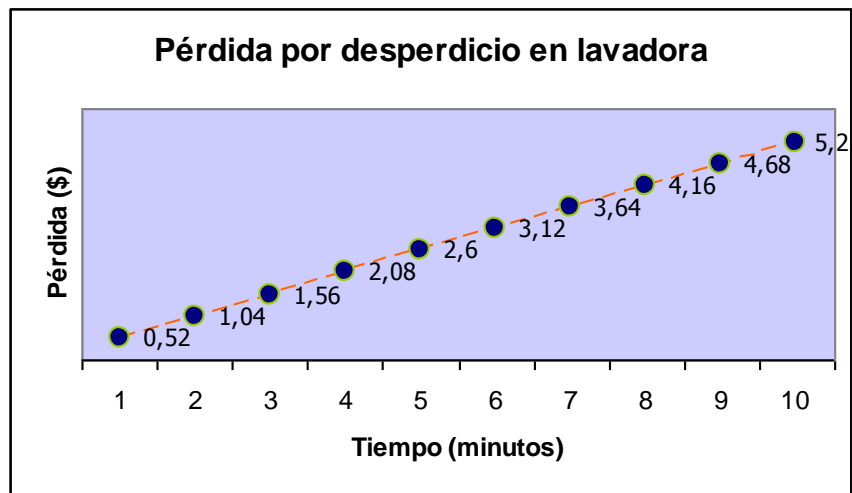


Gráfico 9. Pérdida monetaria por el gasto de vapor después de alcanzarse el hervor en lavadora Nº 3 dentro del departamento de lavandería

CONCLUSIONES

La eficiencia de la combustión es una medida de cómo efectivamente el contenido de calor del combustible se transfiere a calor utilizable y depende principalmente del exceso de aire que atomiza al combustible líquido. Según los Ingenieros Electricistas Moreno, Arana y Flores, cuya tesis se utiliza como referente, "una cantidad de aire excedente inadecuada origina en combustibles no quemados (combustible, hollín, humo, y monóxido de carbono) mientras que demasiado origina una pérdida de calor debida al caudal de gas de humos incrementado, disminuyendo de esta forma la eficiencia total de la caldera de humo a vapor". Así, mejorar el rendimiento de combustión confluye en mejorar el rendimiento térmico.

Los principales controles de una caldera industrial son cinco, pero visto en detalle son realmente diversos y van desde lo más simple, como la placa de identificación que brinda información del modelo y número de serie, hasta aquellos que rigen el modo de operación, manual o automático, e incluso los que son de alerta y seguridad. Todas las funciones de la caldera están dirigidas por estos elementos, y la falla de alguno implica un desequilibrio para el desempeño del equipo.

Siendo los controles tan importantes, se vuelve indispensable conocer cómo actúa y dónde se localiza cada uno, y además reconocer que dependiendo del tipo de equipo es el conjunto de controles con que cuenta. Así, aún siendo similares, no será lo mismo manejar una caldera de agua caliente que una de vapor, una caldera de gas que una de aceite pesado. El mejor referente de las particularidades del control de cada equipo es el fabricante mismo.

Existen factores naturales que inciden en el comportamiento de las sustancias y compuestos que intervienen en el proceso generativo de vapor, como las transferencias de calor que se llevan a cabo en el interior de caldera y entre gases de chimenea y el ambiente. Estos fenómenos tienden a ser standard de marca a marca de caldera, lo que lleva a validar los resultados de pruebas antecedentes.

La eficiencia energética de toda planta generadora de vapor depende de varios factores, entre los que el tipo de control que se usa tiene un papel muy importante, pues cuando es

completamente automatizado, todo el sistema se gobierna en forma eficiente según un programa integrado que realiza los ajustes necesarios para mantener el servicio al mejor rendimiento posible, en forma segura y confiable. Cuando el control es semiautomático, surge la dependencia en cierto grado del elemento humano, con todos sus contrastes y vaivenes, que pueden influir en forma negativa sobre los aspectos de seguridad del equipo, de las instalaciones y del recurso humano, así como en el desempeño eficiente del generador de vapor.

El item mantenimiento del generador, y de las instalaciones en general, debe atenderse y tomar el papel preponderante que juega en cuanto al cuidado del aislamiento térmico, limpieza de superficies de transferencia, programación de trabajos de reparación a manera de no interferir con las actividades productivas de las cuales el vapor es un insumo auxiliar.

En la dinámica de la eficiencia energética entra en acción el componente de Ingeniería que debe buscar el aprovechamiento de la energía yacente en las purgas, los condensados, vapor de residuo y vapor instantáneo.

