



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

**PROPUESTA DEL PROGRAMA ADMINISTRATIVO PARA EL
MANTENIMIENTO DE LAS LÍNEAS DE VAPOR DEL HOSPITAL
SAN JUAN DE DIOS**

Elvis Wagner Fernando Coyoy Zacarias

Asesorado por el Ing. Maria del Rosario Colmenares

Guatemala, octubre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



**PROPUESTA DEL PROGRAMA ADMINISTRATIVO PARA EL
MANTENIMIENTO DE LAS LÍNEAS DE VAPOR DEL HOSPITAL SAN JUAN
DE DIOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ELVIS WAGNER FERNANDO COYOY ZACARIAS
ASESORADO POR LA ING. MARIA DEL ROSARIO COLMENARES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| VOCAL I | Inga. Glenda Patricia García Soria |
| VOCAL II | Lic. Amahán Sánchez Álvarez |
| VOCAL III | Ing. Julio David Galicia Celada |
| VOCAL IV | Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz |
| VOCAL V | Br. Elisa Yazminda Vides Leiva |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivonne Veliz Vargas |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

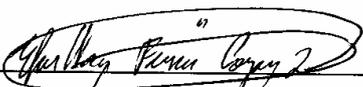
| | |
|------------|---|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | Ing. Carlos Aníbal chicojay Coloma |
| EXAMINADOR | Ing. Cesar Leonel Ovalle Rodríguez |
| EXAMINADOR | Inga. Claudia Lizeth Barrientos de Castillo |
| SECRETARIO | Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA DEL PROGRAMA ADMINISTRATIVO PARA EL MANTENIMIENTO DE LAS LÍNEAS DE VAPOR DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS,

tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 20 de junio de 2005.


Elvis Wagner Fernando Coyoy Zacarías

Guatemala, 1 de Agosto de 2006.

Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director de Escuela Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Por este medio me permito informar, que se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación titulado "**PROPUESTA DEL PROGRAMA ADMINISTRATIVO PARA EL MANTENIMIENTO DE LAS LINEAS DE VAPOR DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS**" elaborado por el estudiante Elvis Wagner Fernando Coyoy Zacarías, y después de haberle realizado las correcciones pertinentes considero que cumple con los objetivos trazados.

Por lo tanto hago de su conocimiento que, a mi criterio, el trabajo presentado reúne los requisitos necesarios para continuar el proceso correspondiente.

Atentamente,



Ingeniera María del Rosario Colmenares Samayoa de Guzmán
Colegiada 2706
ASESORA

Ing. María del Rosario Colmenares
INGENIERA
COLEGIADA 2706

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DEL PROGRAMA ADMINISTRATIVO PARA EL MANTENIMIENTO DE LAS LINEAS DE VAPOR DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS**, presentado por el estudiante universitario **Elvis Wagner Fernando Coyoy Zacarias**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Roberto Valle González
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2006.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DEL PROGRAMA ADMINISTRATIVO PARA EL MANTENIMIENTO DE LAS LÍNEAS DE VAPOR DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS**, presentado por el estudiante universitario **Elvis Wagner Fernando Coyoy Zacarias**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2006.



/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.336.2006

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DEL PROGRAMA ADMINISTRATIVO PARA EL MANTENIMIENTO DE LAS LÍNEAS DE VAPOR DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS**, presentado por el estudiante universitario **Elvis Wagner Fernando Coyoy Zacarías**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, Septiembre 18 de 2006

/gdech

Todo por ti, Cerebralia Mía
Dr. Carlos Martínez Durán
2006: Centenario de su Nacimiento

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser mi guía, y estar conmigo en todos los momentos de tristeza y alegría; porque ha inclinado a mi su oído, por tanto lo invocare en todos mis días.

A mis Padres

Lic. Olga Marina Zacarias y Víctor Delfino Coyoy, por haberme traído al mundo y haberme tenido paciencia hasta el día de hoy, agradeciéndoles el apoyo y la oportunidad de ser alguien con principios éticos y morales con temor a Dios

A Mis Hermanos

Hugo Alejandro y Eder, con cariño, gracias por su paciencia en estos años.

A Mis Tíos y Primos

Con aprecio, gracias por sus consejos.

Mis Amigos

De Infancia, Instituto Adolfo V. Hall y Universidad y a los que me vieron crecer en la vida, gracias por estar conmigo en todos los momentos que anduvimos juntos y espero haber sido un buen amigo para todos.

AGREDECIMIENTOS A:

FACULTAD DE INGENIERÍA

Por formarnos como profesionales de éxito para el desarrollo de nuestro país y para ser ejemplo a las nuevas generaciones como personas visionarias y trabajadoras.

HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS

Por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación, gracias.....

ASESOR

Ing. Maria del Rosario Colmenares, por todo su apoyo y dedicación en la realización de mi trabajo de graduación, gracias.....

REVISOR

Ing. Roberto Valle, por sus consejos y colaboración en la realización de mi trabajo de graduación, gracias....

SECRETARIA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Inga. Marcia Ivonne Velíz Vargas, Por sus consejos y motivación hacia los estudiantes exhortándonos siempre a ser personas de éxitos, gracias....

INDICE GENERAL

| | |
|--------------------------------------|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | VII |
| LISTA DE SÍMBOLOS | XI |
| GLOSARIO | XIII |
| RESUMEN | XV |
| OBJETIVOS | XVII |
| INTRODUCCIÓN | XIX |

1. ANTECEDENTES GENERALES DEL USO DEL VAPOR EN EL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS.

| | |
|---|----|
| 1.1 Utilización del vapor en un hospital..... | 1 |
| 1.2 Conceptos fundamentales de las líneas de vapor..... | 2 |
| 1.2.1 Qué es el vapor..... | 2 |
| 1.2.2 La importancia del vapor en la red hospitalaria..... | 4 |
| 1.2.3 Calderas y sus instalaciones..... | 4 |
| 1.2.3.1 Descripción de las partes..... | 5 |
| 1.2.3.2 Descripción de lo que requiere la línea de vapor..... | 8 |
| 1.3 Tubería y conductos..... | 9 |
| 1.3.1 Tubo para conductos..... | 10 |
| 1.3.2 Válvulas y accesorios..... | 11 |
| 1.3.2.1 Uniones..... | 12 |
| 1.3.2.2 Válvulas..... | 15 |
| 1.3.2.3 Trampas de vapor..... | 17 |

| | | |
|---------|---|----|
| 1.3.2.4 | Juntas de dilatación..... | 19 |
| 1.3.3 | Aislantes para tuberías..... | 21 |
| 1.4 | Conceptos fundamentales de mantenimiento..... | 22 |
| 1.4.1 | Mantenimiento..... | 22 |
| 1.4.2 | Objetivos del mantenimiento..... | 22 |
| 1.4.3 | Tipos de mantenimiento..... | 24 |
| 1.4.4 | Mantenimiento preventivo..... | 24 |
| 1.4.5 | Mantenimiento correctivo..... | 24 |

2. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS LÍNEAS DE VAPOR DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS

| | | |
|-------|---|----|
| 2.1 | Situación actual de la tubería de vapor..... | 25 |
| 2.1.1 | Calderas existentes y estado de las mismas..... | 25 |
| 2.1.2 | Breve descripción del recorrido de las líneas de vapor..... | 28 |
| 2.1.3 | Diagnóstico de las líneas de vapor..... | 29 |
| 2.2 | Organización del personal que trabaja en calderas..... | 30 |
| 2.2.1 | Descripción de puestos y funciones del personal que trabaja en calderas..... | 30 |
| 2.2.2 | Requisitos para dicho personal..... | 32 |
| 2.2.3 | Relación existente con los departamentos en donde se surte el vapor en el hospital..... | 33 |
| 2.2.4 | Recursos utilizados para la operación y mantenimiento de la caldera en el 2004 y 2005..... | 34 |
| 2.3 | Determinación si existe formas de control en mantenimiento de las líneas de vapor en las áreas de caldera, lavandería, cocina y Autoclaves..... | 37 |
| 2.4 | Determinación de la ubicación de la caldera y las líneas..... | 38 |
| 2.4.1 | ubicación de lavandería..... | 39 |

| | | |
|-------|--------------------------------------|----|
| 2.4.2 | ubicación de central de equipos..... | 41 |
| 2.4.3 | ubicación de cocina..... | 43 |

3. PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LAS LÍNEAS DE VAPOR UTILIZADAS EN EL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS

| | | |
|---------|---|----|
| 3.1 | Reorganización de la sección de calderas del departamento de mantenimiento..... | 45 |
| 3.2 | Conceptos y funciones fundamentales específicas de mantenimiento..... | 47 |
| 3.2.1 | Mantenimiento..... | 47 |
| 3.2.2 | Tipos de mantenimiento..... | 47 |
| 3.2.3 | Mantenimiento correctivo, análisis de la situación existente..... | 48 |
| 3.3 | Estructura del plan de mantenimiento..... | 50 |
| 3.3.1 | Planificación..... | 50 |
| 3.3.1.1 | Detección de los problemas..... | 52 |
| 3.3.1.2 | Establecimiento de los objetivos..... | 54 |
| 3.3.2.3 | Plan de trabajo normal..... | 55 |
| 3.3.2.4 | Plan de trabajo de emergencia..... | 56 |
| 3.3.2 | Organización..... | 58 |
| 3.3.2.1 | La división del trabajo..... | 59 |
| 3.3.2.2 | Determinación del personal que ejecutará el mantenimiento..... | 60 |
| 3.3.2.3 | Asignación de los recursos necesarios..... | 61 |
| 3.3.3 | Dirección..... | 63 |
| 3.3.4 | Control..... | 64 |
| 3.3.4.1 | Programa de trabajo..... | 64 |
| 3.3.4.2 | Calendarización de actividades..... | 65 |
| 3.4 | Calculo de la tubería de vapor..... | 66 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 4.2.2.2 | Mantenimiento semanal..... | 107 |
| 4.2.2.2.1 | Chequeo de tratamiento de agua..... | 108 |
| 4.2.2.2.2 | Purgar el tanque de combustible..... | 108 |
| 4.2.2.2.3 | Limpiar filtros de agua y combustible..... | 108 |
| 4.2.2.3 | Mantenimiento trimestral..... | 109 |
| 4.2.2.3.1 | Chequeo del sistema de combustible..... | 113 |
| 4.2.2.3.2 | Chequeo de sistema de aire..... | 113 |
| 4.2.2.3.3 | Chequeo de niveles de operación..... | 113 |
| 4.2.2.4 | Mantenimiento anual..... | 114 |
| 4.2.2.4.1 | Chequeo de controles eléctricos de la caldera..... | 114 |
| 4.2.2.4.2 | Chequeo de los cimientos de la caldera..... | 114 |
| 4.2.3 | Bitácora de servicio..... | 115 |
| 4.2.3.1 | Bitácora diaria..... | 117 |
| 4.2.3.2 | Bitácora mensual..... | 119 |
| 4.2.3.3 | Bitácora anual..... | 121 |

5 SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LAS LÍNEAS DE VAPOR.

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.1 | Capacitación del personal..... | 123 |
| 5.1.1 | Objetivos de la capacitación..... | 123 |
| 5.1.2 | Técnicas de capacitación..... | 124 |
| 5.2 | Señalización de rutas de mantenimiento e inspección..... | 127 |
| 5.3 | Conformación de archivos de mantenimiento..... | 129 |
| 5.3.1 | Ficha técnica del equipo..... | 130 |
| 5.3.2 | Ficha histórica de las fallas del equipo..... | 133 |
| 5.3.3 | Ficha de control de los paros..... | 135 |
| 5.4 | Desarrollo de lineamientos para realizar el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo..... | 136 |

| | | |
|-----------------------------|--|------------|
| 5.4.1 | Lineamientos a seguir del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo..... | 136 |
| 5.4.2 | Capacitación del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo en calderas..... | 140 |
| 5.4.3 | Capacitación mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo en la red de vapor..... | 141 |
| 5.5 | Documentación técnica del trabajo de mantenimiento..... | 142 |
| 5.5.1 | Ficha de control de inspección..... | 142 |
| 5.5.2 | Orden de trabajo..... | 143 |
| CONCLUSIONES..... | | 147 |
| RECOMENDACIONES..... | | 149 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | 151 |
| ANEXOS..... | | 153 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | |
|--|----|
| 1. Estados del agua | 3 |
| 2. Partes de la caldera (parte frontal) | 7 |
| 3. Partes de la caldera (parte lateral) | 8 |
| 4. Accesorios para tubería de hierro | 12 |
| 5. Uniones y bridas | 14 |
| 6. Juntas o uniones | 14 |
| 7. Tipos de válvulas | 15 |
| 8. Tipos de trampas | 18 |
| 9. Líneas y curvas de dilatación | 20 |
| 10. Ubicación de lavandería | 40 |
| 11. Ubicación de central de equipos | 42 |
| 12. Ubicación de cocina | 44 |
| 13. Organigrama del departamento de mantenimiento | 59 |
| 14. Organigrama de la importancia de la división del trabajo | 60 |
| 15. Rugosidad relativa vrs. Diámetro equivalente | 67 |
| 16. Viscosidad de vapor saturado y sobrecalentado | 68 |
| 17. Factor de fricción para vapor en tuberías | 72 |
| 18. Monograma para calculo de tuberías | 81 |
| 19. Factor de fricción para fluidos de tuberías | 84 |

| | |
|--|-----|
| 20. Diseño de lavandería y su línea de distribución de vapor, agua caliente y retorno de condensado | 87 |
| 21. Diseño de central de equipos y su línea de distribución de vapor, agua caliente y retorno de condensado | 88 |
| 22. Diseño de cocina y su línea de distribución de vapor, agua caliente y retorno de condensado | 89 |
| 23. Señales de mantenimiento | 128 |

TABLAS

| | |
|--|-----|
| I. Método de combustión | 10 |
| II. Capacidades y diámetros | 13 |
| III. Lectura de la caldera No. 1 en operación | 26 |
| IV. Tubos de peso normal | 73 |
| V. Perdidas por accesorios del método de cabeza de velocidad | 74 |
| VI. Perdidas por accesorios del método de longitud equivalente | 75 |
| VII. Perdidas por accesorios del H.G.S.J.D. | 75 |
| VIII. Consumo de aparatos de cocina | 78 |
| IX. Consumo de aparatos de lavandería | 78 |
| X. Consumo de aparatos de esterilización | 79 |
| XI. Consumo de vapor del equipo del H.G.S.J.D | 80 |
| XII. Accesorios para instalación de agua caliente | 85 |
| XIII. Código de colores | 92 |
| XIV. Bitácora diaria de la Caldera | 117 |
| XV. Bitácora diaria de la tubería de vapor | 118 |

| | | |
|--------|--|-----|
| XVI. | Bitácora mensual de la caldera | 119 |
| XVII. | Bitácora mensual de la tubería de vapor | 120 |
| XVIII. | Bitácora anual de la caldera | 121 |
| XIX. | Bitácora anual de la tubería de vapor | 122 |
| XX. | Ficha técnica de los equipos | 132 |
| XXI. | Ficha histórica de las fallas del equipo | 134 |
| XXII. | Ficha de control de los paros | 135 |
| XXIII. | Ficha de control de inspección | 143 |
| XXIV. | Orden de trabajo | 145 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|---------------------|--|
| F_f | Pérdidas por fricción (pie*lb _f /lb _m) |
| r | Coficiente para longitud equivalente |
| Σ | Sumatoria |
| π | Pi (3.1415) |
| w | Peso de vapor (lb/minuto) |
| v | Volumen específico (pie ³ /lb _m) |
| g_c | Gravedad (32.174 pie*lb _m /lb _f s ²) |
| A | Área (pulgadas ²) |
| D_i | Diámetro interior (pulgadas) |
| $\epsilon \Delta_t$ | Coficiente de rugosidad (pie/pie) |
| P | Presion de trabajo (psi) |
| Q | Capacidad de flujo (lb/hora) |
| V | Velocidad de la corriente de vapor (pie/minuto) |
| L | Longitud total de la tubería (pies) |
| D | Diámetro (pulgadas) |
| $\Delta\Pi$ | Cambio de presion (psi) |
| f | Factor de fricción de Fanning |
| G | Velocidad masica (lb _m /h-pie ²) |
| C_d | Cedula de la tubería |
| μ | Viscosidad absoluta (lb _m /pie*h) |
| ρ | Densidad (lb/pie ³) |

GLOSARIO

| | |
|------------------------------|---|
| ASME | Sociedad Americana de Ingenieros mecánicos. |
| ASTM | Sociedad Americana de pruebas de materiales. |
| Agua de alimentación | Mezcla de agua fresca y condensado de agua que posteriormente se convertirá en vapor. |
| Brida | Anillo que une dos tornillos. |
| BTU | Es la cantidad de energía termica necesaria para elevar de 63° a 64°F la temperatura de una libra de agua. |
| Calor | Es una forma de energía que se transfiere a través de una frontera debido a una diferencia de temperaturas. |
| Condensado | Es el líquido que se forma cuando el vapor se enfría. |
| Corrosión | Desgaste presente en la tubería debido, especialmente, a la presencia de ácidos y óxidos. |
| Eficiencia de caldera | Cantidad de energía necesaria para convertir el agua de alimentación en vapor, en relación. |

| | |
|------------------------------|--|
| Golpe de ariete | Se produce cuando hay sobrepresión en el interior de la tubería lo cual hace que esta se deforme por la expansión de sus paredes. |
| P.S.I. | Medida de presión, libras por pulgada cuadrada. |
| Purga | Perdida determinada de agua por el sistema de la caldera. |
| Retorno de condensado | Línea que transporta el condensado de regreso al tanque de alimentación con el propósito de aprovecharlo y así mismo parte de su calor. |
| Tablas de vapor | Tablas que indican los valores numéricos de las propiedades del vapor de agua para diferentes presiones y temperaturas de un estado termodinámico. |
| Trampeado | Término utilizado para indicar el drenado de condensado en una línea de vapor serpentín para el calentamiento. |

RESUMEN

Actualmente, el departamento de Mantenimiento del hospital general ha tenido que enfrentar muchas dificultades para poder desempeñar sus funciones en forma eficiente. La falta de recursos económicos a provocado que muchos equipos de los servicios de apoyo se dejen de utilizar, tal es el caso de una de las dos calderas del hospital general se encuentra inoperante. La caldera no esta en funcionamiento, ya que no cuentan con los repuestos necesarios para ponerla en operación. Ésto se repite en varios tramos de las redes de vapor, retorno de condensado y agua caliente.

Esto afecta directamente en la produccion de vapor y esto a su vez causa efectos negativos a los servicios de apoyo, como lo son cocina, lavandería y central de equipos, que tiene repercusión directa en los pacientes que en algun momento llegan al hospital para que se le brinde cierta atención a la que tiene derecho por ser una institución publica.

Es importante tener en cuenta que en muchos de los casos no se le da la importancia a las redes de vapor. La red de vapor es medio por el cual se hace posible el transporte de vapor a las dependencias como lavandería, cocina y central de equipos. Para poder conseguir los máximos beneficios con lo que cuenta el hospital general se hace necesario tener una planificación y control adecuado de las actividades de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo del área de calderas, redes de vapor, lavandería, cocina y central de equipos.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un método de trabajo mediante la realización de un adecuado programa de mantenimiento para las líneas de vapor utilizadas en el hospital General, explicando mediante un estudio técnico las partes en que éstas están constituidas y su correcto mantenimiento.

Específicos

1. Describir la naturaleza de la sección de calderas del departamento de Mantenimiento del Hospital San Juan de Dios.
2. Determinar el rendimiento del suministro de vapor de las áreas de lavandería, cocina y autoclaves.
3. Determinar que rutinas de mantenimiento se deben realizar y los formatos de control.
4. Proveer una guía de los pasos a seguir en la operación de las calderas y reparaciones que se realicen en las líneas de vapor, así como los procedimientos técnicos sobre el correcto mantenimiento y sus respectivas inspecciones en las instalaciones.
5. Analizar las partes componentes, de la caldera y su línea.

6. Considerar a través de un estudio técnico la secuencia de operación de las líneas de vapor, las instrucciones que se deben seguir para el arranque y operación de la caldera y el procedimiento para realizar ajustes en el equipo.
7. Establecer los problemas que puede ocasionar el uso de los equipos e instalaciones en mal estado.
8. Determinar los tipos de falla y la causa que los provoca.

INTRODUCCIÓN

Considero que la propuesta del programa administrativo para el mantenimiento de las líneas de vapor del Hospital San Juan de Dios, es importante debido a que las redes de vapor constituyen el corazón de un Hospital. La falta de mantenimiento y desgaste natural por el uso han hecho que la red haya reducido su rendimiento. Algunos de los tubos de conducción se encuentran corroídos y otros con una película interior de sarro que reduce su diámetro. Hay problemas que requieren la sustitución de algunos tramos de tubería y el revestimiento inservible. Por tal razón se evaluó las condiciones actuales de trabajo la red de vapor.

Se realizó inspección de las instalaciones existentes para determinar el estado de los accesorios y tuberías de la red de vapor. Se determinó la producción de vapor en las áreas de cocina, lavandería y autoclaves. Se analizó cómo está organizado el personal que brinda mantenimiento a la caldera.

Por tal razón, se evaluó las condiciones actuales de trabajo de la red de vapor. Para proponer una rutina de mantenimiento a las instalaciones. Se sugiere la realización de un procedimiento para llevar un estricto control del agua que se debe utilizar en el equipo, ya que si no se verifica el estado del agua esta ocasiona problemas a la caldera a las líneas de vapor, ocasionando picaduras en sus partes internas, así como fugas de agua que corroen el metal de la tubería.

1. ANTECEDENTES GENERALES DEL USO DEL VAPOR EN EL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS.

1.1 Utilización del vapor en un hospital

En los últimos años, el progreso en los cuidados médicos ha sido rápido; una razón importante para este progreso ha sido la colaboración entre dos importantes disciplinas: la medicina y la ingeniería.

Entre estas dos disciplinas hay analogías y diferencias pero no hay duda de que la cooperación entre ellas ha producido resultados excelentes.

En la actualidad, las necesidades de energía en los hospitales aumenta cada vez mas. La finalidad de un hospital es la salud y para ello se basa en la higiene. La higiene se debe mantener en toda las áreas del hospital. En la preparación de alimentos, en el lavado y secado de la ropa del personal y de los pacientes, en la esterilización de instrumentos quirúrgicos y en cualquier otro instrumento que este en contacto directo con los pacientes.

En un hospital, el vapor es de gran utilidad, por su energía y calor en el área de lavado, cocina y esterilización de instrumentos. El vapor de agua, por sus características y cualidades, es una fuente de energía muy eficiente, ya que su producción se realiza exclusivamente por calentamiento de agua, por combustión de determinados combustibles (bunker, diesel etc.), a través de generadores de vapor.

1.2 Conceptos fundamentales de las líneas de vapor

A continuación se dará una descripción de los conceptos importantes de las líneas de vapor.

1.2.2 Qué es el vapor

Vapor es una sustancia en estado gaseoso. Los términos de vapor y gas son intercambiables, aunque en la práctica se emplea la palabra vapor para referirse al de una sustancia que normalmente se encuentra en estado líquido o sólido, como por ejemplo agua, benceno o yodo.

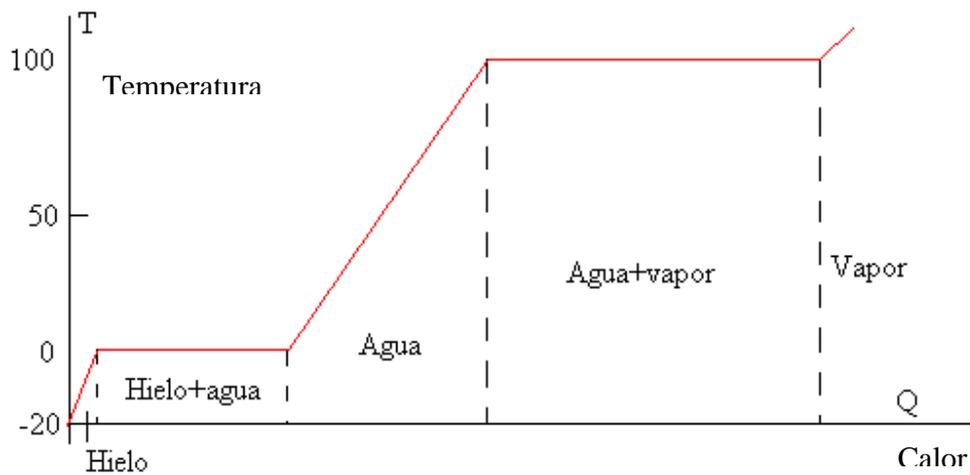
Se ha propuesto restringir el uso del término a las sustancias gaseosas que se encuentren por debajo de su punto crítico (la máxima temperatura a la que se puede licuar aplicando una presión suficiente) y hablar de gas por encima de la temperatura crítica, cuando es imposible que la sustancia exista en estado líquido o sólido.

Esencialmente, el uso de los términos es arbitrario, porque todas las sustancias gaseosas tienen un comportamiento similar por debajo y por encima del punto crítico.

Para poder tener una mejor idea del proceso de vapor se puede apreciar una gráfica en donde se muestra a continuación el proceso de hielo, agua vapor.

Ejemplo:

Figura 1 Estados del agua



T = temperatura en grados centigrados ($^{\circ}\text{C}$)

Q = calor

Fuente: **Kenneth Wark, Termodinámica**

El uso de vapor como fluido termodinámico se justifica por la variedad de propiedades, en particular:

1. Es abundante y barato de producir.
2. Transporta gran cantidad de energía por unidad de masa debido al cambio de fase. En efecto, el calor latente de cambio de fase es del orden de 2.500 [kJ/kg] (Kilojoule/kilogramo).

1.2.3 La importancia del vapor en la red hospitalaria

En Guatemala, el vapor en la red hospitalaria nacional es una fuente de energía calorífica eficiente en donde su producción se lleva a cabo por la caldera.

La caldera es el dispositivo en el cual se produce el vapor y es transportado a través de la red de vapor. La red de vapor se encarga de transportar el vapor a cocina, lavandería y autoclaves.

En un hospital, el vapor tiene múltiples funciones, como lavandería, cocina, autoclaves y otras áreas que se le requiera. En lavandería ya sea para secadoras, lavanderías, calandrias y planchas. En cocina es en marmitas, lavadoras de vajilla y pistolas de vapor. En esterilizadoras y lavadoras de botellas. Esto es en el caso de los hospitales nacionales, específicamente del Hospital San Juan de Dios en donde se enfoca este estudio.

1.2.4 Calderas y sus instalaciones

Las calderas son dispositivos industriales de gran aplicabilidad en la industria a nivel mundial; su objetivo principal es generar calor que pueda luego ser aprovechado en diferentes secciones del proceso. El calor es transferido en forma de vapor; el cual puede ser aprovechado para una gran diversidad de usos. El vapor generado se conduce a través de tuberías, las cuales deben encontrarse aisladas, hacia los diferentes puntos del proceso.

Entre las aplicaciones mas importantes del uso del vapor generado en las calderas están: generación de potencia (plantas eléctricas), evaporación de soluciones de sal y azúcar en evaporadores, utilización del vapor en intercambiadores de calor para calentar diversas soluciones, se utiliza en la industria textil, en hoteles y en hospitales; estos últimos utilizan gran cantidad de vapor para realizar el autoclaveado (esterilización de materiales).

Dependiendo del tipo de proceso en que se utilizará así será la caldera a instalar; ya sea acuatubular o pirotubular. Componentes del generador de vapor: quemador, bomba de agua, tanque de condensado, tanque de combustible, chimenea, tubería de distribución.

Accesorios de la caldera: manómetros de presión del quemador, válvula solenoide de combustible, protector de relay, detector de llama, transformador de ignición, control de presión de operación, control de presión máxima, control de columna de agua, válvula de seguridad.

1.2.4.1 Descripción de las partes

Las calderas están construidas con tubos horizontales de humo llamadas calderas pirotubulares. Los gases de combustión se hacen pasar a través de una serie de tubos calientes, consta de una cámara de combustión de construcción de acero soldado que incluye un receptáculo de presión, quemador, controles de quemador, ventilador de aire a presión, bomba de aire y componentes asociados.

Son de construcción simple y fuerte, tienden a adaptarse, rápidamente, a cambios de carga, aunque son un tanto lentas en alcanzar la presión de operación a partir de un arranque en frío debido a su gran contenido de agua.

Marca de las calderas: Kewanee Boiler

Quemador: Atomización de aire

Tiempo de operación: 25 años

Combustible utilizado: Diesel

Las calderas están diseñadas para utilizar una disposición de paso múltiple para los gases de combustión a fin de propiciar una transferencia de calor más eficiente.

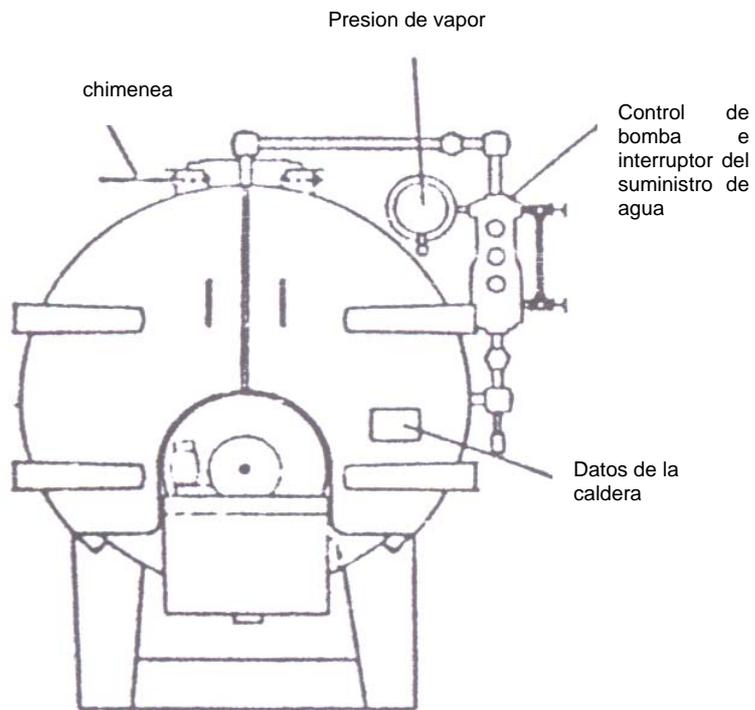
El flujo de gas, que consta de 3 pasos: El aire para la combustión entra por la admisión de aire, el ventilador (impulsor) lo forza a través del registro rotatorio del aire y del difusor hasta la cámara de combustión, constituye el paso uno. El deflector permite el paso de los gases hacia el frente de la caldera (paso dos) y el paso número tres lo constituye un deflector que hace que los gases se dirijan hacia la parte de atrás de la caldera por el respiradero.

Se clasifican, generalmente, como calderas tipo paquete, ya que, el vapor y el agua están contenidos dentro de una coraza que aloja los elementos que producen el vapor.

Está equipada con quemador; generalmente, para aceite combustible, sistema mecánico de tiro, sistema de retorno de condensado y de tratamiento de agua de alimentación (incluyendo el tanque de almacenamiento y la bomba) material refractorio, accesorios (manómetros, válvulas de seguridad o de alivio, columna de control de nivel de agua) tablero de control.

En la figura 2 y 3 se muestran las partes de la caldera. Las unidades están montadas sobre una base de concreto, diseñadas para operar con combustibles fluidos, porque con el uso de carbón se presentan complicaciones adicionales tales como la remoción de cenizas acumuladas, así como, el equipo de manejo del combustible.

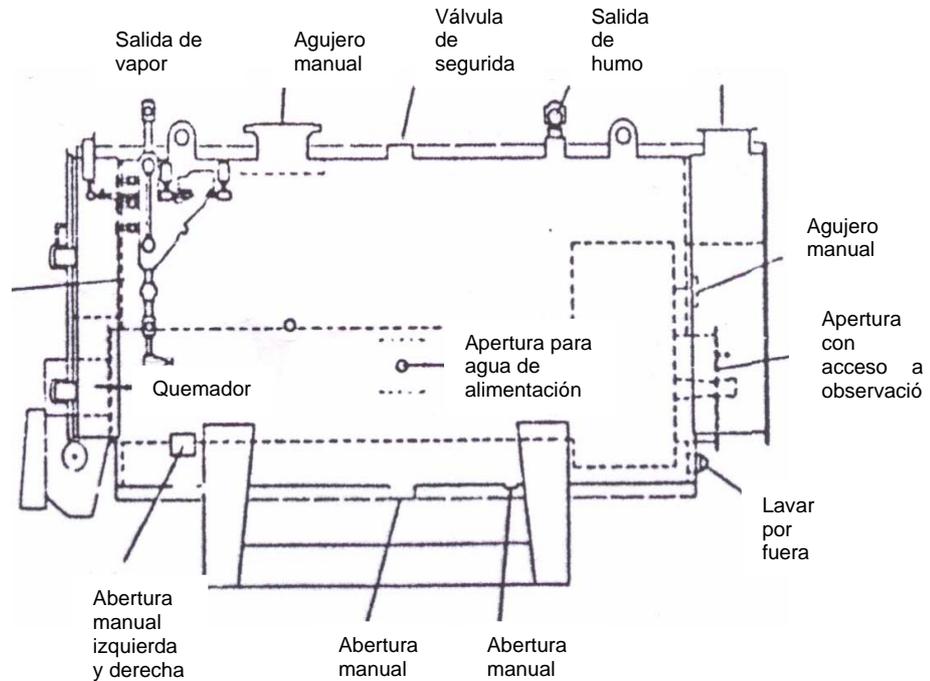
Figura 2 **Partes de la caldera (Parte frontal)**



Fuente: **Planos del Hospital San Juan de Dios, Casa de máquinas**

Para una mejor apreciación la figura 1 se dividió en la parte frontal y la parte lateral en donde se describe cada parte importante de la caldera.

Figura 3 Partes de una caldera (Parte lateral)



Fuente: Planos del Hospital San Juan de Dios, Casa de máquinas

1.2.4.2 Descripción de lo que requiere la línea de vapor

En la actualidad las líneas de vapor requieren equipo o instrumentos indispensables para su funcionamiento y eficiencia. Cuando una red de vapor esta en funcionamiento debe estar compuesto por diferentes accesorios, los cuales tiene un funcionamiento primordial para su eficiencia. La red de vapor debe contar con: la caldera (el corazón de la red de vapor), tubería (venas) :

- juntas de expansión
- bridas
- válvulas de paso

- válvulas de globo
- válvula de retención
- válvulas reguladoras de presión
- trampas de vapor
- filtros
- uniones
- tes.
- topes de sujeción
- estopas y prensaestopas
- aislamiento térmico
- anclajes
- soportes
- reguladores de presión
- tubería de condensado
- tanque de condensado
- manómetros

1.3 Tubería y conductos

Los conductos, en general, pueden clasificarse en dos grandes grupos, los que se usan para el transporte de humos y sólidos en suspensión y los destinados a conducir vapor y agua de un punto a otro (tuberías); en estos se centra este trabajo.

Cuando se tiene una disposición adecuada de conductos y tuberías no se persigue solo el buen estado de la instalación, sino reducir las resistencias a la fricción.

La instalación de la caldera, del calentador de aire, de los ventiladores y los demás equipos de la planta debe hacerse de manera que sea fácil el acceso al trabajo.

1.3.1 Tubo para conductos

Se usan principalmente en la conducción de aire para la combustión o para la evaluación de humos. Generalmente, se parte del mismo principio de economía y baja resistencia a las corrientes de aire y humos; se procura siempre reducir el trabajo de instalación y volumen de la edificación.

Para seleccionar el tamaño del conducto para aire para la combustión y de humos se debe tomar en cuenta el diagrama de combustión correspondiente al combustible que se use, tomando en cuenta el exceso necesario para que la mezcla sea pobre (bajo consumo de combustible) y para que el proceso sea mas eficiente. A continuación, se presenta una tabla con los excesos aproximados para cada tipo de combustible.

Tabla I **Método de combustión**

| <i>Combustible</i> | <i>Exceso de aire</i> |
|---------------------|-----------------------|
| Parrilla automática | del 30 al 24% |
| Carbón en polvo | del 20 al 25% |
| Aceite pesado | 15% |
| Gas | 10% |

Fuente: **Centrales de vapor, G.A. Garffet, pag. 356**

La cantidad de aire o de humos manipulables se debe calcular según la máxima producción de vapor de la caldera y en velocidades razonables de corriente. Velocidades medias de la corriente de aire son de 750 a 1100 metros por minuto.

Aunque es importante, la velocidad no es el único factor determinante para calcular la resistencia por rozamiento y compararla con la tolerancia de las tablas para ese diámetro, sin olvidar las pérdidas por accesorios.

Los conductos de aires no usan ningún tipo de revestimiento interior, pero es conveniente ponerles algún tipo de aislante que resista a la abrasión y el desgaste (se puede usar para ello una capa de cemento de unos 13mm y una camisa de lona).

Los conductos de humos pueden ser cubiertos por un material refractario, como la gunita, fijándolo a las planchas del conducto en varios puntos con tachuelas soldadas y de tela metálica con un espesor aproximado de 50 a 75 mm, según sea la temperatura requerida para aumentar la vida útil de los conductos.

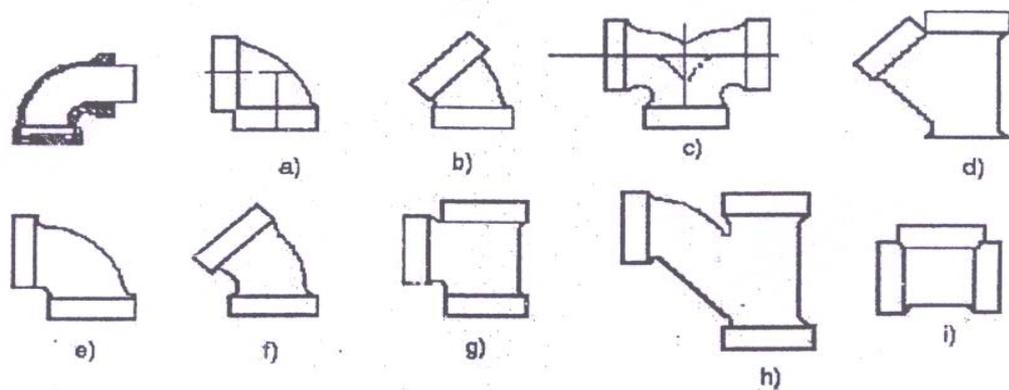
1.3.2 Válvulas y accesorios

Cuando se conduce vapor de un lugar a otro, el diseñador se encuentra con diversos problemas entre ellos: cambios de dirección de fluidos, derivación del vapor para un equipo determinado, condensado en las tuberías, impurezas (sólidos en suspensión), vibraciones y otros.

Es necesario, entonces, contar con los accesorios adecuados que ayuden a tener la mayor eficiencia en la red (codos, tes, derivaciones en Y, y otros).

En esta parte se mencionaran los accesorios que mas se usan localmente.

Figura 4 **Accesorios para tubería de hierro**



a) codo a 90° b) codo a 45° c) codo con tres vías d) ramal en Y de 45° e) codo abierto f) codo abierto en 45° g) ramal en Y a 90° h) ramal en Y abierto a 90° i) Te

Fuente: **Manual del Ingeniero Mecánico, Pag. 8-232**

1.3.2.1 Uniones

Las empresas productoras de tubos han estandarizado su longitud en 6m, esto ocasiona que se tenga que unir dos o mas tubos cuando se conduce vapor de un lugar a otro, por medio de uniones, ya que las distancias, generalmente, no son tan cortas.

Las uniones mas comunes son llamadas bridas, o de rebote. Hay de soldadura, de rosca y en diámetros pequeños se usan las que están soldadas con latón. Entre las uniones de tubos con bridas se encuentra de acero fundido y también es frecuente encontrar fabricadas en lamina de hierro con la desventaja que estas no permiten trabajar a altas temperaturas.

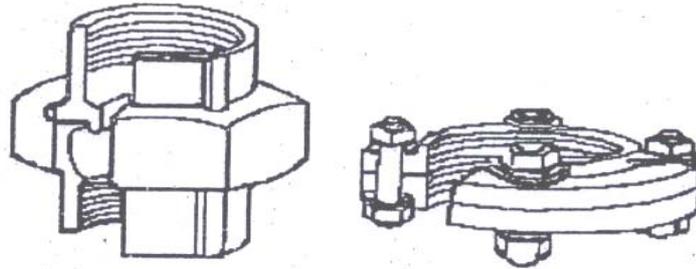
Entre las bridas que hay en el mercado local y que cumple con las especificaciones de el ASA están los aceros fundidos ASA B1Ge, las de clase 150, 300, 400, 900 y 1500 psi. La principal características de estas bridas para uniones consiste en el reborde en su cara de empalme, que varia según la presion con la cual están diseñadas, por ejemplo, las 150 a 300 psi tienen un reborde de 1/16 plg y arriba de estas presiones tiene rebordes de ¼ plg. Las uniones de acero fundido mas comerciable localmente, según sus capacidades y diámetros son:

Tabla II Capacidades y diámetros

| Capacidad | Diámetros |
|---------------|------------------|
| Para 150 lbs | 1 a 24 pulgadas |
| Para 300 lbs | 1 a 24 pulgadas |
| Para 400 lbs | 4 a 24 pulgadas |
| Para 900 lbs | 4 a 24 pulgadas |
| Para 1500 lbs | arriba de 6 plgs |

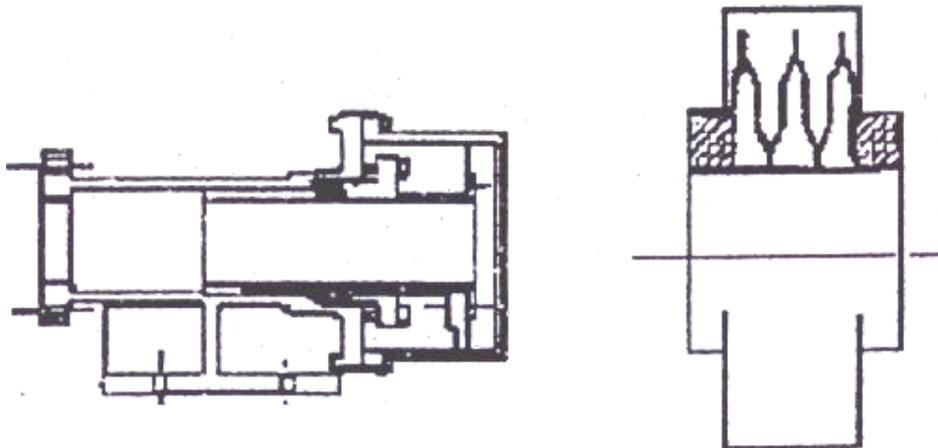
Además, se encuentran las soldadas de acero forjado especialmente para 150 lbs. Las uniones cara a cara traen el espesor del tubo que se va a unir y deben tener bisel en donde se soldara y un extremo recto de 1/16 plg para espesores de ¾ plg como aparece en las siguientes figuras:

Figura 5 **Bridas o uniones**



Fuente: **Manual del Ingeniero Mecánico, pag 8-228**

Figura 6 **Juntas o uniones**

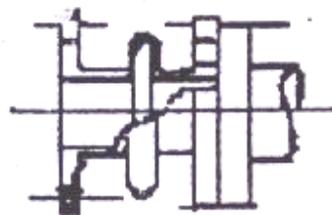


a) juntas deslizantes

b) juntas de alta temperatura



c) junta de cobre



d) junta de goma

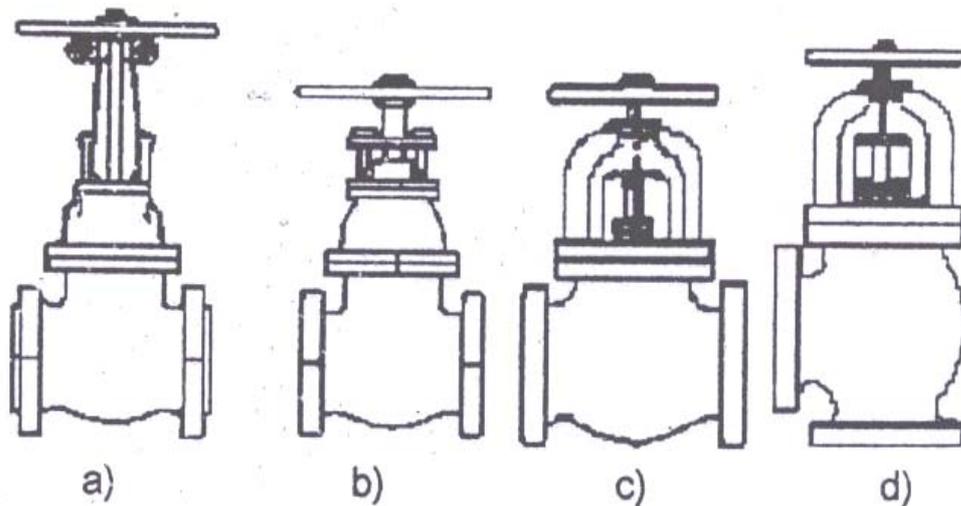
Fuente : **G.A. Garffet. Centrales de Vapor, Pag. 369**

1.3.2.2 Válvulas

Cuando se diseña una red de vapor es imprescindible que el tipo de válvula sea el correcto. En el mercado hay una gran variedad pero, básicamente, son variantes de las válvulas tipo compuerta y las tipo globo. De manera general, se puede decir que la de tipo globo se usa para alta presión y la tipo compuerta para baja presión.

Las válvulas de compuerta funcionan elevando o haciendo bajar un disco dentro de la corriente de algún fluido. Entre ellas también están las de vástago saliente. En las primeras, la compuerta subirá, dejando pasar fluido y su vástago permanecerá sin ningún cambio de altura, mientras que en las segundas, el vástago saldrá según la carretera de la compuerta.

Figura 7 Tipos de válvulas



a) y b) válvulas de compuerta c) válvula de globo d) válvula de codo

Fuente: **Manual del Ingeniero Mecánico, Pag 8-231 y 232**

Las válvulas tipo globo basan su funcionamiento en la elevación o bajada de un tapón o disco a su asiento, el cual divide el cuerpo de la válvula en las partes separadas. Tienen como inconveniente que la caída de presión cuando esta totalmente abierta, es bastante considerable. En las válvulas de globo también se encuentran de vástago fijo saliente.

Para diámetros grandes y altas presiones es posible usar también las válvula de ángulo que tiene el mismo funcionamiento que las de globo pero un costo mas reducido.

Otra variante de las válvulas de globo es la válvula en Y, llamada así por tener su volante, el vástago y el asiento en un ángulo del cuerpo de la válvula misma. Como todas las de globo, es importante el cuidado que se tenga al instalarla, ya que la presión debe ser ejercida bajo el asiento de la válvula, para hacerla mas eficiente.

Tanto las compuertas como las de globo y otros accesorios para tuberías pueden ser instalados con bridas, roscadas o soldadas.

La mayoría de las válvulas traen impreso en el cuerpo la nomenclatura sobre la presión y temperaturas de trabajo para no dañarlas por exceso. Por ejemplo: 250 lbs SP-400 lbs WOG, indica que su presión máxima de vapor es de 250 lbs y 400 lbs para agua, aceite o gas para reducir los golpes de ariete.

El funcionamiento eficiente de las válvulas casi siempre depende del mantenimiento que se les de, aunque por lo común, se prescinde de ello por el bajo costo que representa su cambio.

La instalación de la tubería y los accesorios permiten la eficiencia de la línea, ya que no habrá que estar cambiándolos constantemente. Uno de los aspectos principales que recomiendan los expertos, es que cuando se termine de instalarla se sople la tubería antes de ponerla a funcionar, con el fin de eliminar todos los residuos que pudieran haber quedado por la soldadura y el roscado de las piezas que se unieron.