La capacidad de cobertura de la central de esterilización en el Hospital Saldaña es insuficiente y consume ahora el doble del vapor que consumiría si los equipos para esterilizar paquetes de cirugía e instrumental estuvieran funcionando adecuadamente

Al menos uno de los equipos de esterilización ya no es hábil de ser reparado y debe ser sustituido, por las condiciones insalubres de su superficie interior

El agua que se esteriliza en arsenal quirúrgico puede presentar deficiencias de pureza dadas las limitantes del procedimiento de esterilización utilizado. Se necesita un equipo destilador de agua para garantizar su pureza

La instalación improvisada de arsenal quirúrgico no es la apropiada, dada la exposición a los elementos ambientales y a la intercepción de rutas de materiales contaminados y estériles

La salud y seguridad personal de los empleados del departamento de lavandería están descuidadas, pues las instalaciones no proporcionan las condiciones suficientes para salvaguardarlas

Las medidas higiénicas de protección en el departamento de lavandería no son integrales

Resulta deficiente la funcionalidad del departamento de lavandería como lugar de limpieza y desinfección de las prendas de vestir, sábanas y mosquiteros, dado que no existe una barrera física que diferencie a las zonas contaminada y limpia

La demanda de ropa a lavar no es satisfecha con sólo dos lavadoras a vapor. Es urgente la habilitación de la lavadora No 1 para evitar daños por sobrecarga en las otras dos

La carga mayor para la caldera es proveída por la lavadora No 3 del departamento de lavandería. Ya que esta lavadora es de uso manual, el gasto de vapor depende en gran medida del operador. Si este pierde noción del control de la máquina mencionada, el gasto de vapor se eleva enormemente

El termómetro de la lavadora No 3 goza de crítica importancia pues, en base a su dial, se toma la decisión personal de cerrar o no cerrar la válvula de vapor de la máquina que consume el 41% de toda la demanda en las horas de mayor carga

El empaque de la ropa sucia en los puntos de emisión no es el adecuado

Las tres tomas de vapor sin conexión en lavandería provocan pérdidas de calor y retención de condensados que al enfriarse se vuelven ácidos y corroen el interior de la tubería

Es urgente la implementación de programas de revisión técnica del sistema de trampeo de la instalación de distribución

Dada la carencia de instrumentos técnicos en la instalación, no es posible controlar las variables de gasto de combustible, flujo y calidad del vapor producido, emanación de gases a la atmósfera y eficiencia de caldera. Por lo tanto, no puede establecerse en forma precisa el costo de generación, el rendimiento de producción de vapor y el nivel de contaminación atmosférica que las calderas producen.

El control del consumo de combustible es crítico, debido a que es el insumo más consumido por la caldera en la producción de vapor. El desperdicio generado por mala combustión y deficiente transferencia de calor de los gases de combustión al agua puede llevar a gastos anuales enormes. He aquí la importancia del análisis periódico de los gases de combustión

Ambas calderas han excedido su vida útil y por ello sus costos de operación y mantenimiento tienden a elevarse

La sobrecarga de la caldera se da al activarse la lavadora No 3, esto es por tiempo limitado, pero el tiempo prolongado de quemador encendido y la caída de presión desde 90 psig hasta 75 psig se da en el lapso de toda la mañana, no sólo cuando demanda vapor la lavadora No 3 y, ya que la sobrecarga producida por las pérdidas de calor en la red es de sólo el 2.41%, la deflexión de la presión puede ser indicio de baja eficiencia combustible-vapor en la caldera No 1

Las pérdidas anuales por inexistente o mal aislamiento de las superficies calientes de vapor y condensado ascienden a más de \$ 2 500.00, esto sin tomar en cuenta las fugas por válvulas defectuosas. Es una cantidad considerable y la mayor parte se da en la red de distribución

Los controles operativos de la caldera No 1 funcionan correctamente

Siendo muchas las opciones de mejora que se presentan en las instalaciones de vapor del hospital, resolver algunas de las más urgentes puede optimizar los recursos económicos disponibles

Las propuestas de solución presentadas surgen del examen de la situación actual del hospital, en lo que a generación y uso del vapor se refiere, y procuran mejorar sus condiciones de servicio, la reducción del costo de operación de las calderas y contribuir al cuidado del medio ambiente

Cada propuesta de solución está respaldada por su justificación técnica y económica para establecer la necesidad de su pronta implementación

Aunque la inversión que se realiza al implementar cada propuesta es considerable, la pérdida que se está dando actualmente por las condiciones anómalas de las instalaciones remonta gastos anuales muy altos que podrían moderarse a partir de la implementación y así compensar la inversión

Aunque la caldera en funcionamiento trabaja, su operación es con una sobrecarga que se eleva hasta 85%. Los fabricantes de calderas recomiendan evitar esto por el alto costo y la baja calidad de vapor producido que implica. Prácticamente se necesitaría que las 2 calderas funcionen simultáneamente para cubrir la demanda de vapor del Hospital Neumológico. La necesidad de una caldera de mayor capacidad queda evidenciada y, conviene adquirir la caldera Cleaver Brooks ofrecida por Tecnica International S.A. de C.V. por sus características de confiabilidad, alta eficiencia combustible-vapor, seguridad, vida útil de equipo nuevo, entre otras, que son sustentadas por una marca de renombre internacional. Si bien la inversión en que se incurre es alta, su tiempo de vida útil de 20 años la reduce a \$19.00 diarios por un servicio de vapor de alta calidad y moderado costo.

Aunque la caldera en función fuera nueva, si el ajuste del ingreso de aire al quemador no es el adecuado, la tan buscada alta eficacia no sería alcanzada. Por ello, debe incluirse un análisis de gases caldera para determinar en forma precisa la buena o mala acción del quemador para proceder a ajustarlo convenientemente.