1.3.2.3 Trampas de vapor

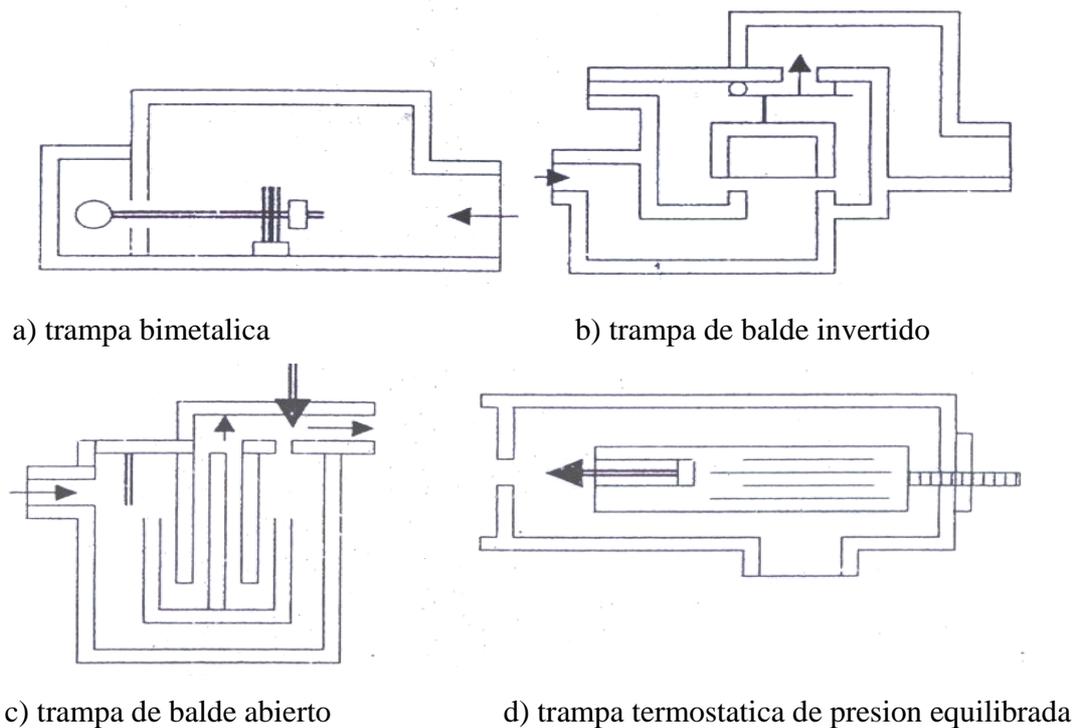
Una red de vapor no se puede diseñar sin contar con este accesorio. El enfriamiento del vapor en la tubería ocasiona que se produzca condensación y que ello, se encuentre agua y aire en la tubería, la misión de la trampa será evacuarlos en forma automática y segura. Deberán pasar por ella los tres, pero únicamente debe continuar el vapor, sin perder presión y velocidad en la línea principal.

Si esta instalada correctamente evitara que el condensado produzca golpe de ariete que daña a los equipos. Siempre se recomienda instalarlas al final de un tramo recto, cuando el fluido va en ascenso y antes de hacer alguna derivación. En tramos rectos se deberá poner una cada 25 m.

Cuando se escoge la trampa es importante verificar la temperatura y presión de trabajo de la línea de vapor tomando en cuenta los requerimientos de cada equipo, ya que algunas veces cuando se drena solo parte de este se tendrá las condiciones necesarias, manteniendo siempre controlada la purga.

El lodo y en general sólidos en suspensión que se conducen a través de la línea pueden ocasionar que se diseñen los asientos de las válvulas y en general, los equipos; se recomiendan entonces instalar filtros antes de cada trampa. Los que corrientemente se usan son los filtros en Y, debido al poco mantenimiento y la máxima eficiencia. Además, se les puede destapar para limpiarlos, aun cuando estén en funcionamiento.

Figura 8 Tipos de trampas



Fuente: Dibujado por Nelson Alvarez en base a **Proyectos de instalación de equipo de hospitales. operación y mantenimiento. USAC. ERIS, 1968.**

Hay una variante de las trampas que se utilizan cuando se necesita vapor seco. Los separadores de vapor, como se les conoce comercialmente, obligan al vapor a cambiar bruscamente en dirección, lanzando las partículas de condensado hacia un colector.

De manera general se puede clasificar las trampas de acuerdo con su funcionamiento, distribuyéndolas como sigue:

- a) Termostáticas:
 - De presión equilibrada
 - De expansión líquida
 - Bimetalicas
- b) Mecánicas:
 - De flotador y termostática
 - De balde invertido
 - De balde abierto
- c) De impulso
- d) Termodinámicas

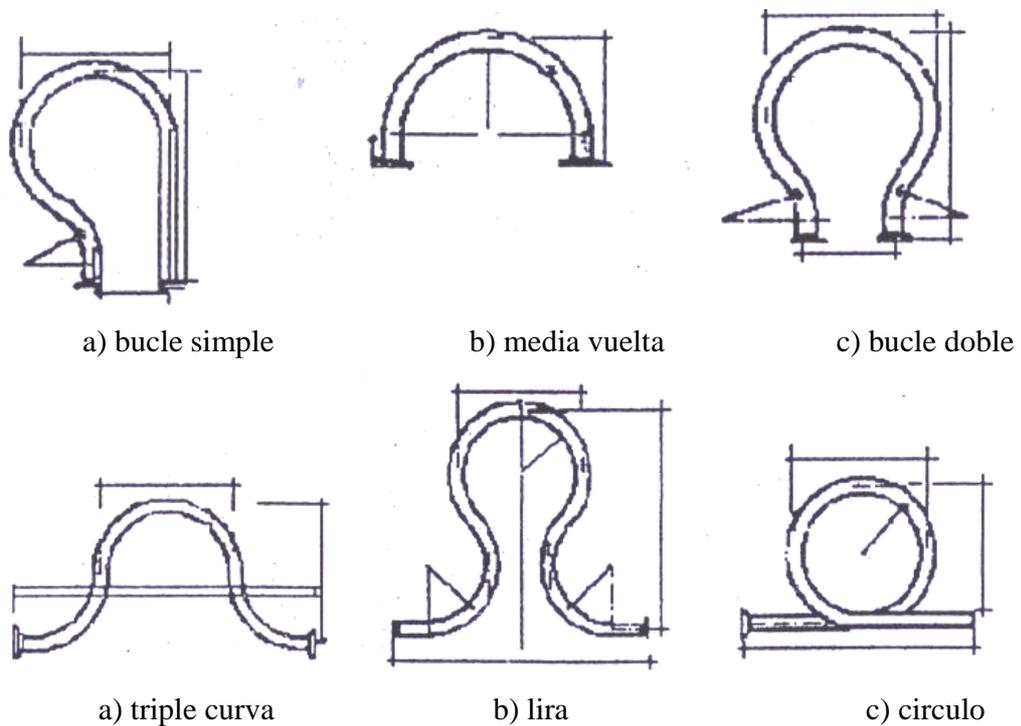
1.3.2.4 Juntas de dilatación

Las altas temperaturas y presiones a las que están sometidas las tuberías de vapor hacen que existan pequeñas deformaciones que es necesario disminuir a través de accesorios diseñados a fin de evitar daños que ocasionen fugas. Los empujes o momentos pueden causar deslizamientos sobre las máquinas, sobre todo, las que trabajan a altas revoluciones.

Los accesorios que usan son las denominadas juntas de dilatación, que le brindan flexibilidad en la red. Entre los tipos principales están las curvas, los bucles y las liras, que pueden ser, según su fabricación, corrugados y ondulados.

Para cada tipo de aplicación existe una junta especial que ayuda no solo a reducir las deformaciones, sino, además, a evitar que las perdidas en la red no sean mayores. Para las turbinas de vapor usan las de tipo ondulado en la descarga de las mismas.

Figura 9 Líneas y curvas de dilatación



Fuente: G.A. Garffet, **Centrales de Vapor, Pag. 336**

1.3.3 Aislantes para tuberías

En los conductos para aumentar la vida útil de la tuberías y protegerlas de la acción corrosiva del ambiente es necesario utilizar algún tipo de recubrimiento, además, en las tuberías se debe reducir las pérdidas de calor por la interacción directa con el aire (por su capacidad de absorción calorífica), evitando de este modo, la condensación y el golpe de ariete.

El tipo de recubrimiento se elige de acuerdo con su capacidad de reducir las pérdidas que varían desde 50% en tuberías pequeñas a baja temperatura, hasta el 90% en altas temperaturas.

Entre los que hay en el mercado local se encuentran: fibra de vidrio (el más común usado por su bajo costo y alta eficiencia), silicato de calcio y alguna variedad de tierras diatomáceas, 85% de magnesia.

Es normal que se instalen en secciones moldeadas de 3 pies de longitud, pero no es una regla. Para altas temperaturas se ponen, al menos, dos capas de aislantes con las juntas alternadas entre capa y otra para impedir que se produzca un canal directo de pérdida de calor.

El recubrimiento de 85% de magnesia tiene un límite de temperatura de 600 °F, por lo que se recomienda instalarlo en la segunda capa, después del material que tiene contacto con la tubería.

El aislante moldeado debe instalarse con firmeza usando alambre galvanizado o de cobre que resiste mas a la oxidacion para luego darle su acabado. En los tubos interiores se puede aplicar, primero, una capa de material resinoso y, al igual que en los conductos, encamisarlos con lona cosida o pegada. Para calcular la perdida de calor a través de un tubo con recubrimiento se usa la misma formula para la transferencia de calor por conducción y de radiación en la superficie exterior del aislamiento.

1.4 Conceptos fundamentales de mantenimiento

A continuación se presentan conceptos importantes de mantenimiento.

1.4.1 Mantenimiento

El mantenimiento son todas las actividades desarrolladas con el fin de conservar las instalaciones y equipos en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y económico. El mantenimiento procura con todos los medios disponibles a reducir, en lo posible, el costo final de la operación. Donde se trata de conservar en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente en todo el equipo, maquinaria y estructuras a tratar.

1.4.2 Objetivos del mantenimiento

Todas las organizaciones tienen una finalidad, persiguen ciertos objetivos, pretenden determinados propósito. Por ello en mantenimiento como en cualquier otra organización se debe distinguir dos tipos diferentes de objetivos: aquellos fundamentales no cuantificables pero duraderos en el tiempo y por otra parte los objetivos operativos que admiten su cuantificación y serán variables de acuerdo con las circunstancias de un periodo determinado.

Los propósitos de cualquier organización vienen a definir la finalidad permanente que persigue en el ámbito de actuación física o material, por lo que han de ser amplios y sin cuantificar. Actualmente se considera como fundamentales en toda organización hospitalaria los siguientes propósitos: seguridad, calidad, fiabilidad, confortabilidad, rentabilidad. Estos principios o propósitos dentro de la organización son trascendentales y tienen una gran influencia en la interacción de aquella con el entorno y con los diferentes subsistemas que pudiera concurrir.

Corresponde a las directivas colaborar en su establecimiento y llegado el caso a las modificaciones correspondientes. De otro lado los objetivos del departamento de mantenimiento representan los fines, generalmente variables y cuantificables, perseguidos en cada momento, por ello vienen expresados en términos de evaluación y estos objetivos por ejercicio económico deben ser consensuados t aceptados, tanto por la parte directriz como del mismo departamento de mantenimiento.

Una vez definidos los objetivos de mantenimiento todo dependerá de la capacidad y el trabajo en equipo del personal para cumplirlos. Considerando la complejidad de las instalaciones y equipos que forman parte de la infraestructura del hospital general será necesario definir las estrategias y su desarrollo por parte del jefe de mantenimiento.

1.4.3 Tipos de mantenimiento

Es necesario aclarar algunos conceptos respecto al verdadero significados de mantenimiento. Generalmente no se hace distinción entre las diferentes clases de mantenimiento. Popularmente, se conoce solamente dos tipos: correctivo y preventivo.

Puede decirse que la diferencia entre ambas es la misma que existe entre “tener” que hacer una actividad de reparación y el realizarla “cuando esta se desea”.

1.4.4 Mantenimiento preventivo

Es el conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito que opere a su máxima eficiencia, evitando que se produzca paradas forzadas o imprevistas.

Este sistema requiere un alto grado de conocimiento y una organización muy eficiente. Implica la elaboración de un plan de inspecciones para los distintos equipos, a través de una buena planificación, programación control y ejecución de las actividades a fin de descubrir y corregir deficiencias que posteriormente pueden ser causa de daños mas graves.

1.4.5 Mantenimiento correctivo

Es el conjunto de actividades que se deben de llevar a cabo cuando un equipo, instrumento o estructura ha tenido una parada forzada o imprevista. Este es el sistema mas generalizado, por ser el que menos conocimiento y organización que requiere.

2. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS LINEAS DE VAPOR DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS

2.1 Situación actual de la tubería de vapor

A continuación, se describen las partes mas importantes y que tienen mas daño en la instalación actual.

2.1.4 Calderas existentes y estado de las mismas

Actualmente existen dos calderas pirotubulares que producen vapor en el San Juan de Dios de la cuales, 1 esta en funcionamiento y la otra esta inoperable. Esto se debe a que las calderas tiene mas de 25 años de operar en el San Juan de Dios y no se cuenta con los recursos necesarios para repararla.

Las calderas operan con equipo auxiliar, ya que, conjuntamente, generan vapor eficientemente. El vapor de agua que se produce en las calderas se utiliza como un medio de transportar energía calorífica a través de las tuberías, hacia los diversos equipos en distintos sectores del hospital.

Los equipos que son alimentados por vapor son los siguientes:

Casa de maquinas:

- Generadores de agua caliente

Lavandería:

- Lavadoras

- Secadoras
- Calandrias
- Planchas

Cocina:

- Marmitas
- Lavadoras de vajilla
- Pistola de vapor

Esterilización:

- Esterilizaciones
- Lavadoras de botellas

Cabe hacer mención que no todos los equipos de los servicios están en buen estado. En las condiciones actuales de operación se hicieron mediciones de eficiencia, usando el indicador Fyrite de CO₂. Este indicador permite determinar el dióxido de carbono contenido en los humos y el exceso de aire.

Tabla III. Lecturas de la caldera 1 en operación

| Variable | Pruebas Representativas | | | | | Promedio |
|------------------------|-------------------------|------|------|------|------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Dióxido de carbono (%) | 6.4 | 6.6 | 6.7 | 6.8 | 6.8 | 6.7 |
| Temperatura neta °F | 255 | 257 | 260 | 260 | 262 | 259 |
| Exceso de aire (%) | 21.3 | 21.8 | 21.4 | 22.2 | 22.3 | 21.8 |

Temperatura neta = gases de chimenea – temperatura ambiente

Fuente: lecturas obtenidas de la caldera del Hospital San Juan Dios

No se efectuaron lecturas en la caldera No. 2 porque esta inoperante.

Con los parámetros obtenidos, se procedió a efectuar los siguientes cálculos para determinar la eficiencia de cada caldera. Teniendo el % de CO₂ y temperatura neta de ambas calderas, se calcula el porcentaje de eficiencia de combustión.

Se obtiene:

Caldera 1 82%

Caldera 2 0 %

Eficiencia de la caldera = eficiencia de combustión – suma de perdidas de gases secos y humedad en la chimenea. (estimada)

Ef. Caldera No. 1 = 82% - 7.5% = 74.5%

Ef. Caldera No. 2 = 0% - 7.5% = 0%

Este resultado del 74.5 % de la caldera que funciona, representa la eficiencia aceptable de la caldera, pero si lo dividimos dentro de 2 que son el total de calderas del hospital es un 37.25% de eficiencia en la producción total de vapor del hospital. En esta sección se considera la naturaleza y magnitud del efecto de varios parámetros de operación de las calderas en la eficiencia de estas. La mayoría de los parámetros tienen mucha relación con el exceso de aire y el tratamiento del agua y el paro indefinido de la caldera No. 2

2.1.5 Breve descripción del recorrido de las líneas de vapor

En el hospital general el recorrido de las líneas de vapor y de retorno de condensado empiezan desde calderas a lavandería es un recorrido 72 metros horizontal en donde alimenta lavadoras, secadoras, calandria y planchas.

Luego toma un recorrido de 13 metros verticales en el segundo nivel para marmitas, lavadora de vajilla y pistola de vapor. Recorre 84 metros horizontal al área de esterilización en donde se encuentra las autoclaves, en emergencia de adultos.

Los datos obtenidos son medidas de la red principal de vapor y de condensado, aparte son las divisiones de la red principal que alimentan en lavandería a las lavadoras, secadoras etc. En cocina las marmitas y en el área de esterilización las autoclaves. Mas adelante se mostrara el recorrido de las líneas de vapor así como la ubicación de cocina, lavandería y autoclaves.

Es necesario mencionar que cocina se encuentra en el segundo nivel por eso en los datos se mencionan vertical u horizontal con respecto al área de calderas. En el recorrido de la línea principal de vapor se encuentran juntas de expansión, trampas de vapor válvulas y filtros que se harán mención mas adelante en los planos de la red de vapor donde se apreciara su ubicación y recorrido al final de este capítulo.

2.1.3 Diagnóstico de las líneas de vapor

Una red de tuberías, cualquiera que sea, es importante tomar en cuenta la accesibilidad para cambiar la piezas que con el tiempo se van gastando como por ejemplo: válvulas de alivio, tubos, filtros y trampas. Es importante para reducir el tiempo y el costo de mantenimiento.

La mayor parte de la tubería tiene revestimiento, ya que en año 2006 se el realizo el 75% de revestimiento a los tramos de vapor y retorno de condensado, los pocos tramos que aun no tienen están raidos y carcomidos, con excepción de autoclaves que fue remodelado en el 2005.

Los cheques, filtros, purgas, soportes, anclajes, juntas de dilatación, tes, codos y trampas de vapor en su mayor parte se encuentran en estado deplorable, oxidados y corroídos.

Tal como sucede con la tubería de alimentación el sistema de lavandería, o sea el que abastece los aparatos que utilizan cocina, (marmitas, lavados y otros) y lavandería han tenido poco o ningún mantenimiento de la red. El revestimiento que evita las perdidas de calor por contacto con el aire del ambiente, no existe. Es probable que el diámetro interno se ha reducido y el grueso de las paredes de la tubería incrementando, por la acumulación de residuos a causa de la dureza del agua.

2.2 Organización del personal que trabaja en calderas

La organización del personal de calderas esta a cargo del jefe del departamento de mantenimiento, a continuación se presentan sus funciones, responsabilidades requisitos y atribuciones que deben de llenar dicho personal. Dentro de lo establecido por el Hospital para suplir las necesidades del departamento de calderas.

2.4.1 Descripción de puestos y funciones del personal que trabaja en calderas

Operadores de calderas

Definición del puesto:

Trabajo técnico operativo que consiste en dirigir, supervisar, controlar y ejecutar las actividades de instalación, mantenimiento, conservación y reparación del sistema de vapor y calderas.

Dependencia:

- Jefe de mantenimiento.
- Supervisor de mantenimiento asignado.

Funciones y responsabilidades:

Funciones:

- Suministrar el vapor y agua caliente necesarios a los servicios del hospital.
- Asesoría en compra de repuestos y accesorios de la red de vapor y agua caliente.
- Asesoría en los proyectos de diseño y ampliación de las redes de vapor y agua caliente.
- Velar por el mantenimiento de los equipos existentes en el cuarto de calderas.

Responsabilidades:

- Cumplir los programas de mantenimiento y reparaciones establecidos previamente en calderas, tuberías e instalaciones hidráulicas.
- Prestar asistencia técnica, reparaciones, sustituciones, adaptaciones y/o ampliaciones respecto de las instalaciones hidráulicas y de calderas.
- Producir el vapor para calentar el agua que será usada en la lavandería y en otras unidades.
- Efectuar inspecciones periódicas de las tuberías.
- Gestionar con el jefe de departamento la compra de repuestos necesario.
- Gestionar con el jefe de departamento la existencia de herramientas adecuadas y en buen estado de conservación para la ejecución de mantenimientos.
- Desarmar, limpiar e inspeccionar accesorios de la caldera.
- Prender y apagar las calderas y calentadores.
- Cuidar la calidad del agua distribuida.

- Realizar tareas de desincrustación de tuberías de distribución y tubos de caldera.
- Llevar una bitácora con información relevante al proceso de operación y mantenimiento del equipo, inconvenientes en el turno, etc.
- Presentar un reporte mensual de actividades de mantenimiento realizadas en la caldera y calentadores de agua.

Atribuciones:

1. Revisión de los equipos cuando se crea conveniente y como resultado de una anomalía detectada.
2. Efectuar inspecciones periódicas de las tuberías de vapor y agua caliente cuando se crea conveniente y como resultado de una anomalía detectada.
3. Cortar el suministro de vapor o agua caliente ante una situación de emergencia comprobada.
4. Reportar anomalías en los procesos de tratamiento de agua de la caldera que realizan empresas contratadas por el Hospital.

2.4.2 Requisitos para dicho personal

Perfil del puesto:

Perfil académico:

Bachiller industrial y perito en mecánica general con especialidad en redes de vapor y calderas o similar.

Perfil del cargo:

- Capacidad de trabajar bajo presión.
- Conocimiento en el manejo y mantenimiento de equipos de producción de vapor y redes de distribución de vapor.
- Responsable y colaborador.
- Orientado al trabajo en equipo.

Experiencia:

Acreditar tres años de experiencia trabajando con equipos de este tipo o similares.

2.4.3 Relación existente con los departamentos en donde se surte el vapor en el hospital

La relación de el área de calderas, cocina, lavandería y autoclaves es el vapor y el retorno de condensado en donde la red principal recorre estos departamentos. Por su función es primordial el funcionamiento de estos departamentos, están catalogados como servicios de apoyo y cada departamento cuenta con su personal.

El mantenimiento se encuentra a cargo del departamento de mantenimiento. En la mayoría de los casos el mantenimiento que se realiza es correctivo porque esto lleva a una ineficiencia, en el tiempo que hay paros prolongados de la maquinaria. Esto se compensa con que el personal de esta área tenga que salir a un horario fuera de su hora de salida, para poder cumplir con los requerimientos del hospital.

Esto también representa un costo alto porque en ocasiones no se cuenta con los recursos para poder comprar repuestos, esto es el caso de la caldera No. 2 que por el momento esta inoperante.

2.4.4 Recursos utilizados para la operación y mantenimiento de la caldera en el 2004 y 2005

En el año 2004:

El mantenimiento preventivo se realizo cada 6 meses en calderas, y el mantenimiento correctivo se suman costos cada 6 meses al igual que el tratamiento químico que se le da al agua.

Cuando se habla de mantenimiento preventivo, solo se hace referencia a los repuestos utilizados en este periodo de tiempo, en donde se cambia lo siguiente: sellos de caldera, filtros, fusibles (solo los quemados) , válvulas, lubricantes, solventes, interruptores dañados, y si es necesario cambiar anclajes y pernos en lo cual tubo un costo de Q 12,000 en 6 meses para que la caldera fuese operable.

Mantenimiento correctivo, solo se hace referencia a los repuestos utilizados en este periodo de tiempo, en donde se realizo los cambios siguiente: el quemador de la caldera tubo daños y se cambio electrodos, cables del transformador e interruptores, se cambio faja de transmisión, rotor del ventilador y se sellaron fugas y varias poleas en lo cual tubo un costo de Q 80,000 en 6 meses para que la caldera fuese operable.

| | |
|------------------------------|--|
| Mantenimiento preventivo | Q 12,000 (solo repuestos) |
| Mantenimiento correctivo | Q 80,000 (solo repuestos) |
| Tratamiento químico del agua | <u>Q15,000</u> (por producto y asesoría técnica) |
| Total de 6 meses | Q 107,000 |

El costo del tratamiento químico es de Q 15,000 por el producto, esto incluye el asesoramiento técnico de la empresa que provee el producto. El tratamiento químico que se le da a la caldera es interno. Este se lleva a cabo mediante el acondicionamiento de las impurezas dentro de la propia caldera. Las reacciones se realizan en las líneas de alimentación o, bien en el interior de la caldera. Se utiliza una variedad de productos químicos los cuales son PQ 440, PQ 420 y PQ 490 para el tratamiento interno. El costo del funcionamiento de la caldera es alrededor de Q. 5,000.00 diarios de combustible (diesel).

En un año es 2* Q. 107,000 = Q. 214,000

| | |
|---------------------|--|
| Mantenimiento total | Q214,000 |
| Sueldos | Q108,000 (al año que incluye el sueldo y sus prestaciones) |
| Combustible | <u>Q168,000</u> (diesel al año) |
| | Q500,000 |

Cuando se habla de sueldos se toma en cuenta que los 4 operarios realizan turnos rotativos de 12 horas cada uno, en donde su sueldo es de Q 2000 al mes c/u eso hace un total Q 8000 en los cuatro operarios al mes, Q 96000 al año mas Q.12,000 para los cuatro operarios al año en prestaciones (bono 14 y Aguinaldo). El costo de mantenimiento y operación de la caldera en el 2004 fue de Q 500,000.

En el año 2005:

Se utilizo el mismo sistema de cada 6 meses de calculo de costos.

En este periodo el mantenimiento preventivo fue menos costoso, solo se hace referencia a los repuestos utilizados en este periodo de tiempo, en donde se cambia lo siguiente: sellos de caldera, filtros, fusibles (solo los quemados), válvulas, lubricantes, solventes, interruptores dañados, y si es necesario cambiar anclajes y pernos lo cual tubo un costo de Q 8,000 en 6 meses para que la caldera fuese operable en ese año.

Mantenimiento correctivo, solo se hace referencia a los repuestos utilizados en este periodo de tiempo, en donde se realizo los cambios siguiente: se cambio bomba de agua de alimentación, manómetro y termómetros y se sellaron fugas de combustible en lo cual tubo un costo de Q 27,000 en 6 meses y quedo pendiente cambiar un regulador de presion.

| | |
|------------------------------|--|
| Mantenimiento preventivo | Q 8,000 (solo repuestos) |
| Mantenimiento correctivo | Q 27,000 (solo repuestos) |
| Tratamiento Químico del agua | <u>Q15,000</u> (por producto y asesoria técnica) |
| Total de 6 meses | Q 50,000 |

En un año es 2* 50,000 = Q 100,000

| | |
|---------------------|--|
| Mantenimiento total | Q 100,000 |
| Sueldos | Q108,000 (al año que incluye el sueldo y sus prestaciones) |
| Combustible | <u>Q168,000</u> (diesel al año) |
| | Q376,000 |

El costo de mantenimiento y operación de la caldera en el 2005 fue de Q 376,000.

Se puede apreciar que hay una diferencia de costos en el 2004 y 2005 ya que el presupuesto en el 2005 se tuvo que reducir por falta de fondos, donde el técnico encargado de mantenimiento estimo que lo ideal para el mantenimiento en el año 2005 solo en repuestos tuvo que haber sido de Q 160,000 .

2.5 Determinación si existe formas de control en mantenimiento de las líneas de vapor en las áreas de caldera, lavandería, cocina y autoclaves

En el Hospital General el mantenimiento de la red de vapor y retorno de condensado puede ser preventivo y correctivo. El mantenimiento preventivo es el tratamiento químico que se le da agua para generar calidad de vapor así como prevenir el daño del material con que esta hecha la caldera y la red de vapor. Y el mantenimiento correctivo es todo tipo de falla que tiene el equipo de la caldera en el transcurso de su operación.

El personal encargado del mantenimiento es el personal de calderas que se encuentre de turno. El jefe del departamento de mantenimiento es el encargado de autorizar y verificar que el mantenimiento correctivo se lleve a cabo en los diferentes sectores de la red de vapor que puedan estar afectados. Actualmente no se cuenta con una bitácora de mantenimiento ni de servicio de las redes de vapor. Si existe mantenimiento preventivo en el departamento de calderas, para las calderas y sus partes.

En lavandería para las lavadoras si existe mantenimiento preventivo y correctivo ya que es un equipo de fluido trifásico que consta de los siguientes sistemas: eléctrico, mecánico de lubricación y de centrifugo, en la secadora y planchadoras son maquinas electromecánicas y si se llevan a cabo periódicamente el mantenimiento preventivo y cuando lo amerita el mantenimiento correctivo.

En cocina solo mantenimiento correctivo en las marmitas ya que su operación y reparación no es complicado y en autoclaves se realiza mantenimiento preventivo en inspección de tuberías, válvulas, codos, etc.

2.6 Determinación de la ubicación de la caldera y las líneas

A continuación se describe la función que realizan cada una de las áreas de lavandería, cocina y central de equipos. Así como la ubicación de cocina, lavandería y central de equipos y su importancia dentro del hospital San Juan de Dios.

Para el caso de cocina y lavandería se encuentra en edificio de servicios de apoyo en donde también se encuentra la casa de maquinas que es el área encargada de proveer de vapor a todos los servicios del hospital que lo requieran para realizar sus diferentes actividades.

2.4.4 Ubicación de lavandería

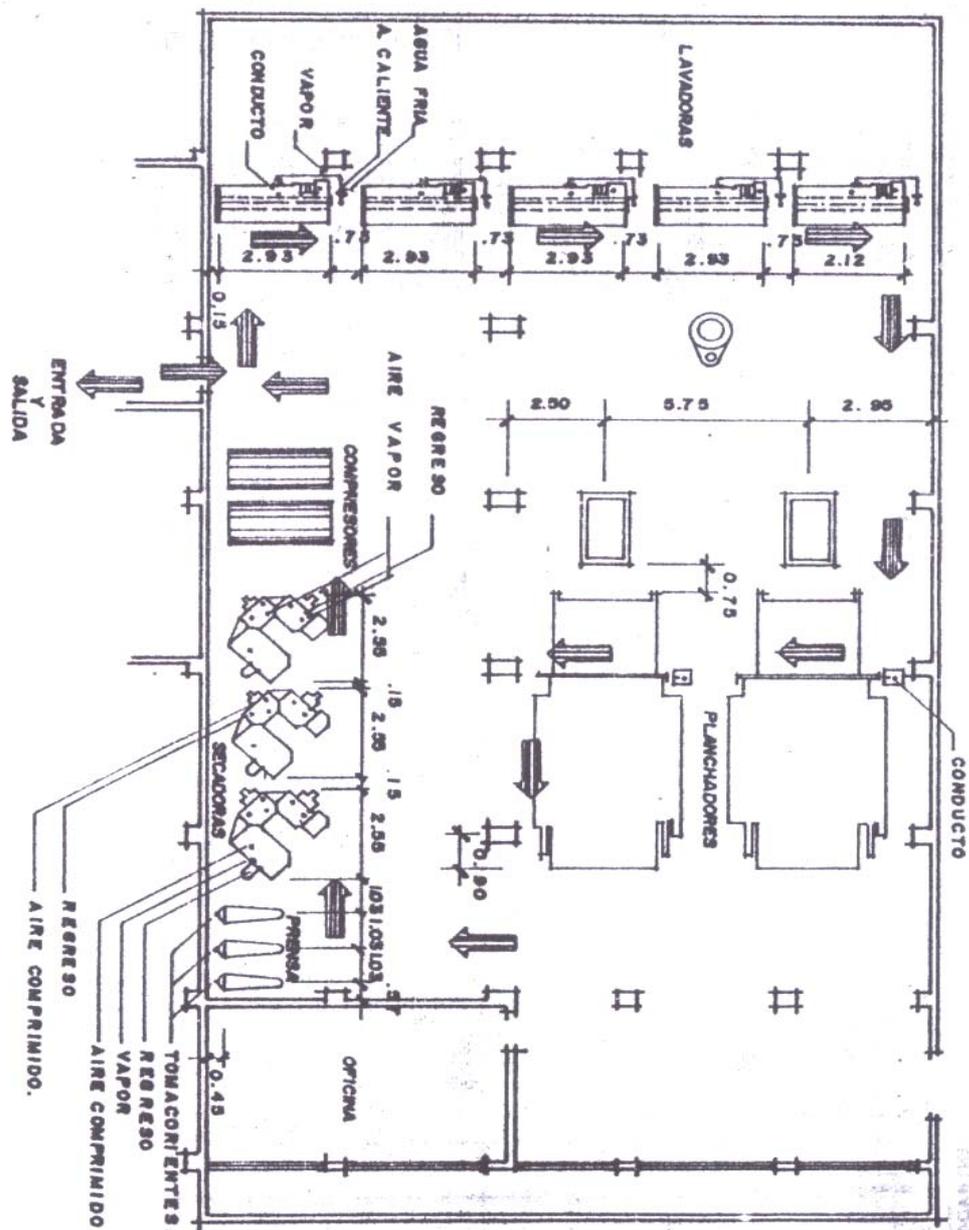
La ubicación de las líneas de vapor y de condensado en el área de calderas a lavandería en el primer nivel del edificio servicios de apoyo. En el hospital general el recorrido de las líneas de vapor y de retorno de condensado empiezan desde calderas a lavandería es un recorrido 72 metros horizontal en donde alimenta lavadoras, secadoras, calandria y planchas.

El diámetro (D = pulgadas) de retorno de condensado y de la tubería de vapor es de 3.5 pulgadas en el cual se recorre el flujo de vapor que alimenta al área de lavandería en sus diferentes equipos.

Tiene como función principal el proceso de desinfección, desmanchado y lavado de todas la prendas que se utilizan en los servicios de vestuario medico, vestuario de pacientes, sabanas y sobre fundas utilizadas por los pacientes internados, así como realizar las labores de reparación y confección de prendas que lo requieran.

En resumen lavandería es el área encargada de lavar, secar y planchar la ropa de toda la institución. La planta de lavandería consta fundamentalmente de los siguientes equipos: lavadoras, secadoras, planchadoras y calandrias.

Figura 10 Ubicación de lavandería



Fuente: Planos del Hospital San Juan de Dios, servicios de apoyo

2.4.5 Ubicación de central de equipos

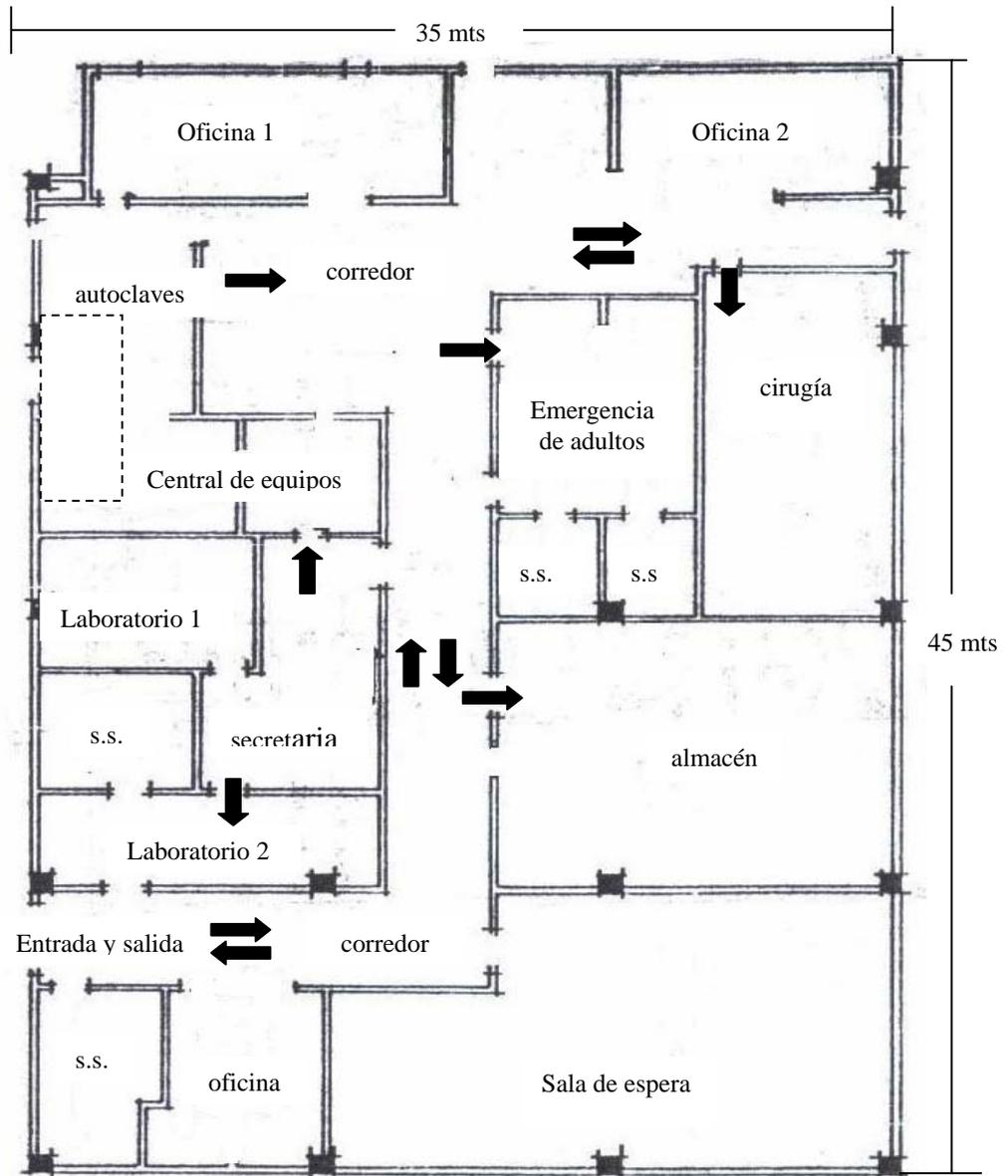
El área de central de equipos y el recorrido de las líneas de vapor y retorno de condensado, se encuentra en servicios médicos en el primer nivel. Tiene como función principal el de esterilizar los equipos médicos y cualquier otro utensilio que tenga que ser desinfectado.

En la mayoría los utensilios desinfectados son instrumentos de intervención quirúrgica que son utilizados en emergencia de adultos así como cirugía en donde el instrumental debe estar debidamente desinfectado.

El ingreso al área de autoclaves está restringido ya que solo el personal autorizado puede ingresar a esta sección ya que se puede contaminar los utensilios a desinfectar. Su tipo de operación es sencilla que esteriliza los instrumentos quirúrgicos a través de la presión del vapor proveniente de calderas.

Actualmente el área de central de equipos fue remodelada en el año del 2005 y se amplió su espacio físico para un mejor desempeño del personal que labora y opera las autoclaves mejorando la iluminación y la debida señalización de las tuberías que recorren esta área.

Figura 11 Ubicación de central de equipos



Fuente: Planos del Hospital San Juan de Dios, servicios médicos nivel 1

2.4.6 Ubicación de cocina

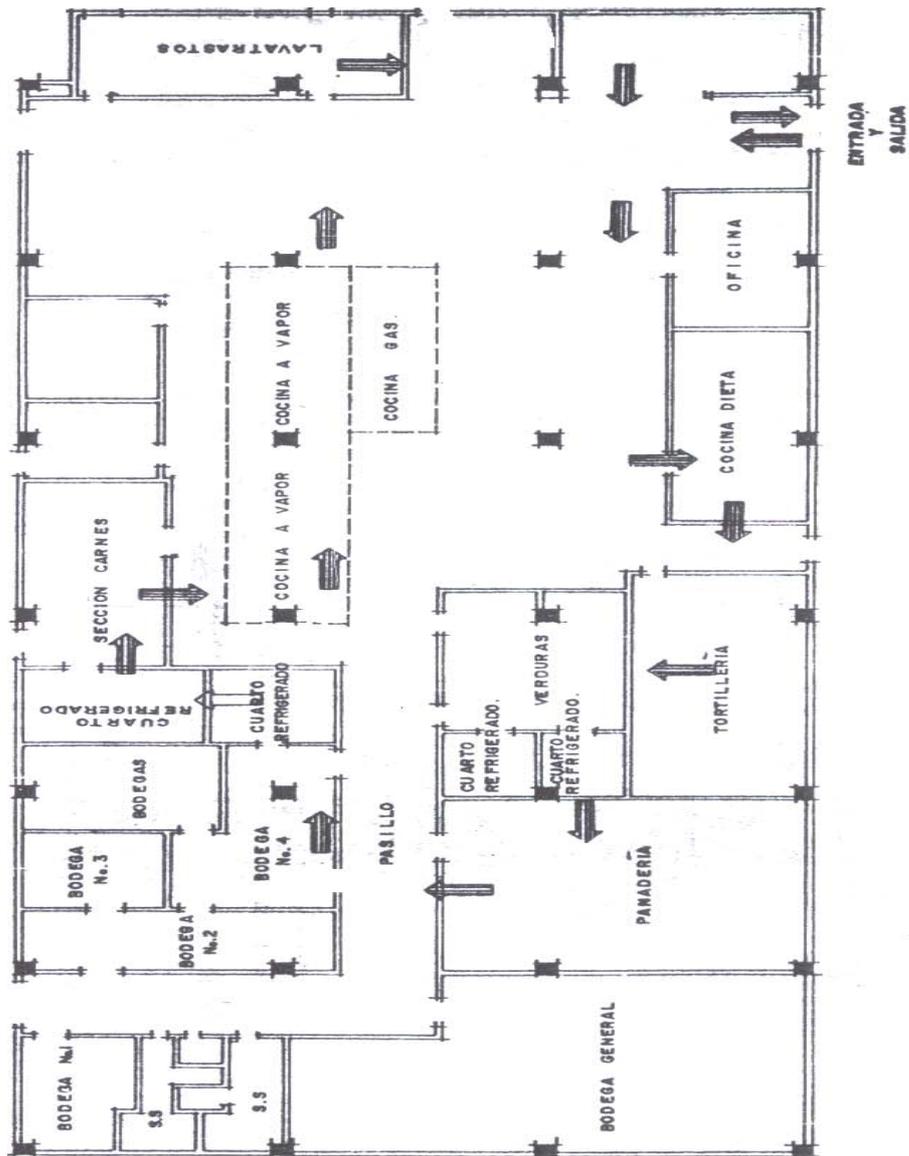
El área de cocina se encuentra en el segundo nivel de la torre de servicios de apoyo. Es el área encargada de elaborar los alimentos para todos los servicios del hospital pero específicamente a los pacientes que se encuentran internados, ya que anteriormente se encargaba también de proveer alimentos al personal médico y de los demás servicios.

Esta área también elabora las dietas especiales para los pacientes que así lo requieran por la naturaleza de sus padecimientos y formulas especiales para los recién nacidos del área de pediatría ya que cuentan con nutricionistas contratados para este fin.

La forma que funciona esta área por medio de turnos diurnos y nocturnos el turno diurno empieza de seis y media de la mañana a seis y media de la tarde. Por la noche solo 3 personas ya que el trabajo disminuye considerablemente.

La planta de cocina consta fundamentalmente de los siguientes equipos: refrigeradores, marmitas, cocinador, estufas industriales, lavandejas, molino de nixtamal, Hornos de panadería y campanas de extracción de olores.

Figura 12 Ubicación de cocina



Fuente: Planos del Hospital San Juan de Dios, servicios de apoyo

3. PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LAS LÍNEAS DE VAPOR UTILIZADAS EN EL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS

3.1 Reorganización de la sección de calderas del departamento de mantenimiento

Para poder realizar una reorganización en calderas es necesario contar con la autorización con el jefe del departamento de mantenimiento. Actualmente el operador de caldera atiende la casa de maquinas y inspecciona y repara secciones dañadas de las redes de vapor en donde dentro de sus responsabilidades y atribuciones no esta incluido el reparar secciones de las tuberías de vapor y retorno de condensado. Para poder cumplir con lo anterior es necesario:

- Capacitar al personal encargado del área de calderas constantemente en mantenimiento preventivo y correctivo ya que la mitad del personal tiene un perfil académico de Bachiller industrial y perito en mecánica general con especialidad en redes de vapor y calderas, los otros dos son bachilleres industrial y peritos de radio y televisión.
- Mejorar las condiciones actuales de trabajo ya que se posee un stock de repuestos limitados así como la falta herramienta necesaria para responder a las necesidades de mantenimiento.
- Reparar la caldera inoperante para poder elevar la producción de vapor.
- Mejorar la ventilación de casa de maquinas ya que expone al operario en turno a elevadas temperaturas que puedan afectar su salud.
- Mejor remuneración económica a los operarios de acuerdo a su capacidad, experiencia y la situación económica de Guatemala.

- Llevar un estricto control del costo del mantenimiento preventivo y correctivo por medio de inventarios de repuestos como de herramienta disponible.
- Supervisión por medio de la observación constante de la tubería de vapor por parte del personal de calderas y anotando en la bitácora de mantenimiento de la red de vapor alguna irregularidad así como su estado actual.
- Mejorar la iluminación de casa de maquinas para desempañar los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo de manera mas rápida y eficiente para evitar accidentes por falta de iluminación.
- Reducir paros incensarios de la caldera a través mantenimientos programados .
- Implementar un manual de seguridad industrial para todos los servicios de apoyo del hospital San Juan de Dios.
- Implementar rutas de evacuación así como letreros que indiquen peligro en áreas de fuga de vapor si es que las hay o cualquier otro peligro en que se pueda exponer el operario u otra persona que se encuentre en la casa de maquinas.
- Implementar programas de mantenimiento, ya que una vez instalados los equipos, se comienzan a utilizar al máximo hasta que sufren daños mayores que conllevan a un cese en el servicio mientras se obtiene su reparación.

Durante los turnos que efectúan los operarios se observado un bajo rendimiento en su desenvolvimiento de su trabajo, ya que sus condiciones laborales son precarias .

3.2 Conceptos y funciones fundamentales específicas de mantenimiento

A continuación se darán conceptos que ayudaran a comprender la importancia del mantenimiento.

3.2.1 Mantenimiento

En la aplicación hacia lo hospitalario, el mantenimiento, debe ser definido como un conjunto de actividades encaminadas a obtener de las instalaciones básicas, sus redes de distribución, los aparatos de uso medico, el instrumental, y en general todo lo que se encuentra en su campo de acción, el mayor grado de uso y disponibilidad con la mayor garantía y calidad posibles mediante técnicas y sistemas de trabajo adecuados a la norma laboral del medio y a las reglamentaciones vigentes.

3.2.2 Tipos de mantenimiento

Existen diferentes tipos de mantenimiento los cuales son:

- **Mantenimiento preventivo:** Constituido por las intervenciones de mantenimiento sobre una maquina, equipo o instalación con objeto de mantener la calidad de servicio dentro de ciertos limites garantizando el estado funcional de estos hallando sus fallas antes de que se manifiesten.

- **Mantenimiento mejorativo:** Este se considera mas como un plan de mejoras constante sobre los equipos, maquinarias e instalaciones además que sobre la gestión de mantenimiento. Incluye la previsión de un mantenimiento correcto desde el diseño y durante el ciclo de vida de cierto elemento.
- **Mantenimiento correctivo:** Constituido por las intervenciones de mantenimiento sobre una maquina, equipo o instalación cuando, como consecuencia de algún fallo, han dejado de prestar la calidad de servicio esperada.
- **Mantenimiento programado:** Es aquel que puede ser programado con anterioridad y que por existir requisitos fijos de inspección o reparación puede ser preplaneado.
- **Mantenimiento predictivo:** Este se realiza cuando la característica de calidad de servicio se desvía de la diseñada en un valor predeterminado. Es el mantenimiento basado en la condición de funcionamiento del elemento considerado.

3.2.3 Mantenimiento correctivo, análisis de la situación existente

Actualmente el mantenimiento correctivo tiene su razón de ser en la propia estructura dentro del departamento de mantenimiento, que necesita recursos técnicos que sirvan de soporte para desarrollar las actividades asistenciales, estos recursos son caros y escasos, mantener y conservarlos es una obligación y asegurar el funcionamiento de los mismos para que puedan dar las prestaciones requeridas es una necesidad.