En el entendido de que el vapor se está produciendo a buena tasa de evaporación, a bajo costo de combustible, sin arrastre de líquidos por ser la carga adecuada, pero si las pérdidas de calor y de vapor vivo no son corregidas habrá siempre alto costo de producción. Por ende, es

también necesario implementar medidas previsoras y correctivas de estas pérdidas. El chequeo de los purgadores viene a asegurar que no hay pérdida de vapor vivo al ambiente ni atascamiento de líquido en las líneas de vapor. Esto último produciría golpes que dañan los equipos delicados y la tubería y, cuando es pronunciado, pérdidas de calor. El no incluir la revisión técnica de los purgadores puede elevar el costo de operación de la instalación completa.

El complemento de la protección contra pérdida de lo producido es proveído por el aislante térmico, este tiene que ser adecuado al ambiente y al elemento físico que cubre. Por tanto, debe colocarse el recomendado.

El cambio de lo manual a lo automático es generador de ahorro monetario por la reducción de dependencia del elemento humano para accionar. Si el recurso vapor es dosificado por un dispositivo automático, hay muy baja posibilidad de derroche. Además, las labores del departamento de lavandería son muy necesarias y demandadas por el hospital, vale la pena mejorar su capacidad instalada.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

1) Documentos oficiales

DIARIO OFICIAL República de El Salvador, América Central
TOMO No. 339, NUMERO 79, San Salvador
Lunes 4 de Mayo de 1998

2) Trabajos de graduación:

“Pruebas de eficiencia operativa y mantenimiento de calderas industriales de vapor”; Moreno Azucena, Ángel Ernesto; Arana Saca, José Rafael; Flores Álvarez, Jorge Alberto
Universidad Politécnica de El Salvador
Diciembre de 1993

“Propuesta de mejora en las instalaciones del departamento de servicios de lavandería en el hospital central del ISSS”
Cruz Beltrand, Christian Francisco
Universidad de El Salvador
Julio de 2008

3) Documentos digitales en formato PDF

“GUIA DE ORIENTACIONES PARA LA EVALUACION Y SEGUIMIENTO DE PROYECTOS DE DESARROLLO”
Francisco José Calderón Vázquez, 2008

Curso de calderas
Compañía Suramericana de Seguros S.A.

Monografía. Sistemas de control en calderas de vapor
Universidad de Costa Rica

OPERACION Y MANTENIMIENTO DE CALDERAS
Cámara de comercio de Bogotá, Colombia

Julio 2007

3) Manuales

Directorio telefónico de El Salvador

Manual SELMEC de calderas Cleaver Brooks
6ª edición

Manual de caldera Cleaver Brooks CB-60CC
Documento electrónico en formato PDF

Manual comparativo de caldera pirotubular con caldera de tubos de agua
Documento electrónico nombrado VYCIndustrial.pdf

Caldera pirotubular tipo paquete modelo CB
Documento electrónico nombrado CalderasCB.pdf

Guía de referencia técnica. Calderas y accesorios. Spirax Sarco
Documento electrónico nombrado SpiraxSarco.pdf

Manual de producto del controlador digital de temperatura
Documento electrónico nombrado E5CZ.pdf

Manual de Mejoramiento de la eficiencia de operación de calderas de vapor
Realizado por la Estación Experimental de Ingeniería del Instituto Tecnológico de Georgia
Atlanta, Georgia. 1981
Versión al idioma español por el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología
Industrial ICAITI

4) Entrevistas

Ing. Carlos Francisco Martínez

Jefe de Mantenimiento del Hospital José Antonio Saldaña

Sr. Wilfredo Rosales

Técnico de Mantenimiento de equipo básico de calderas del Hospital José Antonio Saldaña

Sr. Florentino Rivas

Jefe del Departamento de Lavandería del Hospital José Antonio Saldaña

Sr. Héctor Álvarez

Técnico operador de calderas del Hospital José Antonio Saldaña

Srita. Miriam Vásquez

Jefe del Departamento de Arsenal Quirúrgico del Hospital José Antonio Saldaña

5) Ofertantes

Ing. Soraida Beltrán

Representante de ventas de Tecnica International S.A. de C.V.

Ing. Nicolás Santos

Representante de ventas de Termoprocesos Industriales

Sr. Galvin Santamaría

Representante de ventas de Compres

Sr. César Sosa

Representante de ventas de DIDERISA de C.V.

3) Internet

www.marn.gob.sv

www.tijuana.com

www.powermaster.com

www.todoproductividad.com

www.loos.de

www.chemitechno.com

www.girbau.com

www.vycindustrial.com

www.cleaverbrooks.com.mx

ANEXOS

ANEXO 1

GUÍA DEL DIAGRAMA DE FLUJO



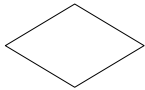
Terminador. Indica inicio o final del flujograma de procesos
Puede rotularse con el nombre de un proceso predefinido



Proceso. Indica una actividad precisa



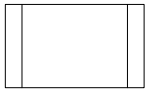
Preparación. Indica una tarea auxiliar del proceso principal



Decisión. Indica un cambio de dirección del flujo de procesos dependiendo de una pregunta que puede resultar verdadera o falsa



Datos. Indica lectura y toma de datos necesarios para el proceso



Proceso predefinido. Indica la existencia de un flujo de proceso definido que no aparece pero está implícito