El mantenimiento como conjunto de operaciones para asegurar el funcionamiento de las instalaciones y equipos de manera constante, debe conservar permanentemente la seguridad del servicio, creando un ambiente de confortabilidad así como una satisfacción de determinados servicios demandados, todo lo cual forma parte de la calidad asistencial.

Actualmente en área de calderas, lavandería, cocina y central de equipos el 60% de mantenimiento es correctivo. Que quiere decir esto: el total del equipo con que cuenta el hospital general en las áreas ya mencionadas es electromecánica en donde el 55% es eléctrico y 45% es mecánico.

Las fallas eléctrica en su totalidad es un cambio de repuesto, mientras del 45% el 30% de las fallas mecánicas pueden evitarse ya sea por lubricación, por limpieza de mecanismos o por anticorrosivos y químicos que se apliquen al agua para evitar el daño de los materiales con que fueron fabricados los equipos. El 15% restante es por el desgaste de los dispositivos mecánicos en donde es irremediable el cambio de repuesto.

En general se han aplicado criterios de mantenimiento correctivo, pero no se lleva un estricto control de stock de repuestos en el área de mantenimiento. Es necesario tomar en cuenta las bitácoras de mantenimiento de los equipos ya que por medio de esta documentación es posible predecir que falla mas común poseen los equipos. Y así de antemano contar con los repuestos para evitar demoras.

3.3 Estructura del plan de mantenimiento

El concepto de sistema de mantenimiento, exige estandarizar los pasos y procedimientos para llevar a cabo las tareas operativas y administrativas, relacionadas con la conservación y mantenimiento de la infraestructura y los equipos, de un establecimiento de salud.

Bajo este objetivo se realizó detalladamente una serie de conceptos necesarios a tomar en cuenta para elaborar un plan de mantenimiento del Departamento de Mantenimiento del Hospital General "San Juan de Dios" con el objeto de establecer todos aquellos procedimientos de mantenimiento que se utilizan en el lugar de trabajo y uniformizar cada uno de ellos.

3.3.1 Planificación

Se debe conocer que existen tres áreas básicas en la planificación del mantenimiento.

- El largo plazo;
- el corto plazo;
- planes inmediatos.

La primera cubre la planificación a largo plazo de los requerimientos de mantenimiento y está muy ligada a los proyectos de largo plazo del departamento de producción del hospital. Esta planificación debe llevarse a cabo en los niveles gerenciales y sus metas se deben fijar a cinco o diez años. Aunque el nivel inicial de esta planificación es muy elevado, los efectos de estos planes recaen sobre toda la organización.

El propósito fundamental de la planificación a largo plazo es mantener los objetivos, las políticas y los procedimientos de mantenimiento acordes con los objetivos fundamentales de la entidad hospitalaria.

La planificación a corto plazo, la segunda área, contiene planes que se desarrollan con el horizonte aproximado de un año. Esta recae bajo la responsabilidad directa de los jefes de departamento. Para estos planes se toman en cuenta tres actividades básicas: la instalación de equipo nuevo, el trabajo cíclico y el trabajo de mantenimiento preventivo. Las tres deben estar incluidas en el programa de mantenimiento.

La tercera área contiene los planes inmediatos en la actividad del mantenimiento. Esta actividad puede ser desarrollada por los técnicos en control del mantenimiento o por los supervisores. Se incluye entre sus actividades una planificación diaria con el propósito de reducir el tiempo utilizado en traslados y otras actividades que no constituyen el trabajo directo sobre los equipos o instalaciones.

Los objetivos y responsabilidades de la planificación del trabajo varían muy poco, aunque sea llevado a cabo por un ingeniero de mantenimiento, un jefe de taller o un planificador. Aunque los detalles de procedimientos varíen un poco, las actividades necesarias para conseguir los objetivos comunes pueden describirse como investigación, análisis económico, desarrollo del plan, ejecución y evaluación.

3.3.1.1 Detección de los problemas

El departamento de mantenimiento debe contar con ficha técnica de historial es allí donde se anotan el estado actual de la maquinaria. Las técnicas de detección de problemas o de fallas se efectúa a través de medición que requieren detener la máquina para efectuar las mediciones se llaman métodos invasivos (off load) y aquellos métodos que no requieren la parada de la máquina se llaman no invasivos (on load). Naturalmente, se escogerán como técnicas aquellas que no requieran detener la operación de los equipos medidos. A continuación se mencionan las técnicas más comunes de detección de fallas.

- **Análisis de espectro:** Las ventajas de los circuitos de estado sólido han permitido el desarrollo de analizadores de vibraciones pequeños y portátiles. El análisis que estos aparatos llevan a cabo muestra la frecuencia y la magnitud para dar una señal completa. Los analizadores de vibraciones pueden usarse para diagnosticar muchos tipos de defectos en la maquinaria. Su aplicación permite diferenciar entre los diferentes modos de falla.
- **Técnicas térmicas:** La técnica de monitoreo por calor se puede emplear para medir fluidos en un sistema o para superficies de componentes mecánicos como las cajas de rodamientos o muñoneras. Para la medición de condiciones térmicas, se utilizan dos tipos de sensores:
 - a) Sensores de contacto
 - b) Sensores sin contacto

- **Medición global:** La técnica más simple utiliza la medición global de vibraciones con aceleración, velocidad y desplazamiento. Este método cuantifica la cantidad de vibración y la compara con normas preestablecidas y aceptadas y sus niveles correspondientes de alarma, según se requiera.
- **Monitoreo de corriente monitoreo de lubricación:** Las ventajas de los circuitos de estado sólido han permitido el desarrollo de analizadores de vibraciones pequeños y portátiles. El análisis que estos aparatos llevan a cabo muestra la frecuencia y la magnitud para dar una señal completa. Los analizadores de vibraciones pueden usarse para diagnosticar muchos tipos de defectos en la maquinaria. Su aplicación permite diferenciar entre los diferentes modos de falla.
- **Monitoreo de corrosión:** Los procedimientos convencionales de monitoreo de la corrosión se basan en la detección de la pérdida de peso, la medición de resistencia eléctrica y la polinización lineal. Para detectar la corrosión, se siguen numerosos métodos, entre ellos, inspección visual, ultrasonido, radiografía, inducción magnética y medición de corrientes parásitas.
- **Los sentidos humanos:** Tocar, ver, oler y oír son actividades generalmente olvidadas cuando se escribe la lista de los métodos para monitorear condiciones de operación. Posiblemente esto ocurre porque estos sentidos siempre están presentes en nuestras acciones. Es muy frecuente, en mantenimiento, que una apreciación subjetiva, usando nuestros sentidos, inicie un análisis objetivo y exhaustivo de un problema. El decir "No se ve muy bien" es, entonces, muy importante.

- La observación: Ya se ha mencionado el uso de la visión. Existe una amplia gama de técnicas que amplían la potencia del ojo humano. Se puede obtener amplificación extra con el uso de lupas o de otros instrumentos ópticos. A veces el objeto que se quiere inspeccionar no se encuentra accesible, por lo que se requiere equipo especializado para alcanzarlo. Otras veces, el objeto no está quieto o se encuentra viajando.

En el caso de que cuando las fallas son demasiado frecuentes y la reparación o los repuestos son muy costoso la mejor alternativa es el rediseño por obsolescencia.

3.3.1.2 Establecimiento de los objetivos

Todas las organizaciones tienen una finalidad, persiguen ciertos objetivos, pretenden determinados propósito. Por ello en mantenimiento como en cualquier otra organización debemos distinguir dos tipos diferentes de objetivos: aquellos fundamentales no cuantificables pero duraderos en el tiempo y por otra parte los objetivos operativos que admiten su cuantificación y serán variables de acuerdo con las circunstancias de un periodo determinado.

Los objetivos del departamento de mantenimiento representan los fines, generalmente variables y cuantificables, perseguidos en cada momento.

Dentro de la estructura organizativa de cualquier institución hospitalaria, el mantenimiento, una vez, definidos sus objetivos vendrán condicionados en el cumplimiento de los mismos por la capacidad y formación de los equipos humanos que lo realizan. A tal efecto, y considerando la complejidad de las instalaciones y equipos que forman parte de la infraestructura técnica será necesario definir la estrategia organizativa y su desarrollo por parte de los responsables directos.

3.3.2.3 Plan de trabajo normal

Como parte fundamental del programa, se debe contar con un plan de trabajo normal en el que se indiquen todos los procedimientos que se deben seguir por parte de los técnicos al realizar servicios de mantenimiento. Para el diseño del manual de normas de mantenimiento, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- a) Las clases de equipos, estructuras y unidades del hospital: para poder realizar un mantenimiento es necesario contar con la estructura de equipos o unidades para poder ejecutar la actividad que se les a delegado.

- b) Recomendaciones sobre mantenimiento de las casas fabricantes: para poder ejecutar un mantenimiento es necesario tener las instrucciones y recomendaciones de los fabricantes del equipo.

- c) Experiencia adquirida en la operación de equipos: al poder operar el equipo debidamente se evita la falla por mal uso.

- d) Ensayos que permitan establecer estándares, personal requerido, etcétera, para las operaciones de mantenimiento: es el contar con el personal adecuado para realizar un adecuado mantenimiento.

La aplicación de las normas depende fundamentalmente de la estrategia que se haya determinado para el equipo o instalación.

El uso de dos registros independientes para las fallas y los datos técnicos permite mantener los datos físicos (de instalación y características) sin tener que repetirlos cuando el número de reparaciones sea elevado y se complete dicho formulario. Una vez terminado el inventario de todo el equipo, se procede a la confección de la ficha de historial. Cuando en el plan no ha existido nunca un registro de fallas en máquinas, se procede a revisar las órdenes de trabajo de, al menos, los dos últimos años. En este proceso es necesario recurrir a la experiencia del personal de mantenimiento en el caso de no tenerse del todo registros.

Analizando las dos fichas del equipo, se podrá encontrar cuáles han tenido un excesivo número de reparaciones y se podrá determinar si requieren un acondicionamiento previo antes que se las incluya en el plan de mantenimiento. Es muy importante que todas las reparaciones y ajustes efectuados queden debidamente registrados. Del conocimiento que se tenga de ellos dependerá la posibilidad de prevenir futuras fallas.

Una técnica que podría obviar la necesidad de usar los dos métodos mencionados anteriormente es la de inspección previa para determinar la condición normal de los equipos. Para esto se requiere contar con personal experimentado y con equipos de medición, tales como el medidor de vibraciones. El análisis de vibraciones es una de las técnicas conocidas como de monitoreo de condiciones, entre las que se cuenta también con la aplicación directa de los sentidos humanos, técnicas ópticas y térmicas.

3.3.2.4 Plan de trabajo de emergencia

Un plan de emergencia tiene como finalidad proporcionar soporte al jefe de mantenimiento de turno para actuar de la mejor manera en situaciones que se presenten de emergencia en su turno.

En el hospital general es recomendable que posea un plan de trabajo de emergencia en casa de maquinas, ya que es donde se produce vapor y agua caliente. Se deben tomar en cuenta ciertos factores:

- Determinación de los procedimientos adecuados a seguir
- Personal capaz de resolver el problema con rapidez
- Contar con los recursos necesarios

Es importante contar con recursos necesarios para responder a una emergencia, en el caso del hospital general se debe tener stock de repuestos, personal y herramienta adecuada, así como equipo protector si se corre riesgo en la ejecución del mantenimiento.

Una vez detectada la falla, adquiridos los recursos, seleccionado y entrenado el personal, se procede a la implantación del plan de trabajo de emergencia. Para tal fin, el ingeniero jefe del programa o el subalterno designado imparte órdenes de trabajo a los técnicos y operadores encargados de la ejecución. Esta orden de trabajo debe ser lo más explícita posible, a fin de evitar errores y traslados innecesarios.

Es recomendable que las órdenes de trabajo deben revisarse para que su ejecución siga el diagrama de flujo del hospital esto se debe realizar al menor tiempo posible, actualmente el hospital no cuenta con un diagrama de flujo. En la orden de trabajo debe incluirse, además, el espacio necesario para que el ejecutante detalle comentarios u observaciones. Las órdenes de trabajo pueden confeccionarse manualmente. También se debe detallar como se realizo la actividad de mantenimiento y cual fue la solución que se dio, para llevar el control del equipo del hospital.

3.3.2 Organización

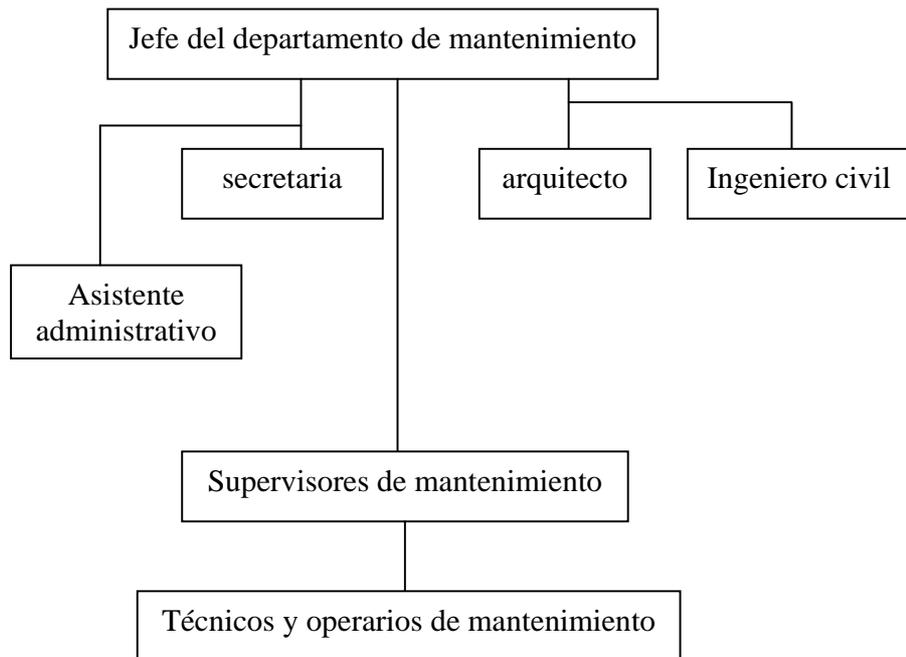
El jefe de mantenimiento es el encargado de organizar y estructurar el mantenimiento según la importancia de las diversas actividades que realizan áreas del hospital. En el caso de la producción de vapor se dividió en dos: ámbito de atención primaria y ámbito de atención especializada, esta organización se aplica en el mantenimiento de casa de máquinas, central de equipos, lavandería y cocina. A continuación se dividirá según la función que realizan:

- En el ámbito de atención primaria, cubriendo casa de máquinas, etc.
- En el ámbito de atención especializada, cubre lavandería, cocina y autoclaves.

Se le llama ámbito atención primaria de la organización porque sin la producción de vapor y agua caliente quedan sin funcionar lavandería, cocina y autoclaves.

Se le da el nombre de ámbito de atención especializada porque sin lavandería, cocina y central de equipos el hospital San Juan de Dios colapsaría, ya sea por falta de comida, ropa desinfectada y limpia, e instrumentación quirúrgica esterilizada. Con respecto a la organización del personal del departamento de mantenimiento a continuación se da el organigrama del departamento de mantenimiento del Hospital San Juan de Dios.

Figura 13 **Organigrama del departamento de mantenimiento**



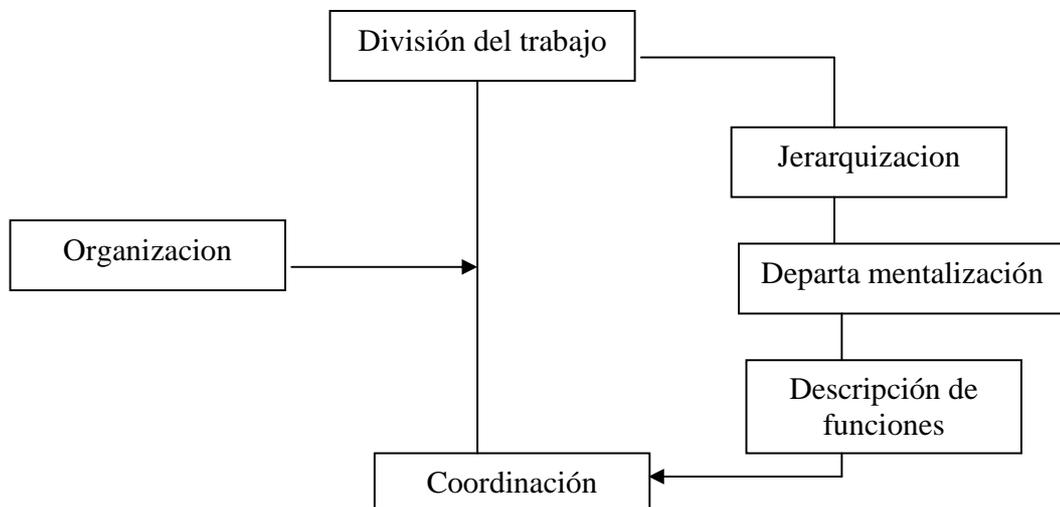
Fuente: **departamento de mantenimiento del Hospital San Juan de Dios**

3.3.2.1 La división del trabajo

Es la separación y delimitación de las actividades, con el fin de realizar una función con la mayor precisión, eficiencia y el mínimo de esfuerzo, dando lugar a la especialización y perfeccionamiento en el trabajo. En el caso del Hospital General es necesario contar con los organigramas una mejor sincronización de los recursos y de los esfuerzos de un grupo social, con el fin de lograr oportunidad, unidad, armonía y rapidez, en el desarrollo y la consecución de los objetivos.

A continuación se muestra la representación gráfica de la estructura formal, que muestran las interrelaciones de la división del trabajo, las funciones, los niveles, las jerarquías, las obligaciones y la autoridad existentes dentro de ella.

Figura 14 **Organigrama de la importancia de la división del trabajo**



3.3.2.2 **Determinación del personal que ejecutará el mantenimiento**

Es responsabilidad del jefe del departamento de mantenimiento asignar el personal encargado de realizar el mantenimiento preventivo y correctivo en las distintas áreas que recorre la red de vapor y casa de máquinas. El personal encargado del mantenimiento correctivo y preventivo es:

- Jefe del departamento de mantenimiento
- Supervisor de mantenimiento

- Técnico de mantenimiento

Jefe del departamento de mantenimiento: Realiza orden de trabajo de mantenimiento y si se cuenta con los materiales se procede a dar la orden para la realización del trabajo y si no, se procede a hacer la requisición respectiva.

Supervisor de mantenimiento: Supervisa el trabajo realizado.

Técnico de mantenimiento: Ejecuta la orden de trabajo del equipo e instalaciones que requiera el servicio de mantenimiento correctivo o preventivo.

3.3.2.3 Asignación de los recursos necesarios

Para la asignación de recursos es necesario conocer los costos de mantenimiento de los equipos en el Hospital General, no son un factor cuantificable solo en dinero, sino en otros factores.

Por esto la optimización del mantenimiento y reparación de equipos es uno de los mayores retos con que se enfrenta la dirección de gestión debido a que estos constituyen un autentico “cuello de botella” por el elevado número de distintos aparatos existentes, su gran coste económico y su complejidad técnica y funcional que da lugar a numerosas averías de costosa solución.

Podríamos decir que los costos de funcionamiento de los equipos los reunimos en:

- **Costos de reparación.** Es el costo o valor propiamente dicho de la reparación, y viene dado con la suma del costo del valor de la mano de obra del técnico y el costo de las piezas de recambio. Por ejemplo el área de calderas tubo un gasto de mantenimiento y operación de la caldera en el 2004 fue de Q. 500,000.

- **Costos de actualización.** Este costo incluye las operaciones necesarias para mantener el equipo dentro de las características técnicas y cumpliendo las funciones para las que se ha diseñado. Para el área de calderas Q. 2,475,345,82. esta cantidad incluye (2 calderas nuevas, cambio total en el área de calderas de tuberías de vapor, retorno de condensado, tubería de agua caliente, así como compra de calentadores de agua, válvulas, trampas, manómetros de presión así como medidores de flujo y mejora de la iluminación, todo esto llevaría un tiempo de 30 días en su instalación y puesta en operación.
- **Costos de parada.** Incluye todas las causas que se presentan para que el equipo no funcione. Por ser una institución de sentido social no es aplicado el costo de parada en términos monetarios. Estos costos no son fácilmente cuantificables porque en él intervienen otros factores como:
 - El no funcionamiento del equipo humano facultativo correspondiente.
 - Pérdida de material fungible, energía, fluidos, etc.,.
 - Traspaso de la función de un equipo a otro en mejores condiciones.

Del análisis de este costo, hemos obtenido los siguientes factores que influyen en su aumento o disminución del área de calderas en el año 2005:

- Gastos de personal. Q108,000
- Gastos de amortización. -----
- Gastos de mantenimiento. Q 100,000
- Gastos de energía. Q 45,000

- **Representación de costos.**

- Costo total de mantenimiento Q 100,000
- Costo de mantenimiento preventivo Q23,000
- Costo de reparación Q 27,000
- Frecuencia de inspección -----
- Costo de mantenimiento en función de la frecuencia de inspección. Q 10,000.

Es necesarios tomar en cuenta todos los costos para poder asignar recursos económicos en una entidad hospitalaria para el mantenimiento de sus instalaciones especialmente todo el equipo encargado de generar vapor y agua caliente. Y es una necesidad que el departamento de mantenimiento contemple un presupuesto de todo lo mencionado para poder rendir al máximo su eficiencia.

3.3.3 Dirección

La dirección de cualquier departamento de mantenimiento tiene que desarrollar una serie de funciones que persigan un fin y les lleve a alcanzar los objetivos. Para ello depende de un sistema de información y apoyo en la toma de decisiones que les permita racionalizar los recursos existentes dentro de la red sanitaria. El desconocimiento de la situación en las instalaciones y equipos hace que en muchas ocasiones se olvide o ignore la realidad y no lo tenga en cuenta a la hora de asignar determinados recursos.

Por todo lo anterior, esta unidad de ingeniería y mantenimiento debe tener la información necesaria suficiente de los diferentes centros hospitalarios y coordinada con sus servicios para la realización de estudios, establecimiento de criterios que de base a decisiones de ámbito general y beneficio hospitalario.

3.3.4 Control

Es evidente que sea cual sea la formula seleccionada para abordar el mantenimiento, debe realizarse un seguimiento control del mismo por parte del servicio de mantenimiento del hospital. Dicho control se realizara en todos los ámbitos y deberá incluir:

- Control del cumplimiento de las reglamentaciones vigentes referentes a revisiones periódicas de mantenimiento preventivo.
- Control del mantenimiento correctivo en lo referente a renovación periódica de los elementos consumibles o elementos sometidos a desgaste.
- Control de las incidencias que aparecen en equipos e instalaciones.
- Control del trabajo realizado por las empresas contratadas .
- Control del trabajo realizado por el propio servicio de mantenimiento.

Para la gestión de los conceptos indicados son de gran ayuda los sistemas informáticos, mediante la cual es posible tener a mano una gran cantidad de información.

3.3.4.1 Programa de trabajo

Los programas de trabajo tienen como objetivo primordial el lograr que sus unidades componentes trabajen económicamente en forma normal durante todo su periodo de vida útil. Forman parte del programa el registro de datos, la programación de las actividades, las normas técnicas, los recursos humanos y materiales y los controles necesarios para su desarrollo y la evaluación correspondiente.

Podemos distinguir como etapas de un programa:

- confección de historiales;
- diseño;
- puesta en marcha;
- supervisión;
- evaluación.

En el capítulo 5 se da la definición de estas etapas en Lineamientos seguir del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo. Todas estas no son etapas terminadas sino que se debe lograr un proceso continuo de reacondicionamiento de ellas, de tal manera que constituyan un ciclo de desarrollo propio del programa. Los cambios que se lleven a cabo no deben obedecer a un proceso mal elaborado, sino que deben responder al control y evaluación que se haga del proceso.

3.3.4.2 Calendarizacion de actividades

La calendarizacion de actividades es un procedimiento de planificación y control de diferentes tareas a realizar durante un periodo de tiempo determinado.

La calendarizacion de las actividades de mantenimiento solo son aplicables en el mantenimiento preventivo ya que se procede a la evaluación e inspección de los equipos e instalaciones del Hospital General. Para esto se cuenta con fichas de mantenimiento y bitácoras de mantenimiento en donde se anotan el estado actual de los equipos.

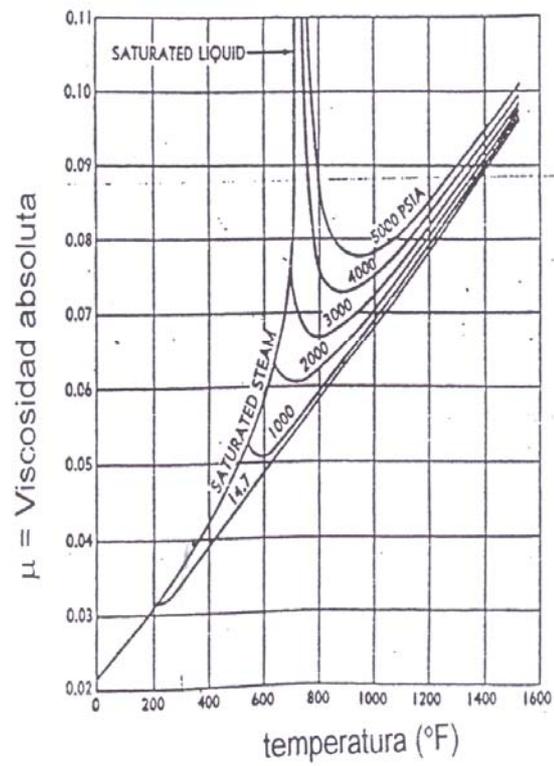
3.4 Cálculo de la tubería de vapor

Para calcular el diámetro de la tubería ideal se debe contar con la siguiente información :

- Tipo de tubería
- Capacidad de flujo en Lb/hora
- Volumen especifico
- Presion de trabajo de la caldera
- Velocidad de la corriente de vapor (pie/minuto)

La presion de trabajo y la capacidad se obtiene de la placa de información de la caldera, si no se puede calcular con solo saber el caballaje (HPC) y multiplicándolo por el factor 34.5 así se obtiene el flujo de vapor que circula por ella (lb/hr).

Figura 16 Viscosidad de vapor saturado y sobrecalentado



Fuente: Tablas de control del Departamento de mantenimiento del hospital San Juan de Dios

3.4.1 Cálculo de diámetro

Los siguientes datos fueron obtenidos de la caldera del Hospital San Juan de Dios:

| | Símbolo |
|---|---------|
| • Tubería.....40 | Cd |
| • Presion de trabajo de la caldera100 PSI | P |
| • Capacidad de flujo8625 lbs/h | Q |
| • Velocidad de la corriente del vapor.....10,000 p/min | Vel |
| • Volumen especifico4.418 pie ³ /lb _m | γ |

a) Calculo del volumen de control

$$\text{Vol} = Q \cdot \gamma$$

volumen = capacidad de flujo * volumen especifico

$$\text{Vol} = 8625 \text{ lb}_m/\text{h} * 4.418 \text{ pie}^3/\text{lb}_m = 38105.25 \text{ pie}^3/\text{h}$$

$$\text{Vol} = 38105.25 \text{ pie}^3/\text{h}$$

b) Calculo del área

Para calcular el área se tomaron los datos del volumen y la velocidad de la corriente del vapor.

$$\text{Vol} = \text{Vel} * \text{Área}$$

$$38105.25 \text{ pie}^3/\text{h} = (10,000 \text{ p/min} * 60 \text{ p/min}) * A$$

$$\text{Area} = (38105.25 \text{ pie}^3/\text{h}) / (600,000 \text{ p/min})$$

$$A = 0.06350 \text{ pie}^2 = 5.29 \times 10^{-2}$$

Partiendo de esta fórmula se encuentra el diámetro de la tubería

$$\text{Área} = \pi * (D/2)^2$$

$$\pi*(D/2)^2 = 0.06350 \text{ pie}^2$$

$$D = 0.28 \text{ p} * 12/1\text{p} = 3.14 \text{ pulg}$$

$$D = 3.5 \text{ pulg}$$

3.4.2 Pérdidas por fricción

Para el cálculo de perdidas por fricción se utilizo el método tomando en cuenta la figura 15 rugosidad de la tubería.

El tubo Cd 40 de 3.5 pulgadas

Caída de presión por fricción:

$$\Delta P = [f*L*v*(G \times 10^{-5})^2]/D$$

En donde:

ΔP = cambio de presión en PSI

f = factor de fricción de Fanning

v = peso específico

G = velocidad masica

L = longitud total de la tubería

D_i = diámetro interior

a) Cálculo de la velocidad masica

$$G = Q/A$$
$$G = (8625 \text{ lbs/h} * 6.80 \times 10^{-2} \text{ pie}^2)$$
$$G = 126838.24 \text{ lb}_m/\text{h-pie}^2$$

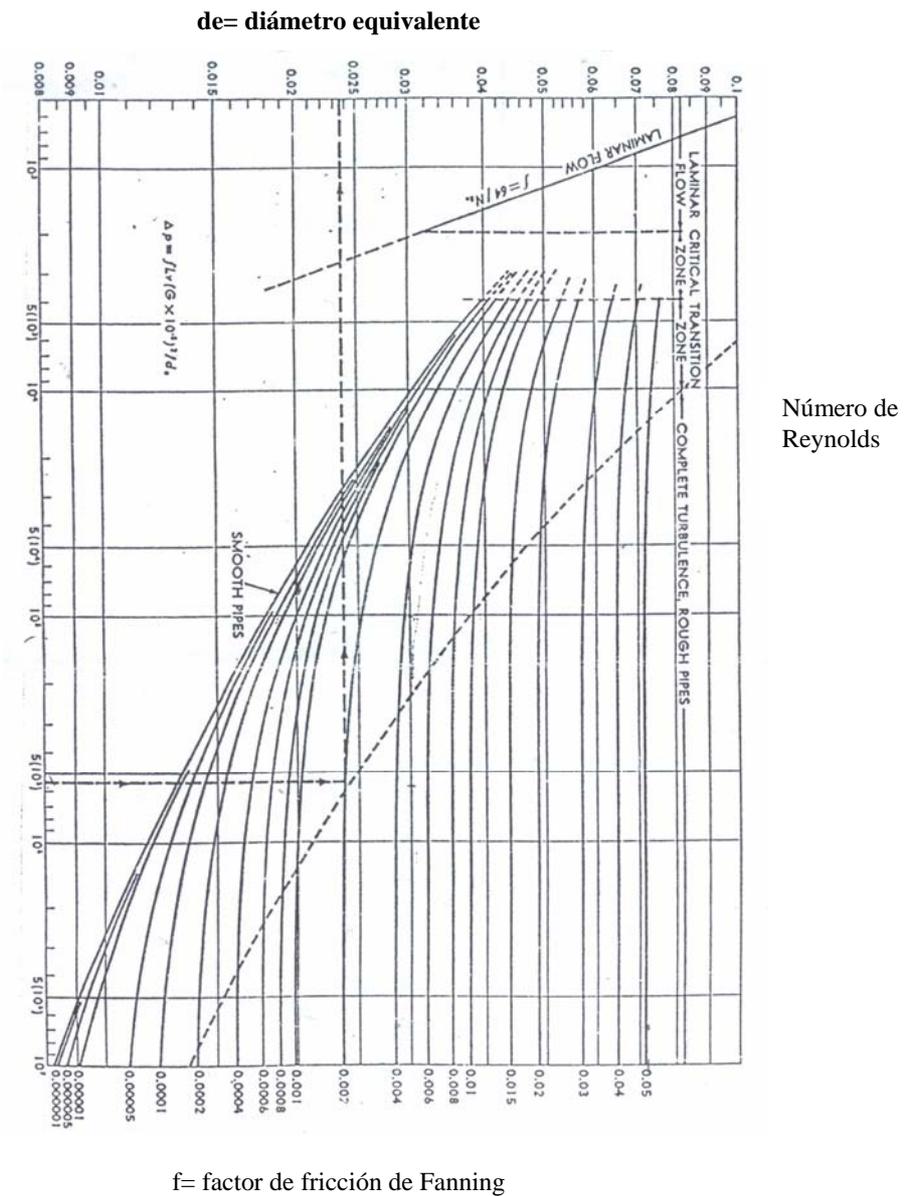
El dato $6.80 \times 10^{-2} \text{ pie}^2$ se obtuvo del diámetro que es 3.5 pulg y revisando la tabla IV de tubos de peso normal dio de sección interior 9.81 pulgadas que son $6.80 \times 10^{-2} \text{ pie}^2$.

Para encontrar el número de Reynolds se emplea la siguiente fórmula:

$$N = D * G / 12\mu$$

La viscosidad absoluta de vapor saturado se encuentra en la figura 16 de vapor saturado y sobrecalentado, ingresando la temperatura y presión de trabajo de la caldera, y el factor de fricción Fanning de la figura de factor de fricción para vapor en tubería ingresando la rugosidad y el número de Reynolds.

Figura 17 Factor de fricción para vapor en tuberías



Fuente: **Tablas de control del Departamento de mantenimiento del hospital San Juan de Dios**

La rugosidad se determina por medio del diámetro y el tipo de tubo en la figura de rugosidad relativa vrs diámetro equivalente.

$$\epsilon/D_i = 0.01$$

$$f = 0.038$$

Total de perdidas por fricción

$$\Delta P = [f \cdot L \cdot v \cdot (G \times 10^{-5})^2] / D$$

$$\Delta P = [0.038 \cdot 229 \cdot 4.418 \cdot (126838.24 \times 10^{-5})^2] / 3.5$$

$$\Delta P = 17.67 \text{ PSI}$$

Tabla IV. Tubos de peso normal

| Dnominal | D ext | D int | Espesor | Kg/m | circunferencia Externa (cm) | Seccion E. cm2 | long M/m exterior | seccion I cm2 |
|----------|-------|-------|---------|-------|--------------------------------|-------------------|----------------------|------------------|
| 0.125 | 10.3 | 6.85 | 1.73 | 0.358 | 3.24 | 2.15 | 0.83 | 0.37 |
| 0.25 | 13.7 | 9.15 | 2.28 | 0.625 | 4.3 | 2.87 | 1.47 | 0.66 |
| 0.5 | 21.4 | 15.75 | 2.83 | 1.265 | 6.72 | 4.95 | 3.6 | 1.95 |
| 0.75 | 26.7 | 20.8 | 2.95 | 1.68 | 8.39 | 6.53 | 5.6 | 3.4 |
| 1 | 33.4 | 26.6 | 3.4 | 2.5 | 10.49 | 8.36 | 8.76 | 5.56 |
| 1.75 | 42.1 | 35 | 3.55 | 3.38 | 13.23 | 11 | 13.92 | 9.62 |
| 1.5 | 48.2 | 40.9 | 3.65 | 4.05 | 15.14 | 12.85 | 18.25 | 13.14 |
| 2 | 60.2 | 52.5 | 3.85 | 5.44 | 18.91 | 16.49 | 28.46 | 21.65 |
| 2.5 | 73 | 62.7 | 5.15 | 8.63 | 22.93 | 19.7 | 41.85 | 30.88 |
| 3 | 88.9 | 78 | 5.45 | 11.3 | 27.93 | 24.5 | 62.07 | 47.78 |
| 3.5 | 101.5 | 89.8 | 5.85 | 13.58 | 31.89 | 28.21 | 80.9 | 63.33 |
| 4 | 114.2 | 102.5 | 5.85 | 16.07 | 35.9 | 32.2 | 102.05 | 82.52 |
| 5 | 141.3 | 128.3 | 6.5 | 21.75 | 44.3 | 40.3 | 156.9 | 129.7 |
| 6 | 168 | 154.2 | 6.9 | 28.2 | 52.8 | 48.4 | 221.7 | 186.8 |
| 8 | 219 | 203.5 | 7.75 | 42.5 | 68.8 | 63.9 | 376.7 | 325.2 |
| 10 | 273 | 256 | 8.5 | 60.4 | 85.8 | 80.4 | 585.3 | 510.7 |
| 12 | 324 | 305 | 9.5 | 74 | 101.8 | 95.8 | 824.5 | 730.6 |

Fuente: **Centrales de vapor, G.A. Garffet, Pag 358**

3.4.3 Pérdidas por accesorio

Para poder calcular las pérdidas por accesorios es necesario mostrar las tablas con los valores experimentales de las pérdidas por medio de los métodos de cabeza de velocidad y longitud equivalente.

A continuación aparece la tabla del método de cabeza de velocidad en donde aparecen un listado de accesorios con diferentes rangos de pérdidas experimentales.

Tabla V. Pérdidas por accesorios del método de cabeza de velocidad

| Accesorios | cabeza de Vel. |
|--------------------------------|----------------|
| Codo 90° estándar | 0.3 - 0.7 |
| Codo 90°, conexión larga | 0.2 - 0.5 |
| Te, flujo a lo largo | 0.15 - 0.5 |
| Te, flujo a 90° | 0.6 - 1.6 |
| "U" | 0.6 - 1.7 |
| Válvula de compuerta (abierta) | 0.1 - 0.2 |
| Válvula de cheque (abierta) | 2.0 - 10.0 |
| Válvula de globo (abierta) | 5.0 - 15.0 |
| Válvula de ángulo (abierta) | 3.0 - 7.0 |

A continuación aparece la tabla del método de longitud equivalente en donde aparecen un listado de accesorios con su rango de pérdidas experimentales.

Método de longitud equivalente

Tabla VI. Pérdidas por accesorios del método de longitud equivalente

| Accesorios | R |
|-----------------------------|------|
| Válvula de compuerta | 0.25 |
| Codo larga | 0.33 |
| Codo mediano reducción 1/4" | 0.42 |
| Codo estándar | 0.67 |
| Válvula de ángulo | 0.9 |
| vuelta "U" | 1 |
| Te, flujo a 90° | 1.33 |
| Válvula de globo | 2 |

Tabla VII. Pérdidas por accesorios del H.G.S.J.D.

| Cantidad | Accesorios | Cabeza de vel | Valores r | CV | r |
|----------|----------------------|---------------|-----------|---------------|---------------|
| 58 | Codo 90° estándar | 0.5 | 0.67 | 29 | 38.68 |
| 25 | Te, flujo a lo largo | 0.26 | 1.33 | 6.5 | 33.25 |
| 13 | Te, flujo a 90° | 1.1 | 1.33 | 14.3 | 17.29 |
| 21 | Válvula de compuerta | 0.15 | 0.25 | 3.15 | 5.25 |
| 27 | Válvula de globo | 5 | 2 | 135 | 54 |
| | | | | 187.95 | 148.65 |

3.4.3.1 Método de cabeza de velocidad

A continuación se muestra la formula del método de cabeza de velocidad en donde para calcular, se multiplica el factor correspondiente a cada accesorio por la cantidad de accesorios y la sumatoria de todos se ingresa en el lugar de N.

$$\Delta P = [N \cdot v \cdot (G \times 10^{-5})^2] / 12$$

$$(187.95 \text{ pulg/seg}) \cdot (1 \text{ pie} / 12 \text{ pulg}) = 15.66 \text{ pies}$$

$$\Delta P = [15.66 \cdot 4.418 \cdot (126838.24 \times 10^{-5})^2] / 12$$

$$\Delta P = 9.27 \text{ PSI}$$

Perdida total de la red de vapor

$$\Delta P_T = 9.27 + 17.67$$

$$\Delta P_T = 26.94 \text{ PSI}$$

3.4.3.2 Método de longitud equivalente

La formula del método de longitud equivalente es:

$$L_{eq} = 43.7 \cdot \sum r \cdot D^{1.2}$$

El calculo de la perdida de fricción es :

$$\text{Longitud total} = L + L_{eq}$$

$$(148.65 \text{ pulg}) \cdot (1 \text{ pie} / 12 \text{ pulg}) = 12.39 \text{ pies}$$

$$L_{eq} = 43.7 \cdot 12.39 \cdot (3.5)^{1.2}$$

$$L_{eq} = 2434.64 \text{ pulgadas}$$

$$L_{eq} = 202.886 \text{ pies}$$

$$L_{eq} = 202.886 + 229$$

$$L_{eq} = 431.006 \text{ pies}$$

$$\Delta P = [f \cdot L \cdot v \cdot (G \times 10^{-5})^2] / D$$

$$\Delta P = [0.038 \cdot 431.9 \cdot 4.418 \cdot (126838.24 \times 10^{-5})^2] / 3.5$$

$$\Delta P = 33.26 \text{ PSI}$$

La diferencia que existe entre los dos métodos se debe a la discrepancia de las formulas utilizadas y en las caídas de flujo de los accesorios.

3.4.4 Retorno de condensado

Para el calculo de retorno de condensado se calculo los gastos de vapor de los equipos y así es como se estableció el flujo de vapor de cada aparato.

El equipo con que cuenta el hospital en operación:

Cocina:

1 marmita de 130 litros (12 x18 pulgadas)

10 marmitas de (10x 16)

Lavandería:

3 lavadoras

3 secadoras

1 prensa

Autoclaves:

6 autoclaves de 60 x120 cm.

Para los gastos de vapor de los diferentes equipos de los departamentos de Autoclaves, Lavandería y cocina se calcularon según las siguientes tablas que a continuación se mostraran. Para calcular los HP se divide el flujo de dentro de 34.5 lb/hora.

Tabla VIII. Consumo de aparatos de cocina

| | | |
|---------------------------|--------------------|--------------------|
| Estufas de legumbres | por compartimiento | 18.12 Kg. Por hora |
| Cafetera | por cada litro | 0.41 Kg. Por hora |
| Baño de María | Por m ² | 16.5 Kg. Por hora |
| Mesa termica | Por m ² | 8.30 Kg. Por hora |
| Horno para alimentos | Por m ³ | 28.0 Kg. Por hora |
| Maquina para lavar platos | Por gaveta | 28.0 Kg. Por hora |

Fuente: **instalación de equipo de hospitales, USAC, ERIS.**

Tabla IX. Consumo de aparatos de lavandería

| | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------|
| Secador | 13.5 Kg de carga | 49.0 Kg. Por hora |
| Secador | 18.0 Kg de carga | 57.0 Kg. Por hora |
| Secador | 22.5 Kg de carga | 67.0 Kg. Por hora |
| Secador | 45.0 Kg de carga | 137 Kg. Por hora |
| Calandria | 1 rollo de 254 cm. | 31.0 Kg. Por hora |
| Calandria | 2 rollos de 300 cm. | 62.0 Kg. Por hora |
| Calandria | 4 rollos de 300 cm. | 130 Kg. Por hora |
| Calandria | 6 rollo de 300 cm. | 200 Kg. Por hora |
| Calandria | 8 rollo de 300 cm. | 300 Kg. Por hora |
| Prensa para uniformes | | 23.0 Kg. Por hora |
| Prensa para acabados | | 6.0 Kg. Por hora |

Fuente: **instalación de equipo de hospitales, USAC, ERIS.**

Tabla X. Consumo de aparatos de esterilización

| Aparato | Dimensiones (cm) | Duración de ciclo (minutos) | Consumo durante Ciclo (Kg) | Consumo horario (Kg) |
|---|------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------|
| Autoclaves para uso Quirúrgicos | 30x50 | 30 | 5 | 6.8 |
| | 35x55 | 30 | 6.3 | 8.2 |
| | 40x60 | 30 | 8.6 | 1.3 |
| | 40x90 | 30 | 12.2 | 16.3 |
| | 50x70 | 30 | 13.6 | 18.1 |
| | 50x90 | 30 | 17.7 | 20.4 |
| | 50x120 | 30 | 22.2 | 26.3 |
| | 50x150 | 30 | 28.1 | 40.8 |
| | 60x80 | 30 | 26.6 | 29.9 |
| | 60x120 | 30 | 34 | 44.8 |
| | 75x135 | 30 | 59.8 | 68 |
| Autoclaves para uso Quirúrgicos (rectángulos) | 60x60x90 | 60 | 24.9 | 24.9 |
| | 60x60x120 | 60 | 29.4 | 29.4 |
| | 60x60x150 | 60 | 31.7 | 31.7 |
| | 60x90x120 | 60 | 36.2 | 36.2 |
| | 60x90x150 | 60 | 38.5 | 38.5 |
| | 75x105x210 | 60 | 56.6 | 56.6 |
| | 75x120x210 | 60 | 61.2 | 61.2 |
| | 90x105x210 | 60 | 66 | 66 |
| | 120x120x240 | 60 | 95 | 95 |
| | 120x135x240 | 60 | 117.7 | 117.7 |
| | 120x150x240 | 60 | 129 | 129 |
| | 150x165x240 | 60 | 179 | 179 |
| Autoclaves para instrumentos cilíndrico | 30x50 | 10 | 3.6 | 10.9 |
| | 35x55 | 10 | 4.5 | 13.6 |
| | 45x60 | 10 | 5.4 | 16.3 |
| Autoclaves para laboratorio cilíndrico | 40x60 | 30 | 5.4 | 7.2 |
| | 45x65 | 30 | 7.2 | 9.5 |
| | 55x95 | 30 | 9 | 12.7 |

Fuente: instalación de equipo de hospitales, USAC, ERIS.

Tabla XI. Consumo de vapor del equipo del H.G.S.J.D

| Cantidad | Equipo | Kg/hora | Lb/hora | Gasto |
|----------|-------------------------|---------|---------|---------------------|
| 3 | Lavadoras | 137 | 301.4 | 1205.6 lb/h |
| 3 | Secadoras | 137 | 301.4 | 1205.6 lb/h |
| 1 | Prensa | 23 | 50.6 | 50.6 lb/h |
| 1 | marmita 12x18 pulgadas | 16.8 | 36.96 | 36.96 lb/h |
| 10 | marmitas 10x12 pulgadas | 9.4 | 21.12 | 211.2 lb/h |
| 6 | autoclaves 60x120 | 44.8 | 98.96 | 593.76 lb/h |
| | | | | 3303.72 lb/h |

El calculo de diámetro de tubería de retorno de condensado:

Datos :

Presion de vapor: 100 PSI

Presion en la linea de condensado: 20 PSI

Gasto de condensado: 3303.72 lb/h

La velocidad en el retorno no debe exceder 10,000 pies/ min

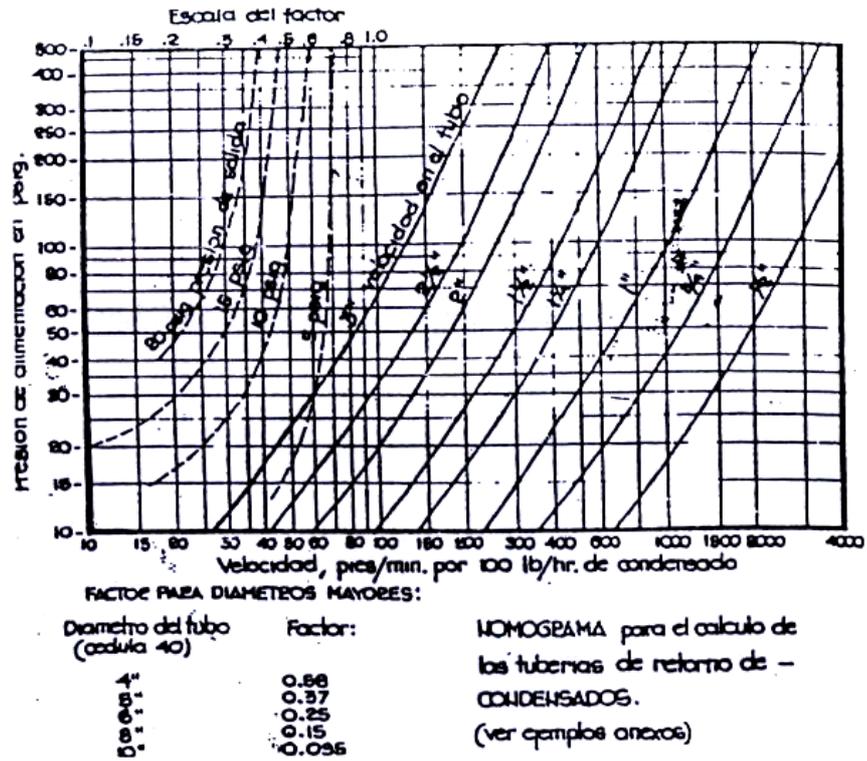
Calculando:

a) vel. Admisible x 100/ gasto de condensado

$$(10000 * 100) / 3303.72 = 302.68$$

Al ingresar en la figura 18 la presion de alimentación 100 PSI hasta 20 PSI obteniendo el factor de 0.3

Figura 18 Monograma para cálculo de tuberías



Fuente: Zepeda Sergio, Manual de Instalaciones

c) Dividiendo: $302.68/0.3= 1008.96$ pies por 100 lb/ hora de carga

d) Ingresando en el monograma para cálculo de tuberías los datos 1008.96 y corriendo verticalmente hasta 100 PSI que es la presión de la caldera se encuentra en 1 pulgada, que es lo ideal para retorno de condensado.