Almacenamiento interno. Indica la acción de guardar algo para posterior entrega



Comentario. Espacio de notas aclaratorias relacionadas al proceso



Referencia en página. Se rotula con un número e indica que el flujograma de proceso continúa en otro sitio de la misma página apuntado por el mismo símbolo con el mismo número



Referencia a otra página. Se rotula con número e indica que el flujograma de proceso continúa en otra página a partir de un símbolo igual y con el mismo número

ANEXO 2
 SUPERFICIE LÍQUIDA Y CONTENIDO DE TANQUES CILÍNDRICOS HORIZONTALES

% de profundidad "D"	% de volumen de contenido	% de la sección transversal "S"
5	1,87	43,7
10	5,2	59,9
15	9,41	71,2
20	14,23	80
25	19,55	86,7
30	25,23	91,6
35	31,19	95,4
40	37,36	98,1
45	43,64	99,6
50	50	100
55	56,36	96,6
60	62,64	98,1
65	68,81	95,4
70	74,77	91,6
75	80,45	86,7
80	85,77	80
85	90,59	71,2
90	94,8	59,9
95	98,13	43,7
100	100	0

ANEXO 3

PÉRDIDAS DE CALOR EN TUBERÍAS DESCUBIERTAS

(Btu por hora por pie lineal de tubería)

Diámetro nominal de la tubería (pul)	Pies ² de superficie exterior de tubería por pie lineal	Diferencia de temperatura (°F)								
		50	100	150	200	250	300	350	400	450
1/2	0,22	21,5	47,3	79,2	117,3	162,3	215,2	279,3	355,1	441,7
3/4	0,275	26,8	59,2	99	146,6	202,9	269	349,1	443,9	552,1
1	0,344	33,5	74	123,8	183,4	253,8	336,4	436,7	555,2	690,6
1 1/4	0,435	42,4	93,6	156,6	231,9	320,9	425,4	552,2	702,1	873,3
1 1/2	0,498	48,6	107,2	179,3	265,4	367,4	487	632,2	803,8	999,7
2	0,622	60,7	133,9	223,9	331,5	458,9	608,3	789,6	1004	1249,9
2 1/2	0,753	73,4	162,1	271,1	401,4	555,6	736,4	955,9	1215	1512
3	0,917	89,4	197,3	330,1	488,8	676,6	896,8	1164	1480	1841
4	1,178	114,9	253,5	424,1	627,9	869,1	1152	1496	1901	2365
5	1,456	142	313,3	524,2	776,1	1074	1424	1848	2350	2923
6	1,734	169,1	373,2	624,2	924,2	1279	1696	2201	2799	3481
8	2,257	220,1	485,7	812,5	1203	1665	2207	2865	3643	4531
10	2,817	274,7	606,2	1014	1502	2078	2755	3576	4547	5655
12	3,338	325,5	718,3	1202	1779	2463	3265	4238	5388	6701
14	3,663	357,1	788,3	1319	1952	2703	3582	4650	5912	7354
16	4,188	408,3	901,3	1508	2232	3090	4096	5317	6759	8407
18	4,176	459,8	1015	1698	2514	3480	4612	5987	7612	9467
20	5,235	510,4	1127	1885	2790	3862	5120	6646	8449	10510

ANEXO 4

PORCENTAJE DE PÉRDIDAS DE CALOR. ACEITE COMBUSTIBLE No 2 (DIESEL)

Diferencia de temperatura entre el flujo de gas y el cuarto de calderas en grados fahrenheit