3.4.5 Cálculo de la tubería de agua caliente

Datos obtenidos por el departamento de mantenimiento se estimó un consumo de 93 litros por cama al día. En el hospital general actualmente tiene 825 camas, ahora el consumo ideal para cada cama es de 310 litros diarios, pero se tomarán los datos reales del hospital.

$$93 \text{ litros/ cama} * 825 \text{ camas} = 774,675 \text{ litros diarios}$$

$$774,675 \text{ litros diarios} * 1 \text{ día} / 8 \text{ horas} * 1 \text{ h} / 3600 \text{ s} = 26.89 \text{ litros por segundo}$$

$$26,89 \text{ litros por segundo} * 1 \text{ pie}^3 / 28.32 \text{ litros} = 0.9498 \text{ pie}^3/\text{s}$$

La velocidad se estima que es 3 a 3.5 m/s entonces:

$$A = \text{consumo} / \text{velocidad}$$

$$A = 0.9498 \text{ pie}^3/\text{s} / 9.84 \text{ pies/s}$$

$$A = 9.65 \times 10^{-2}$$

$$A = \pi * (D/2)^2$$

$$9.65 \times 10^{-2} * 4 = 3.14 D^2$$

$$D = 0.35 \text{ pie} * 12 \text{ pulgadas} / 1 \text{ pie}$$

$$D = 4.20 \text{ pulgadas}$$

$$D = 4.5 \text{ pulgadas}$$

Estos cálculos dependen siempre de la capacidad del hospital para el consumo del agua para cada cama.

3.4.5.1 Pérdidas por fricción

Para encontrar el número de Reynolds se emplea la siguiente fórmula:

$$N_{re} = D \cdot G / \rho \mu$$

En donde:

ρ = densidad en $\text{lb}_m / \text{pie}^3 \cdot \text{s}$

μ = viscosidad en $\text{lb}_m / \text{pie}^3$

v = velocidad

D = diámetro en pies

$$N_{re} = [(2.26/12) \text{pie} \cdot (9.84 \text{ pies/s}) \cdot (61.20) \text{lb}_m / \text{pie}^3] / 2.72 \times 10^{-4} \text{lb}_m / \text{pie}^3$$

$$N_{re} = 416970$$

El dato de viscosidad es obtenido de las tablas de agua saturada

$$\mu = 0.4061 \text{cp} \cdot (2.41919 \text{lb}_m / \text{pie} \cdot \text{h} / 1 \text{cp}) \cdot (1 \text{h} / 3600 \text{s}) = 2.72 \times 10^{-4} \text{lb}_m / \text{pie} \cdot \text{s}$$

La rugosidad se determina por medio del diámetro y el tipo de tubo en la figura 15 de rugosidad relativa vs diámetro equivalente.

$$\epsilon / D_i = 0.01$$

$$f = 0.038$$

la pérdida de fricción es:

$$F_f = (4 \cdot f \cdot L \cdot v^2) / (D \cdot 2g_c)$$

$$F_f = 4 \cdot (0.01) \cdot (401 \text{pie}) \cdot (9.84 \text{ pie/seg})^2 / (2.26/12 \text{pie}) \cdot 2 \cdot (32.174 \text{pie} \cdot \text{lb}_m / \text{lb}_f \cdot \text{s}^2)$$

$$F_f = 128.16 \text{ pie} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}_m$$

Pero :

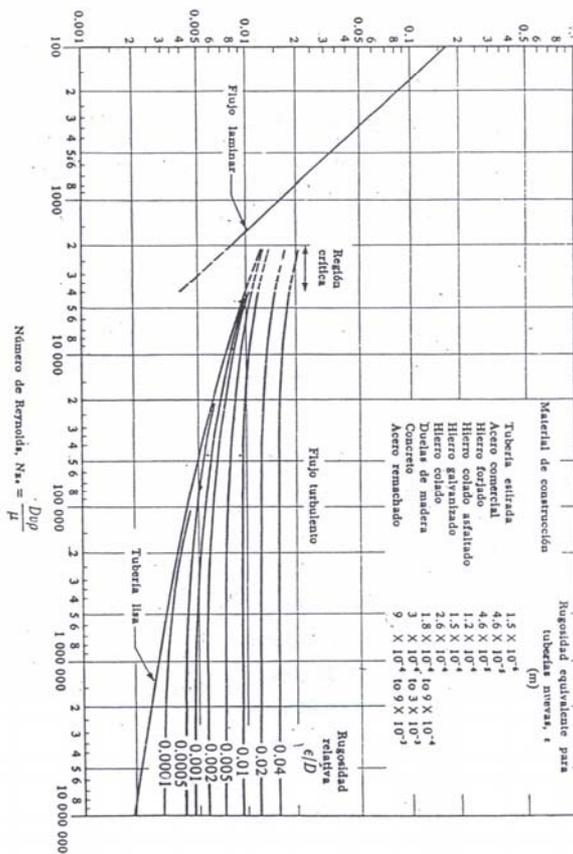
$$F_t = \Delta P / \rho$$

$$\Delta P = [(128.16 \text{ pie} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}_m) (61.20) \text{ lb}_m / \text{pie}^3]$$

$$\Delta P = 7844.00 \text{ lb}_f / \text{pie}^2 \cdot 1 \text{ pie}^2 / 144 \text{ pulgadas}^2$$

$$\Delta P = 54.47 \text{ PSI}$$

Figura 19 Factor de fricción para fluidos en tuberías



Fuente: L.F. Moody, factores de fricción de fluidos en tuberías

3.4.5.2 Pérdidas por accesorios

La formula del método de longitud equivalente es:

$$L_{eq} = 43.7 \times \sum r \times D^{1.2}$$

Tabla XII. **Accesorios para instalación de agua caliente**

| Cantidad | Accesorios | Cabeza de vel | Valores r | CV | r |
|----------|----------------------|---------------|-----------|---------------|---------------|
| 51 | Codo 90° estándar | 0.5 | 0.67 | 25.5 | 34.17 |
| 27 | Te, flujo a lo largo | 0.26 | 1.33 | 7.02 | 35.91 |
| 15 | Te, flujo a 90° | 1.1 | 1.33 | 16.5 | 19.95 |
| 18 | Válvula de compuerta | 0.15 | 0.25 | 2.7 | 4.5 |
| 28 | Válvula de globo | 5 | 2 | 140 | 56 |
| | | | | 191.72 | 150.53 |

El cálculo de la pérdida de fricción es :

$$\text{Longitud total} = L + L_{eq}$$

$$(150.53 \text{ pulg}) \times (1 \text{ pie} / 12 \text{ pulg}) = 12.54 \text{ pies}$$

$$L_{eq} = 43.7 \times 12.54 \times (2.26)^{1.2}$$

$$L_{eq} = 2799.64 \text{ pulgadas}$$

$$L_{eq} = 233.326 \text{ pies}$$

$$L_{eq} = 202.3326 + 401$$

$$L_{eq} = 634.3206 \text{ pies}$$

$$F_f = (4*f*L*v^2)/(D*2g_c)$$

$$F_f = 4*(0.01)*(634.32\text{pie})*(9.84 \text{ pie/seg})^2/(2.26/12\text{pie})^2*(32.174\text{pie*lb}_m/\text{lb}_f\text{s}^2)$$

$$F_f = 202.74 \text{ pie*lb}_f/\text{lb}_m$$

Pero :

$$F_t = \Delta P/\rho$$

$$\Delta P = [(202.74 \text{ pie*lb}_f/\text{lb}_m) (61.20)\text{lb}_m/\text{pie}^3]$$

$$\Delta P = 12407.99\text{lb}_f/\text{pie}^2*1\text{pie}^2/144\text{pulgadas}^2$$

$$\Delta P = 86.16 \text{ PSI}$$

que es la pérdida de fricción

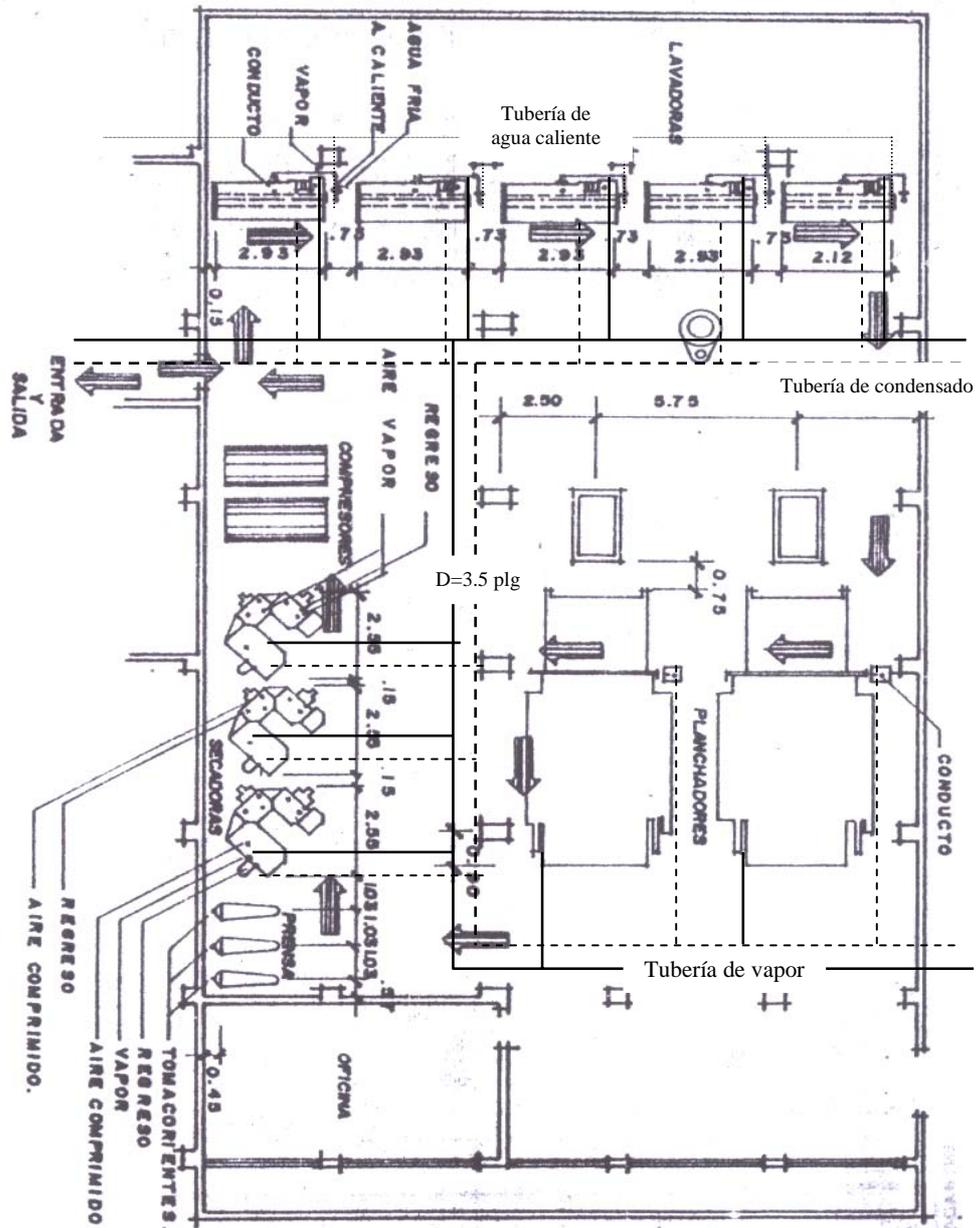
3.4.6 Diseño de instalación

Se puede apreciar el diseño de las líneas de vapor retorno de condensado y agua caliente en el lavandería en el primer nivel, cocina esta en el segundo nivel todo dentro del edificio servicios de apoyo.

También se muestra el área de central de equipos y el recorrido de las líneas de vapor y de agua caliente en el primer nivel. El 1 es el área de autoclaves.

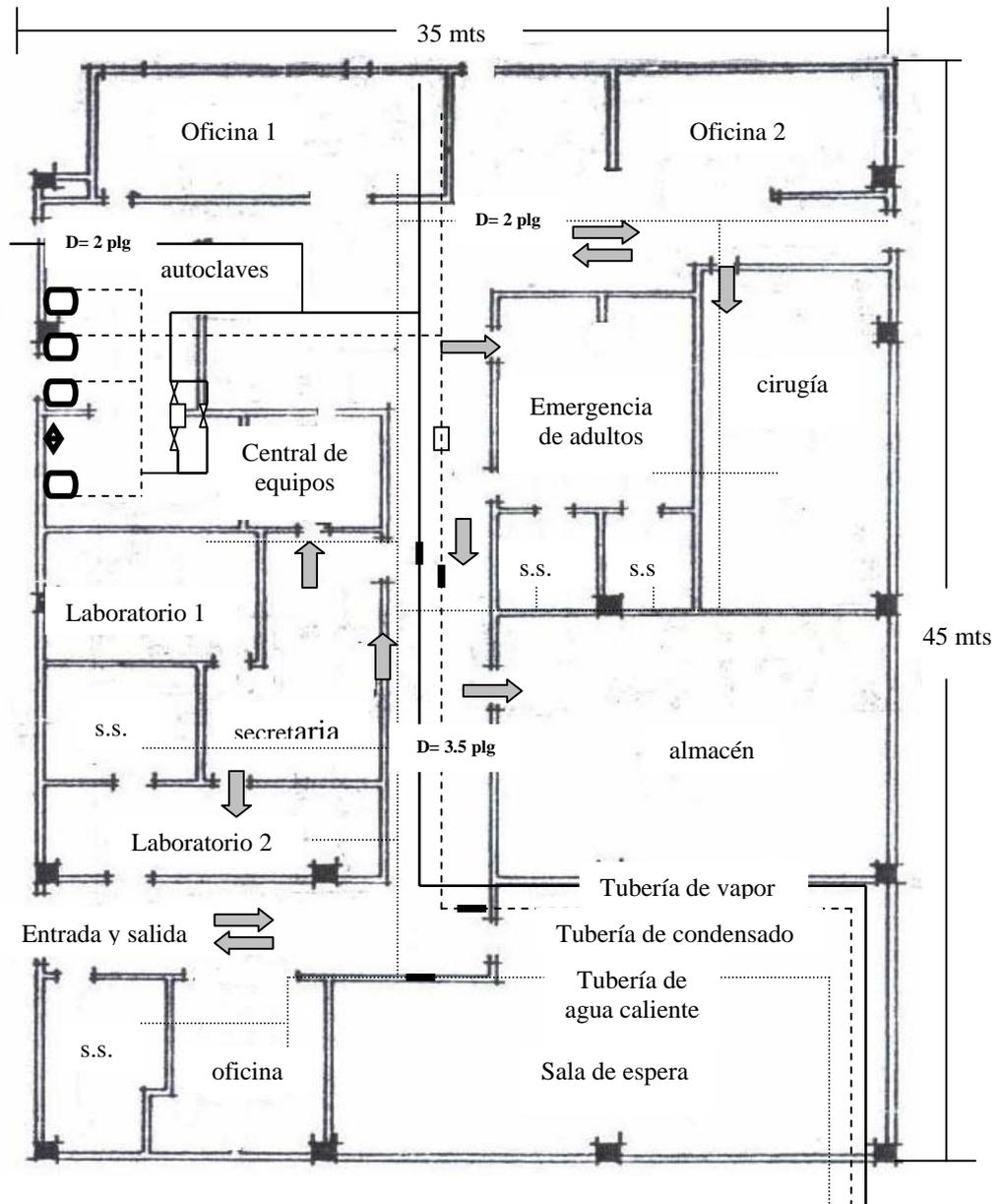
Esto se realizo tomando en cuenta los datos actuales con modificaciones de datos calculados en donde anteriormente se mostró el procedimiento realizado para alcanzar datos concretos.

Figura 20 Diseño de lavandería y su línea de distribución de vapor, agua caliente y retorno de condensado



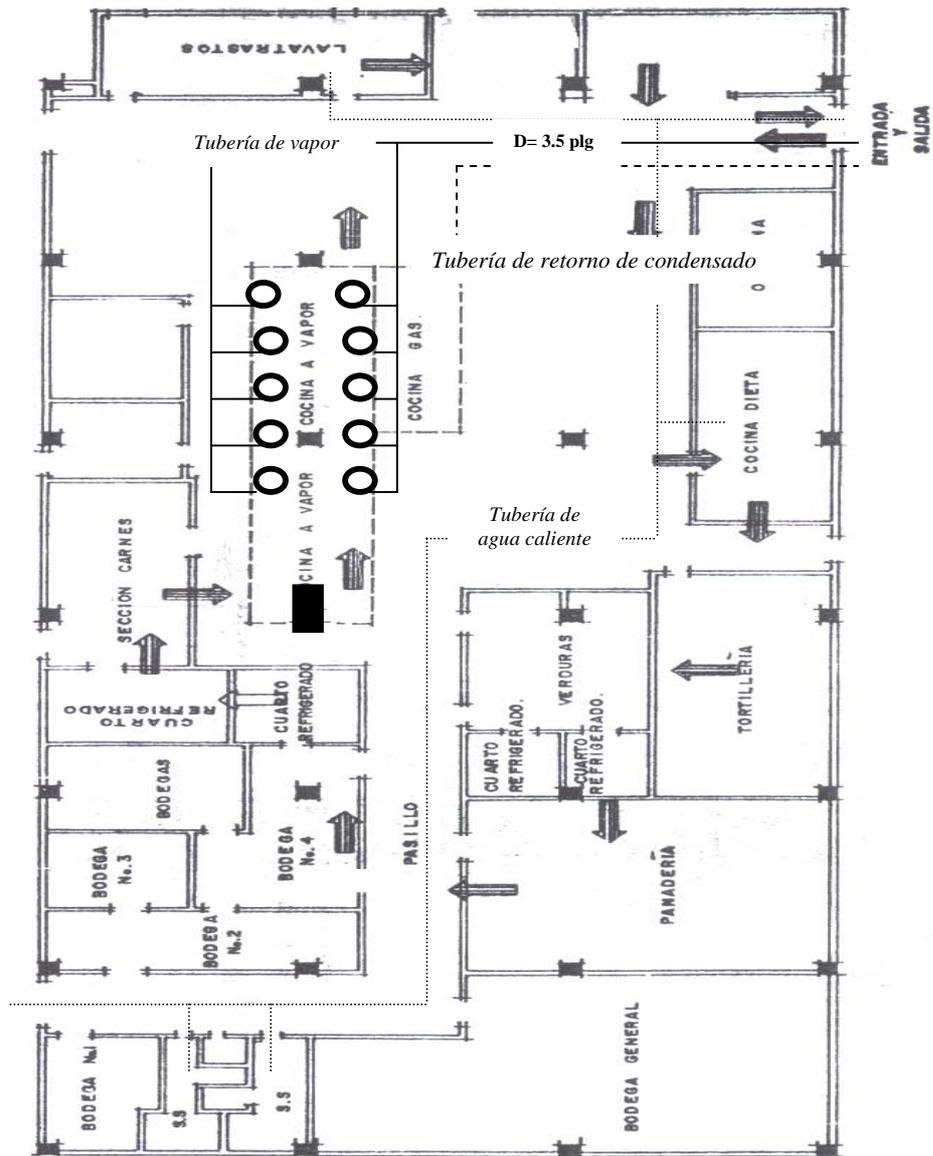
Fuente: Planos del Hospital San Juan de Dios, servicios de apoyo

Figura 21 **Diseño de central de equipos y su línea de distribución de vapor, agua caliente y retorno de condensado**



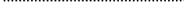
Fuente: **Planos del Hospital San Juan de Dios, servicios médicos nivel 1**

Figura 22 Diseño de cocina y su línea de distribución de vapor, retorno de condensado y agua caliente



Fuente: Planos del Hospital San Juan de Dios, servicios de apoyo

Simbología

| | |
|--------------------------|---|
| Tubería de vapor |  |
| Tubería de condensado |  |
| Tubería de agua caliente |  |
| Junta de expansión |  |
| válvula de globo |  |
| Autoclave |  |
| Marmita |  |
| Trampa |  |

4. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO Y EL BUEN USO DEL EQUIPO EN EL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS

4.1 Señalización de tubería

Es importante que en el hospital general se cumplan en todas las instalaciones de edificios, las normas de identificación de tuberías para que los operadores, técnicos de mantenimiento y cualquier persona sepa que es lo que conduce y tome las precauciones necesarias.

A continuación se brinda el código de colores que utiliza el hospital San Juan de Dios en donde no están incluidas tuberías enterradas.

4.1.1 Código de colores

se puede decir que todos los sistemas de tuberías se clasifican por el fluido que conducen. A continuación se presenta la siguiente tabla del código de colores del hospital General San Juan de Dios.

Tabla XIII. Código de colores

| No. | Fluido | Color |
|-----|--------------------------|-------------------------------|
| 1 | Agua potable | Azul |
| 2 | Agua negras | Café |
| 3 | Agua pluvial | Café y naranja |
| 4 | Agua dura | Naranja |
| 5 | Agua caliente | Azul y amarillo |
| 6 | Retorno de agua caliente | Azul y naranja |
| 7 | Agua desmineralizada | Azul y verde |
| 8 | Red contra fuego | Rojo |
| 9 | Vapor | Amarillo |
| 10 | Retorno de condensado | Amarillo y naranja |
| 11 | Ventilación | Negro |
| 12 | Oxígeno | Verde |
| 13 | Vació | Negro y amarillo |
| 14 | Aire comprimido | Negro y café |
| 15 | Gas propano | Blanco |
| 16 | Diesel | Anaranjado y blanco |
| 17 | Dirección de flujo | Amarillo con una flecha Negra |

Fuente: **Código de colores del departamento de mantenimiento , Hospital San Juan de Dios**

4.2 Manual de operación y mantenimiento

El mantenimiento y la operación relacionado con la eficiencia pretende llegar un poco más lejos que el mantenimiento preventivo, para esto es necesario contar con manuales de mantenimiento en el sentido que este sea diseñado para prevenir pérdidas de eficiencia operacional que podrían ocurrir antes de que se advierta por el personal o se manifieste un grave deterioro en la capacidad, confiabilidad y la seguridad de las calderas. Existen cinco síntomas generales que un programa de mantenimiento relacionado con la eficiencia ayuda a prevenir:

- La temperatura de los gases de chimenea
- El flujo de los gases
- Pérdidas por convección y radiación
- Las cantidades de purga
- El contenido de combustible en la ceniza o en los gases de combustión.

Si alguno de estos parámetros aumentará, esto indica sencillamente que la caldera ha requerido una mayor cantidad de combustible a fin de producir la misma cantidad de vapor que antes que ocurriera el incremento.