% CO2	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600
3	24,1	25,8	27,7	29,3	31,3	33,9	34,8	36,4	38,2	40	42,9	44,8	45,5	47	49	50,8	52,4	54,3	56	57,9	59,6
3,5	21,7	23,1	24,8	26,2	27,8	29,2	31,7	32,5	33,9	35,3	36,9	38,5	40	41,7	43,1	44,8	46,1	47,8	49,4	50,9	52,2
4	19,9	21,2	22,5	24,9	25,2	26,5	27,9	29,2	31,7	32	33,3	35,8	36	37,3	38,7	40	41,4	42,9	44,1	45,5	46,9
4,5	18,4	19,7	20,8	22	23,2	24,4	25,6	26,9	28	29,3	30,4	31,8	32,9	34,2	35,6	36,7	37,8	39	40,1	41,2	42,5
5	17,2	18,5	19,5	20,7	21,7	22,7	23,8	24,9	26	27,1	28,2	29,4	30,3	31,5	32,7	33,8	34,9	35,9	36,8	38	39,2
5,5	16,3	17,4	18,4	19,4	20,4	21,3	22,3	23,3	24,3	25,4	26,3	27,3	28,4	29,4	30,6	31,4	32,4	33,6	34,5	35,3	36,4
6	15,6	16,5	17,4	18,3	19,3	20,4	21,2	22	23	23,9	24,9	25,8	26,8	27,7	28,6	29,5	30,4	31,4	32,3	33,1	34,2
6,5	14,9	15,7	16,7	17,5	18,4	19,3	20,1	20,9	21,8	22,7	23,6	24,5	25,3	26,1	27	27,8	28,8	29,6	30,6	31,3	32,3
7	14,4	15,3	16	16,8	17,8	18,4	19,3	20,1	20,9	21,7	22,4	23,2	24,1	24,9	25,7	26,5	27,3	28,1	28,9	29,8	30,5
7,5	13,9	14,6	15,4	16,2	16,9	17,7	18,5	19,2	20,1	20,7	21,3	22,2	23	23,8	24,5	25,2	26	26,8	27,5	28,2	29
8	13,5	14,3	14,9	15,7	16,3	17,1	17,7	18,5	19,3	20	20,7	21,4	22,1	22,8	23,5	24,2	25	25,7	26,3	27	27,8
8,5	13,2	13,8	14,5	15,2	15,8	16,5	17,3	17,8	18,6	19,3	20	20,6	21,3	21,9	22,6	23,3	23,9	24,6	25,3	25,9	26,7
9	12,8	13,4	14,1	14,7	15,4	16	16,7	17,3	17,9	18,6	19,3	20	20,6	21,2	21,8	22,4	23,1	23,8	24,4	25	25,7
9,5	12,5	13,2	13,7	14,3	14,9	15,7	16,3	16,8	17,4	18,1	18,6	19,3	19,9	20,5	21,1	21,7	22,4	22,9	23,5	24,1	24,8
10	12,3	12,8	13,4	14	14,6	15,2	15,7	16,3	16,9	17,5	18,1	18,7	19,3	20	20,5	21	21,6	22,2	22,8	23,4	24
11	11,8	12,4	12,8	13,4	13,9	14,5	15	15,5	16,2	16,7	17,2	17,8	18,3	18,7	19,4	20	20,5	20,9	21,5	22	22,6
12	11,4	11,8	12,5	12,9	13,4	13,9	14,4	14,9	15,4	15,9	16,4	16,9	17,4	17,9	18,4	18,9	19,5	20	20,5	20,9	21,4
13	11,2	11,6	12,1	12,5	12,9	13,4	13,9	14,3	14,7	15,3	15,8	16,3	16,7	17,2	17,7	18,1	18,6	19,1	19,6	20,1	20,5
14		11,3	11,8	12,2	12,6	13	13,4	13,8	14,3	14,8	15,3	15,6	16,2	16,5	16,9	17,4	17,8	18,3	18,7	19,2	19,7
15			11,4	11,7	12,4	12,6	13,1	13,5	13,8	14,3	14,8	15,3	15,6	15,9	16,4	16,7	17,3	17,7	18,1	18,4	18,9

ANEXO 5

CARACTERÍSTICAS REPRESENTATIVAS DE ACEITES COMBUSTIBLES

CARACTERÍSTICAS REPRESENTATIVAS DE ACEITES COMBUSTIBLES

Grado	Punto de inflamabilidad (°F)	Punto de escurrimiento (°F)	Gravedad Grados API	Densidad (lb/galón)	Viscosidad Saybolt Univ (Seg)	Contenido promedio de azufre (%)	Poder calorífico (BTU/galón)
No 1	100	0	38-45	6,95-6,68	28-33	0,081	137000-132900
No 2	100	15	30-38	7,30-6,96	33-38	0,25	141800-137000
No 4	130	20	20-28	7,79-7,40	45-125	0,87	148100-143100
No 5 liviano	130	45	17-22	7,94-7,69	150-300	1,35	150000-146800
No 5 pesado	130	50	14-18	8,08-7,89	350-750	1,52	152000-149400
No 6	150	75	8-15	8,45-8,05	900-9000	1,6	155900-151300

ANEXO 6

VALORES DEL FACTOR DE EVAPORACIÓN A TRES PRESIONES CALDERA Y
DISTINTAS TEMPERATURAS DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN

Temperatura del agua de alimentación		Presión Kg/cm2 Lbs/pul2		
		6,33	7,03	7,73
°C	°F	90	100	110
0,0	32	1,223	1,225	1,226
4,4	40	1,215	1,217	1,218
10,0	50	1,205	1,206	1,208
15,6	60	1,194	1,196	1,198
21,1	70	1,184	1,186	1,187
26,7	80	1,174	1,176	1,177
32,2	90	1,164	1,165	1,167
37,8	100	1,153	1,155	1,156
43,0	110	1,143	1,145	1,146
49,0	120	1,133	1,134	1,136
54,0	130	1,123	1,124	1,126
60,0	140	1,112	1,114	1,115
66,0	150	1,102	1,104	1,105
71,0	160	1,092	1,093	1,095
77,0	170	1,081	1,083	1,084
82,0	180	1,071	1,073	1,074
88,0	190	1,061	1,062	1,064
93,0	200	1,050	1,052	1,053
99,0	210	1,040	1,042	1,043

ANEXO 7

TRATAMIENTO DE AGUA DE CALDERAS

HOJA DE REPORTE DE SERVICIO DE CALDERAS



EMPRESA: <u>Hospital Saldana</u>	ATENCION A: <u>Ing. Geo. Martinez</u>
DIRECCION: <u>Planes Perdomos</u>	ASESOR TECNICO: <u>Ricardo Arbizu</u>

Teléfonos de Servicio:
 El Salvador : TEL (503) 2530-6677
 Honduras: (504) 504-4363
 Guatemala: (502) 2483-8614

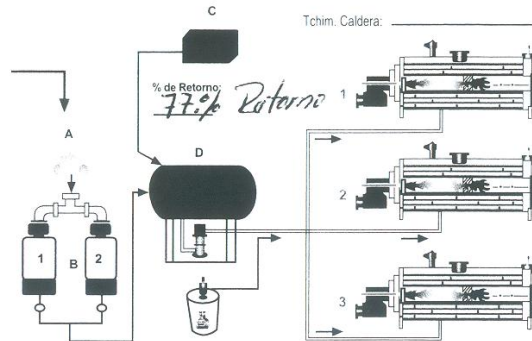
Agua Cruda (A):
 DT _____ ppm
 TSD _____ ppm
 Cl⁻ _____ ppm
 Alc. "P" _____ ppm
 Alc. "M" _____ ppm
 pH _____

Condensado (C):
 pH 7.9
 TSD 30 ppm

CONDICIONES MECANICAS DE OPERACION

p.oper. Caldera: _____

Tchm. Caldera: _____



OBSERVACIONES SOBRE OPERACION DEL SISTEMA:

- * Buzosador 1 bien regenerado con 0 ppm Dureza total
- * Buzosador 2 en mantenimiento.
- * Caldera activa con 1,920 ppm de sulfatos disueltos.
- * Alcalinidades bien controladas con 500 ppm total y OH 500 ppm.
- * Buen Residual fosfonato con 21 ppm.
- * Buen Control de sistema, parametros equivalentes en sus valores.

Muestra ↓	Parámetro →	Sulfito 20-40 ppm	Alc. "P" 300-600 ppm	Alc. "M" 400-900 ppm	Alc. "OH" 200-600 ppm	pH 10.5 - 11.5	TSD Max 3000 ppm	C.C.	Cloruros Max 600 ppm	Dureza "T" 0 ppm	Fosfonato 5-30 ppm	Polimero 5-15 ppm
Alimentación (D)			50	100		7.5	35		20	0		
Caldera 1:	HP											
Caldera 2:	HP	70	700	900	500	10.5	1,920	55	50	0	21	
Caldera 3:	HP											

Régimen de Purga:	Dosificación:
Caldera 1: <u>BCI - 200</u>	Al. <u>300 ml / día</u>
Caldera 2: <u>BCI - 300</u>	AC. <u>300 ml / día</u>
Caldera 3: <u>Sulfitech</u>	AO. <u>2onz / día</u>

RECOMENDACIONES:
 - purgar 2 al día con 10 seg fondo, mas una purga adicional de 5 seg / fondo por 3 días, luego purga normal de 2 al día.
 Nota: * No aplicar Sulfitech por 2 semanas, luego de 5 normales para reactivar Residual (20 a 40 ppm).

Asesor Técnico: [Signature]

Fecha: 23 de Sept. del 2009

Recibido por: [Signature]

ANEXO 8A
COTIZACION DE PROPUESTA 1



TECNICA
INTERNATIONAL S.A. DE C.V



Página 1 de 3

COTIZACIÓN N° 17-10

San Salvador, 30 de Abril de 2010

Cliente: HOSPITAL NEUMOLOGICO
At.: Sr. Mauricio Meléndez
Ref.: Cotización calderas CLEAVER BROOKS 125 BHP y 150 psi.

Estimado Sr. Mauricio Meléndez:

De acuerdo a su interés, tenemos el agrado de presentarle la siguiente cotización.

Una caldera piro-tubular del tipo Paquete, de 4 pasos y 5 pies cuadrados de superficie de calefacción por HP, marca Cleaver Brooks, modelo CBLE 100-125-150

Presión de diseño: 150 psi, presión máxima de operación: 135 psi.

Producción de vapor: 1,956 Kg/hr,

Alimentación: 230 VAC, 3 fases y 60 Hz., control 115 VAC ,1 fase y 60 Hz.

Combustible: Fuel oil No. 2 (Diesel)

Control programador: control electrónico CB-780

Consumo aproximado de combustible: 141.94 lt/hr (diesel / 9,321 kg-cal/l)

Peso: 5,806.08 Kg. aproximado

Garantía: 12 meses después de arranque ò 18 meses después de fecha de despacho

Accesorios adicionales

- Válvula de seguridad.
- Sensor auxiliar de nivel de agua "cut-off", warrick E-2
- Alarma
- **Control de alimentación de agua: Level master (producto exclusivo Cleaver Brooks, sustituye el tradicional Mc Donnell & Miller / Alta confiabilidad para evitar daños por bajo nivel de agua / ver información anexa).**
- Bomba de combustible de la caldera
- Filtro doble para combustible
- Cámara/compuerta de alivio de 7" en puerta trasera
- Circuit Breakers para el compresor, ventilador, y el control

**Precio de 1(una) caldera: \$ 65,743.50 Ex Works **
(221 Law Street, Thomasville, GA 31792, USA)**



TECNICA
INTERNATIONAL S.A. DE C.V.



Página 2 de 3

ARRANQUE LOCAL INCLUIDO POR NUESTRO PERSONAL TECNICO!
(PARA EFECTOS DE GARANTIA)
NO INCLUYE LAVADO QUIMICO DE LA CALDERA (A REALIZAR POR
LA COMPAÑIA DE SUMINISTRO DE QUIMICOS CON LA CUAL
TRABAJAN)

Valvuleria y Accesorios:

- 1 válvula de purga apertura lenta de 1 1/2", roscada
- 2 válvulas de purga apertura rápida de 1 1/2", roscadas
- 1 válvula de alimentación de agua globo 1 1/2", roscada
- 2 válvulas de alimentación de agua check 1 1/2", roscadas
- 1 válvula para cabezal de vapor 4", flangeada

Precio por lote: USD 3,241.00 Ex Works **

- 1 válvula de no retorno de vapor de 2.5", flangeada, incluye dos spool para conexión en tubería de 4".

Precio por lote: USD 3,262.00 Ex Works **

EQUIPOS PERIFERICOS:

Suavizador

Tipo: FSE-30-1-TWIN-ED, de dos tanques de fibra de vidrio, control electrónico de demanda, 1 ft³ por cada tanque, capacidad de 30,000 granos cada tanque/columna (60,000 en total). Diámetro de tubería de 1 ". Incluye un tanque de sal.

NOTA: El suavizador se cálculo en base a una dureza de 150 ppm, un ciclo de trabajo de 6 horas y un porcentaje de retorno de condensado del 70%.

Precio de un suavizador: USD 3,269.50 Ex Works**

Alimentador de Químicos

Tipo: 55-P-1-V-10, tanque de polietileno de 55 gal., 1 bomba de pistón (desplazamiento positivo), 115 VAC.

Precio por alimentador de químicos: USD 1,774.50 Ex Works**



TECNICA
INTERNATIONAL S.A. DE C.V



Página 3 de 3

Tanque de Condensados

Tipo Duplex (1 bomba en función + 1 bomba en stand by), Modelo: IDS-CR3-15K, 12.94 gpm, motor 3 Hp, tanque de 100 GAL., trifásico (230 VAC), bomba Grundfos, McD & M N°21 interno, válvula de 3 vías, termómetro y visor de nivel.

Precio por un tanque de condensados: USD 10,551.50 Ex Works**

Separador de purgas

Tipo: A34B, espesor de lámina: 3/8", incluye válvula y accesorio para regulación de temperatura de agua de drenaje. Diámetro de entrada de agua de 1 1/2", drenaje de 4" y venteo de 5".

Precio por un separador de purgas: USD 2,584.50 Ex Works **

CONDICIONES GENERALES

Tiempo de entrega: 12-14 Semanas a confirmar al colocar el pedido

Entrega: 221 Law Street, Thomasville, GA 31792, USA.

20% anticipo y 80% carta de crédito irrevocable pagadera contra entrega de nota de recepción de su transportista

Nota: La oferta no incluye descarga de lo equipos desde el contenedor hasta el sitio de instalación de los mismos, el desmontaje, ni la instalación de interconexiones eléctricas y mecánicas de la caldera y sus periféricos. No se incluyen trabajos de obra civil.

La cotización tiene validez por 30 días.

Esperando poder servirles

Atentamente,

Soraida Beltrán
Técnica Internacional S.A. de C.V.
Representante de Cleaver Brooks para El Salvador

ANEXO 8B
ESPECIFICACIONES DE CALDERAS

Table A1-1. Model CB-LE Steam Boiler Ratings

BOILER HP	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	750	800
	RATINGS SEA LEVEL TO 700 FT											
Rated Steam Cap. (lbs/hr from and @ 212 °F)	4313	5175	6900	8625	10350	12075	13800	17250	20700	24150	25875	27600
Btu Output (1000 Btu/hr)	4184	5021	6695	8369	10043	11716	13390	16738	20085	23432	25106	26779
	APPROXIMATE FUEL CONSUMPTION AT RATED CAPACITY											
Light Oil (gph) ^A	36.4	43.7	58.3	72.9	87.5	102.1	116.6	145.8	175.0	204.1	218.7	233.3
Natural Gas (cfh) MBtu	5103	6124	8165	10206	12247	14288	16329	20412	24494	28576	30618	32659
Gas (Therm/hr)	51.0	61.2	81.7	102.1	122.5	142.8	163.3	204.2	245.0	285.8	306.2	326.6
	POWER REQUIREMENTS - SEA LEVEL TO 700 FT, 60 HZ											
Blower Motor hp	Refer to Tables A1-3 and A1-4											
Oil Pump Motor, hp No. 2 Oil	1/2	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	1	1	1
Air Compressor Motor hp (Oil firing Only)	3	3	3	3	3	3	7-1/2	7-1/2	7-1/2	7-1/2	7-1/2	7-1/2

NOTES:

A. Based on 140,000 Btu/gal.

ANEXO 9

COTIZACION DE PROPUESTAS 2 Y 3

		FECHA	FOLIO		
		03-May-10	CC-S-M 03052010-1		
<p>SERVICIOS DE INGENIERÍA, PROCESOS TÉRMICOS, RECONSTRUCCIÓN DE MAQUINARIA, FABRICACIÓN DE TANQUES.</p> <p>23 CALLE PONIENTE, COLONIA LAYCO # 814 SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRAL AMÉRICA. TEL/FAX 503-226-7420, 226-2669</p>					
		COTIZACIÓN			
CLIENTE CORTE DE CUENTAS TEL.: 22811876		ATENCIÓN: SRITA.CECILIA CANDELARIA DE: ING. NICOLAS W. SANTOS ING. LIZETT RIVERA E-MAIL: ventas@termoprocessos.net			
Part.	Cant.	DESCRIPCIÓN	PRECIO	TOTAL	ENTREGA
1	1	Servicio de monitoreo y mantenimiento periódico para cada 6 meses de 15 purgadores de toda la red de distribución de vapor existente.	\$500.00	\$ 500.00	2-3 semanas
2	1	Servicio de análisis periódico de gases de caldera a diesel o aceite # 2 pirotubular, 3 fases 220 v, presión de diseño 150 psig, presión de trabajo 100 psig	\$ 400.00	\$ 400.00	
		NIT: 0608-131067-001-9			
		FORMA DE PAGO: CONTADO PRECIOS INCLUYEN IVA			
			Sub-total	\$ 900.00	
			lva	\$ 117.00	
				\$ 1,017.00	
VALIDEZ DE LA OFERTA: 30 DIAS					
		EN CASO DE FAVORECERNOS CON SU ORDEN HACERLA , A NICOLAS WILFREDO SANTOS MOLINA			
		PRECIOS Y CONDICIONES SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO		ATENTAMENTE, ING. NICOLAS W. SANTOS MOLINA TERMOPROCESOS INDUSTRIALES	

ANEXO 10

DETALLE DEL MATERIAL NECESARIO PARA AISLAR LAS SUPERFICIES CALIENTES Y COTIZACIÓN DE LOS AISLANTES

- Aislante para tubería

AISLAMIENTO PREFORMADO PARA TUBERÍA					
INTEMPERIE			BAJO TECHO		
Φ (pul)	LONGITUD (pie)	ESPEJOR MÍNIMO (pul)	Φ (pul)	LONGITUD (pie)	ESPEJOR MÍNIMO (pul)
1/2	205	3/4	1/2	70	3/4
3/4	205	3/4	3/4	130	3/4
			1	2	3/4
			1 ½	87	3/4

- Un rollo de colchoneta armada de fibra de vidrio:

48 centímetros de ancho
 33 yardas de longitud
 1.5 pulgadas de espesor

- 3 unidades de cinta adhesiva aislante térmico para tubería de vapor

- 2 láminas de aluminio con barrera de vapor

longitud 100 pie
 ancho 3 pie
 espesor 0.4 milímetro

**Almacenes Vidri
SAN MIGUELITO**

29 C. PTE. Y 1A. AVE. NTE. No. 207, BARRIO SAN MIG
TELEFONO: 2225-9500 FAX: 2226-3955

COTIZACION No. 46172

FECHA: 14/06/2010
PARA: HOSPITAL NEUMOLOGICO
DIRECCION: SAN SALVADOR
TELEFONO: FAX :

ATENCION: HOPITAL NEUMOLOGICO
DE: FRANK ATILIO LOPEZ RAMOS

ASUNTO: COTIZAR
TERMINOS: CONTADO

PAGINA: 1

CODIGO	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	PRECIOS	TOTAL
41563	CANUELA FIBRA VIDRIO 1/2"X1"X3'	PZA	24.00	6.100	146.40
41564	CANUELA FIBRA VIDRIO 3/4"X1"X3'	PZA	43.00	5.900	253.70
41565	CANUELA FIBRA VIDRIO 1"X1"X3'	PZA	1.00	6.800	6.80
41567	CANUELA FIBRA VIDRIO 1.1/2"X1"X3'	PZA	29.00	5.900	171.10
6431	FIBRA DE VIDRIO 1.1/2x48"x100'	YAR	33.00	3.200	105.60
22542	CINTA DE HULE 3M 23 3/4"/1"X30'	RLL	3.00	10.390	31.17

VALIDEZ DE LA OFERTA 00 DIAS	SUBTOTAL:	714.77
NOTA PRECIOS YA INCLUYEN IVA		0.00
	TOTAL ()	714.77


FRANK ATILIO LOPEZ
VENDEDOR

AUTORIZADO

ACEPTO

ANEXO 11

COTIZACIÓN DE PROPUESTA Nº 5



Compras

33488

NUEVO PBX.: 2246-6666 NUEVO FAX: 2246-6677

Cotización

Cliente: HOSPITAL NACIONAL DE NEUMOLOGIA
Dirección: KM. 8-1/2 CARRETERA A LOS PLANES DE RENDEROS,
Ciudad:
Depto.: SAN SALVADOR
Código Cliente: 363

SAN SALVADOR
 7-jun-2010

Atencion : MAURICIO MELENDEZ
Vendedor: Galvin Santamaría
Observaciones:

VALIDEZ OFERTA: 15
DIAS CREDITO: 30
TIEMPO DE ENTREGA: INMEDIATO
Condiciones de Pago: Credito

CODIGO	QTY	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
E5CZR2MTAC100240	1	CONTROLADOR DE TEMPERATURA DIGITAL V.E., ALIMENTACION 100-240 VAC, ENTRADA DE TERMOCUPLA/RTD, 1-SALIDA DE RELE Y 2-ALARMAS DE RELE, 1/16 DIN (48 x 48 mm)	\$125.00	\$125.00

SON: CIENTO CUARENTA Y UN 25/100 DOLAR

Gravado	125.00
(0.00%)	
SUBTOTAL	125.00
IVA	16.25
TOTAL:	\$ 141.25

Existencias Sujetas a Ventas

ANEXO 12. PLANOS

RECINTO HOSPITALARIO

ISOMÉTRICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR Y CONDENSADOS