4.2.2 Manual de operación de la caldera

Para poder operar la caldera es necesario tener en cuenta que la caldera puede ser operada manualmente como automáticamente, en donde se describirá la operación manual como automática.

Operación manual

Cuando la demanda de vapor aumenta ocurre lo siguiente: baja el nivel del agua en el domo superior, por lo que el operador tiene que abrir la válvula de agua de alimentación. Al aumentar la cantidad de agua a evaporar, lógicamente, se necesitará más temperatura para conseguir el vapor a la presión especificada; y, para obtener la temperatura adecuada se necesitará quemar más combustible.

Al haber más entrada de diesel se hace necesario que entre más aire para la combustión. Además se necesita una cantidad exacta de exceso de aire para que la combustión sea completa.

Para averiguar si la combustión es completa, al operar manualmente, habría que estar viendo de continuo, el color de humo o gases (el color de humo o gas debe de ser negro) que salen de la chimenea y en base a esto regular el exceso de aire.

Este tipo de operación tal como se puede apreciar por la descripción anterior, es muy deficiente, pues todos los datos que se obtienen; niveles de los domos, color de humo, etc.

A este tipo de dificultades hay que añadirle que los datos son tomados por personas (los operadores) que con cierta frecuencia se distraen o hacen negligentemente su trabajo, ya sea por lo tedioso o monótono, como puede ser el estar observando a través del indicador de nivel, el nivel que tiene el agua en la caldera.

Operación automática

La operación por medio de controles automáticos tiene entre sus ventajas, la centralización de toda la información en la producción del vapor, es decir que cada dispositivo de control elemento regulador, de alguna forma envía su señal hasta el tablero de control sala de mandos y, automáticamente, en igual forma, se envía la respuesta a cada dispositivo para que regule los factores que vimos en la operación manual.

El sistema de control automático tiene la desventaja de que es un sistema más que necesita mantenimiento, entrenamiento de personal y preparación específica para que realmente logre su objetivo pues cada control debe estar calibrado en su punto exacto; sin embargo, ésta aparente desventaja a la carga significa un gran ahorro de combustible.

Con el uso de controles automáticos se obtienen condiciones de operación más uniformes y además, se puede mantener un rendimiento constante muy cercano a lo establecido por las pruebas de nivel grado de eficiencia.

4.2.2.1 Partes que conforman la caldera pirutubular

También llamados ignitubulares, en donde por los tubos circulan los gases calientes, baja producción de vapor, menor tamaño, menor capacidad hasta un máximo de 150 lb/pulg².

Las partes en que esta conformada la caldera son:

- Chimenea
- Válvulas de purga
- Control de la bomba e interruptor del suministro de agua
- Cámara de agua
- Cámara de vapor
- Válvula de seguridad
- Salida de humo
- Purgadores
- Deflectores
- Tiro
- Quemador
- Hogar
- Apertura para agua de alimentación
- Apertura con acceso a observación
- Control de combustible
- Válvulas de alivio

- Condensador de superficie
- Programador
- Empaques

4.2.2.2 Función específica que realizan la partes de la caldera

En todo equipo se necesita tener registro de las diferentes variables de operación en las calderas. Ejemplo: presión, temperatura, flujo de vapor y otros. Uno de los parámetros que se deben registrar están.

- Nivel de agua
- Combustión

Conservación visual de los conductos en el humo de caldera:

Color de llama va de rojo oscuro (combustión pobre a 530 grados C) a naranja Brillante (combustión a 1100 grados C).

Presión de vapor: para que no haya explosiones, el vapor se acumula en la parte superior, no se da abasto la tubería de salida.

- Chimenea: es donde se evacuan los gases de combustión
- Control de la bomba e interruptor del suministro de agua: estos dispositivos son utilizados para tener un control del agua utilizada para el suministro de la caldera en la generación de vapor.
- Válvulas de purga: estas permiten la extracción de sedimentos que se encuentran en el agua, se localizan en la parte inferior del cuerpo de la caldera, conexión inferior del guarda (nivel y a la altura del nivel del agua).

- Cámara de agua: esta comprendida por el cuerpo de la caldera herméticamente sellado que aloja el agua que se necesita para generar vapor.
- Cámara de vapor: es la parte superior interna de la caldera, la cual permite que se aloje el vapor generado ya que este tiende a acumularse en la parte superior por diferencia de densidades con el agua.
- Válvula de seguridad: es accionada en caso de una fuga de vapor no deseada y así evitando complicaciones.
- Salida de humo: se encuentra en la parte superior de la caldera y su función es la salida de humo que se obtiene al quemar el diesel.
- Purgadores: estos son indispensables en las calderas en las que se requiere cantidades apreciables de agua de repuesto.
- Deflectores: conocidos también con el nombre de separadores de calor o manparas, permiten el cambio de dirección de los gases en la cámara de combustión, conduciéndolos directamente a la chimenea.
- Tiro: es un mecanismo (generalmente ventilador) que constituye al paso de los gases de combustión a través de la caldera.
- Quemador: el propósito principal del quemador es mezclar y dirigir el flujo del combustible y aire de tal manera que se asegure el encendido rápido y la combustión completa.
- Hogar : es una cámara en donde se efectúa la combustión, la cámara confina el producto de la combustión y puede resistir tanto altas temperaturas como altas presiones que se utilizan en estos sistemas.
- Apertura para agua de alimentación: es en donde se puede ingresar el agua a la caldera.
- Apertura con acceso a observación: esta apertura tiene como finalidad que la persona que opere la caldera tenga contacto visual con la llama de la caldera.

- Control de combustible: el control de combustible sirve para determinar la cantidad de combustible que se utilizara en la caldera.
- Válvulas de alivio: se utilizan para agua caliente. Una vez que la presión llega a un punto predeterminado, la válvula se abre ligeramente dejando pasar cierta cantidad de líquido. Si la presión continua aumentando la válvula se dispara.
- Condensador de superficie: una vez que el vapor ha realizado su trabajo en la maquina (ya sea alternativa o turbina) se hace pasar un elemento llamado “ condensador “, el cual consiste en una gran cantidad de tubos horizontales por los que circula agua fría, con un muy pobre tratamiento, generalmente de un río, lago o mar vecinos; y por fuera de ellos, lamiendo los tubos, circula vapor, que pierde temperatura, pierde volumen y se condensa, es decir vuelve a la forma de agua, para luego continuar con el ciclo y reingresar a la caldera. Es la fuente fría de la instalación.
- Programador: es un dispositivo electrónico que controla la secuencia automática de la operación de la caldera.
- Empaques: su función es sellar de manera eficiente las entradas y salidas de la caldera para evitar fuga de los gases debido a la combustión.

4.2.2.3 Tratamiento de agua en la caldera

Actualmente el tratamiento del agua de la caldera del San Juan de Dios se realiza en base de tratamiento interno. Este se lleva a cabo mediante el acondicionamiento de las impurezas dentro de la propia caldera. Las reacciones se realizan en las líneas de alimentación o bien, en el interior de la caldera.

Este tratamiento tiene el propósito de :

- Reducir la dureza del agua
- Controlar la corrosión
- Reducir el oxígeno disuelto
- Provenir los arrastres de vapor.

Una variedad de productos químicos son utilizados por la empresa encargada de efectuar el tratamiento interno, alguno de ellos son:

- PQ 440 : contiene alcalinizantes, floculantes y fluidificantes.
- PQ 420 : contiene inhibidores de corrosión para las líneas de vapor y retorno de condensado.
- PQ 490 : contiene también inhibidores de corrosión y de incrustaciones para la cámara de agua.

Los efectos que producen los productos químicos utilizados son:

Precipitación de calcio y magnesio:

Los fosfatos son los principales productos que se emplean en acondicionamiento de la incrustación en las calderas. El fosfato en solución alcalina precipita el calcio y el magnesio como un lodo suave. La sal de fosfato a utilizar en cada caso esta condicionada en gran medida en base a consideraciones de alcalinidad. El fosfato básico de magnesio tiende a adherirse a los metales calientes y no responden bien a los dispersantes.

Además los precipitados de calcio y magnesio, forman con el fosfato cuando el del agua es menor de 9.6, lodos pegajosos difíciles de remover; por lo que se recomienda tener el PH alto (de 11 a 12).

La empresa encargada del tratamiento del agua, no recomienda usar fosfatos cuando la dureza total del agua excede de 25 ppm de carbono y calcio (CaCO_3) porque se forman demasiado lodo, esto implica un exceso de purga.

Inhibidores de corrosión:

Los inhibidores de corrosión forman una película protectora de magnetita, esta película es una barrera suficientemente espesa y porosa que de una razón de oxidación del metal baja sin que impida la transferencia de calor en forma significativa.

Los inhibidores previenen grietas por agotamiento, estas ocurren cuando los límites de fibra en el acero llegan a ser tensionadas más allá de sus límites elásticos que están en contacto con el álcali concentrado.

Transferencia de oxígeno:

Conocidos como intercambiadores de oxígeno, hay que tener cuidado de eliminar el oxígeno disuelto del agua de alimentación por su tendencia a agujerear los domos y los tubos.

El exceso de oxígeno disuelto se reduce con agentes con el sulfito de sodio y la hidracina.

El agua que contiene oxígeno entra a la caldera y la mayor parte del oxígeno que contiene pasa al espacio de fase de vapor, causando problemas en las líneas de vapor y condensado. A estos se debe que el agente reductor tenga que ser agregado primero en el sistema de precalentamiento (desareador) para que la reducción sea antes que el oxígeno alcance el domo de vapor. Un exceso del intercambiador de oxígeno es mantenido en la caldera para garantizar la protección.

- a) Sulfito de sodio: el sulfito de sodio reacciona con el oxígeno libre rápidamente a altas temperaturas pero es lento a temperaturas ordinarias. La solución de sulfito de sodio, además, es con frecuencia agregada continuamente a la sección de desareador o inyectada a la entrada de las líneas de alimentación.

Ventajas:

- La reacción catalizada es rápida
- Los residuos son fáciles de determinar
- No es difícil ni peligroso su manejo

Desventajas:

- Incrementa los sólidos disueltos en el agua de las calderas
- Peso equivalente alto
- Se descompone gases ácidos a altas temperaturas

b) Hidrazina : la reacción con oxígeno muestra que una libra de hidrazina reacciona con una libra de oxígeno sin incrementar la concentración de sólidos disueltos. Normalmente la hidrazina produce varios residuos en el agua de la caldera, estos aparecen varios días después de iniciado el tratamiento, debido a la reacción de la hidrazina con los óxidos de hierro y luego la reducción de estos últimos por oxígeno. Los despojos de óxido son, invariablemente, de color negro.

Ventajas:

- Peso equivalente bajo
- No incrementa los sólidos disueltos

Desventajas:

- Su vapor es tóxico
- Al contacto con la piel causa quemaduras
- En exceso se descompone en amoníaco
- A temperaturas menores de 350°F reacciona lentamente con el oxígeno
- El producto concentrado es inflamable

La dosificación de estos agentes químicos está basada en la cantidad de impurezas que contenga el agua de la caldera. Adicionalmente durante el tratamiento, se agrega un exceso adecuado del agente químico para mantener una cantidad residual en el agua de la caldera. Este residuo implica cierta seguridad y sirve como base para el control del tratamiento.

Los análisis de rutina para el control del agua, generalmente incluyen pruebas de alcalinidad, fosfatos, total de dureza, cloruro, sulfitos, ph y sólidos totales disueltos.

Las muestras de agua se tomaron de las purgas de nivel en el lado del agua del domo superior, donde se cuenta con una instalación de tuberías y válvulas, utilizando frascos plásticos previamente lavados. El procedimiento es abrir la válvula del toma-muestras y dejarla abierta durante 1 minuto (limpieza de la tubería).

4.2.2.4 Instrucción de arranque y operación

Forma típica de operación:

Las calderas operan con equipo auxiliar, ya que, conjuntamente, generan vapor eficientemente.

Antes del arranque de la caldera en servicio se revisa lo siguiente:

a) Desaerador:

- Que el nivel del agua sea el adecuado.
- Que las válvulas de succión y descarga de la bomba que va a trabajar, estén abiertas.

b) Combustibles

- Que estén abierta la válvula de gas propano.
- Que estén abierta la válvula de diesel.

- Que el tanque diario este lleno.

c) Caldera

- Se revisa que este abierta la válvula de entrada de agua.
- Que el nivel de agua sea el adecuado, debe coincidir con el indicado control de nivel de agua de McDonnell & Miller.
- Que las válvulas en “Y” y cierre rápido de purga, estén cerradas.
- Que la válvula del manifold que cierra el paso de vapor que viene de la caldera este cerrada.

Una vez se haya revisado todas las condiciones, se procede a encender la caldera. Cuando el quemador de la caldera para y ha alcanzado la presión de regulado de límite máximo (70 psi) se procede a abrir la válvula del manifold, lentamente. Luego, se procede a abrir las válvulas a los sectores del hospital los cuales se van alimentar.

Ya en operación, el quemador de la caldera estará encendiendo y apagándose, automáticamente, según la demanda de vapor. El quemador es encendido por la llama del piloto de gas, por una chispa eléctrica, precisamente, antes de que empiece a operar el quemador. Una vez encendida y establecida la llama principal, la válvula solenoide delo piloto y el transformador no reciben mas energía.

El diesel es suministrado al sistema por una bomba de abastecimiento, la cual proporciona parte de su descarga al quemador. El diesel excesivo se devuelve de escape de línea de regreso. Normalmente, no se opera la bomba, excepto, durante la operación del quemador.

4.2.2.5 Capacidad de transporte de vapor

Para poder determinar la capacidad de transporte de vapor de la caldera es necesario conocer la potencia y presión:

Potencia: se suele hablar del HP de caldera, que ASME define como la cantidad de calor BTU necesaria para evaporar 34.5 lb de agua por hora a 212°F, cantidad que es igual a 33,472 BTU/h.

Tomando como base los datos de la placa de las calderas tiene una potencia de 250 HP, este caballaje implica que la capacidad de generar vapor de cada caldera es de 8368,000 BTU/h. Convirtiendo este valor en calorías, tenemos que 1 HP de la caldera es igual 8.535 Kcal/h de donde cada caldera tiene la capacidad de 2133750 Kcal por hora.

Presión: las calderas cuentan con una presión máxima de diseño de 150 libras por pulgada cuadrada (PSI) la presión de trabajo es de 100 libras por pulgada cuadrada, pero en protección a las bombas de alimentación, estas por estar en mal estado, las dos unidades trabajan con una presión que no exceden de 70 libras por pulgada cuadrada.

4.2.3 Manual de chequeo de las instalaciones

Rutinas de mantenimiento para calderas tiene por objeto normar los procedimientos básicos de mantenimiento preventivo para las calderas reduciendo así imprevistos, aumentando la eficiencia de los equipos que pretenden el servicio al que fueron diseñados y que se reduzca el paro de las mismas.

4.2.3.1 Mantenimiento diario

- Chequear el nivel del tanque de combustible y verificar que el nivel del tanque sea $\frac{3}{4}$ del tanque como mínimo.
- Inspeccionar las uniones flexibles adecuando visualmente y ajustar las conexiones con las herramientas adecuadas.
- Inspeccionar el ventilador en este el chequeo mas importante es observar que no existe ruidos.
- Purgar la caldera por lo menos cada 6 horas de trabajo, tanto la de fondo como la de las columnas de control de nivel, observar el nivel del agua abrir y cerrar grifos de control de nivel, abrir y cerrar vaga de control de nivel, chequear el sistema de alarma y descripción por bajo nivel, chequear el funcionamiento de la bomba de agua y purgar la columna de agua.
- Revisar la prensa o escopeta de la bomba de alimentación de agua, si gotea demasiado (mas de una gota por minuto) hacer el ajuste necesario de las tuercas.
- Chequear motores eléctricos constatar si existen ruidos característicos, calentamiento (colocar la mano sobre el motor, si la mantiene mas de 1 minuto no existe calentamiento).
- Chequear los controles de presión, controlar el vapor, chequear la parada de caldera por presión, chequear el arranque de caldera por presión.
- Verificar el adecuado funcionamiento de la planta de tratamiento de agua, practicar la inspección visual, inspeccionar manómetros, entrada y salida de agua y tomar la lectura en el medidor.

Analizar el agua de los seguidores, seleccionar el equipo de laboratorio, tomar una muestra de agua, hacer análisis del agua (dureza). Lavar el equipo y guardarlo. Si la dureza es demasiado alta es necesario regenerar el suavizador siguiendo estos pasos:

4.2.3.1.1 Chequeo el nivel de tanque de salmuera

Chequear el nivel del tanque de salmuera, cerrar la llave de salida de planta de tratamiento, abrir el bypass, hacer retrolavado, abrir la llave de salmuera de planta de tratamiento, hacer enjuague, tomar muestra del agua tratada o (hacer análisis) , cerrar bypass, abrir la válvula de salida de la planta de tratamiento, poner en servicio la planta de tratamiento, lavar el equipo de laboratorio guardarlo.

4.2.3.1.2 Verificar la temperatura y presiones de equipos

Verificar la temperatura y presiones de equipos industriales en el cuarto de calderas (toma nota de la lectura).

4.2.3.1.3 Purgar el tanque de condensado

Purgar el tanque de condensado por 5 segundos si fuera necesario, procedimiento de abrir válvula para purgar, esperar 5 segundos y luego cerrar la válvula de purga.

4.2.3.2 Mantenimiento semanal

- Verificar que el control de interrupción de la llama funcione adecuadamente:

- Sacar la foto celda eléctrica
- Observar que la caldera se apague a los 2 segundos
- Limpiar la foto celda
- Colocar la foto celda eléctrica
- Lubricar las levas (seleccionar la herramienta adecuada, aceitar o lubricar las levas).
- Lubricar camiones (seleccionar la herramienta adecuada, realizar la lubricación).

Accionar manualmente las válvulas de seguridad y verificar su funcionamiento (abrir la válvula por 5 segundos y luego cerrarla).

4.2.3.2.1 Chequeo de tratamiento de agua

Se cheque que el agua de la caldera haya sido tratada debidamente para evitar complicaciones.

4.2.2.2.2 Purgar el tanque de combustible

Purgar el tanque de combustible cuando estos sean accesible (abrir la válvula de la purga, dejar que salgan las impurezas, cerrar la válvula de purga, anotar el historial (semanal).

4.2.2.2.3 Limpiar filtros de agua y combustible

Limpiar los filtros de agua, combustible y aceite lubricante.

4.2.3.3 Mantenimiento trimestral

- Desmonte la boquilla con el cuidado de no dañar el tubo, límpielo cuidadosamente en todas sus partes con solvente y utilice thinner para la limpieza de la boquilla. Al armar la boquilla gire el disco varias veces dentro de la misma para asegurarse que ajuste perfectamente la fuerza o el seguro, deben de ser apretados firmemente para asegurar una correcta atomización cuando se utilice un quemador de varias boquillas, cuidado de no cambiar las de decisiones porque pueden ser distintas.
- Use un trapo humedecido con diesel para hacer la limpieza adecuada de todas las partes del humidor (platos, difusor, electrodos, soportes, resortes, etc)
- Siempre que se limpie el quemador verifique la correcta posición de los electrodos y que esta sea lo que indique el manual del lubricante.
- Aisladores de electrodos revisar el estado de los porcelanas y cambiarlas en caso de estén quebradas.
- Cables de transformador, revisar el estado de los cables, apretarlos bien de modo que hagan un perfecto contacto o cambiarlos si es necesario.
- Limpieza de la foto celda, limpiar la foto celda y el conductor donde se encuentran instalada y hacer la prueba de falla de llama.
- Combustión, por carecer de un probador de gases debe guiarse de acuerdo al color de la llama, establece ser de color blanco brillante y la temperatura de los gases a la salida de la chimenea deberá ser normalmente de 250°C a 300°C.
- Cristal de nivel, reparar cualquier fuga que se observe en los soportes del cristal de nivel ya sea vapor o agua apretando las tuercas o cambiándolas empaques. En ese caso de cristal defectuoso debe cambiarlo.

- Grifo de cristal, para evitar incrustaciones que ocasionan lecturas de nivel de falsos, Habrá el grifo del nivel de cristal durante tres seg. Repetir la operación despues de 1 minuto.
- Electrodo de guarda nivel, es necesario limpiarlos para evitar fallas en la operación que pueden resultar muy peligrosas, tener especial cuidado de cambiarlos de oposición.
- Bomba de inyección de agua.
- Temperatura de cojinetes, comprobar con la mano que la temperatura es normal y si no lo es disminuya la cantidad de grasa que inyecta a los cojinetes, si persiste el recalentamiento investigue las causas.
- Lubricación de cojinetes, quitar la grasa en uso y reponerla con una de igual cantidad.

Aguas para calderas, estas pueden considerarse según las composiciones de sales minerales presentes en :

- Aguas duras, importante presencia según las composiciones de sales minerales presentes en: responsables de la formación de depósitos e incrustaciones.
- Aguas blandas, su composición principal esta dada por sales minerales de gran solubilidad.
- Aguas neutras, componen su formación una harta concentración de sulfatos y cloruros que no aportan al agua tenencias ácidas o alcalinas o que no alteren sensiblemente el valor de ph. El valor de ph debe ser 7.

- Aguas alcalinas, las forman las que tienen importantes cantidades de carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio las que proporcionen el agua reacción alcalina en cuanto consecuencia del valor del ph presente. los gases disueltos en el agua provienen de la atmósfera, de desprendimiento gaseoso, de determinados subsuelos en algunas aguas superficiales de la respiración de organismos (animales y vegetales) los gases disueltos suelen encontrarse con el oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico, este procede de la atmósfera arrastrado y lavado por la lluvia, de la respiración de los organismo vivientes.
- temperaturas de los cojinetes, revisar con frecuencia la temperatura colocando la mano sobre donde están trasladados en caso de no poder apoyarla durante 10 seg, investigar y corregir la causan (los cojinetes deben cambiarse cada año de servicio de la caldera.
- Faja de transmisión, revisar su tensión y desgaste y de ser necesario cambiarla hacer presión sobre las fajas con un dedo la flexión debería de ser de 1 pulg a 1-¼ pulg.
- Rotor del ventilador, limpiarlo regularmente así como todos los conductos de aire.
- Vibraciones, corregir cualquier vibración que tenga el ventilador o el tanque de condensado.
- Tubería de ventilación, revisar que no se encuentre obstruidas o que tengan fugas.
- Válvulas del flotador, revisar el estado de la válvula, limpiarla o repararla en caso necesario.
- Limpieza del filtro, la limpieza del filtro al tanque de condensado y a la bomba de alimentación debe hacerse quitando las incrustaciones que puede tener.

Controles eléctricos

- Limpieza, conservar los controles bien cerrados para evitar la entrada de polvo, limpiar periódicamente todos los contactos o platinos utilizando una cartulina y haciendo presión con los dedos.
- Limpiar con solvente adecuado, debe limpiarse todos los contactos de los diversos accesorios y componentes eléctricos y rociar con solvente adecuado.
- Válvula de seguridad, cuando la caldera tenga presión operable manualmente durante 3 seg. Levantando la palanca para su funcionamiento. Esta operación se hace con el objeto de cuidar que el asiento se adhiera, se recomienda hacer la una vez a la semana.
- Manómetro y termómetro, revisar la calibración de los mismos desmontándolos y colocándolos en su lugar otros patrones de prueba, y comparar en sus lecturas, si tiene lecturas diferentes cambiarlas.

Control de presión.

- Revisar los interruptores de mercurio del control de presión luego limpiar el conjunto de interruptores y observar su funcionamiento.
- Revisar interruptores de mercurio del control de agua de alimentación.
- Inspeccionar el funcionamiento de las trampas de vapor, verificar el estado de las trampas en el sistema de retorno de condensados. Las trampas no solo malgastan el vapor en la bomba de alimentación de agua (desarmarla para comprobar su estado anualmente).
- Limpieza de filtro de compresor de aire, quitar la tapa del filtro y proceder a limpiar con solvente y aire a presión.

4.2.3.3.1 Chequeo del sistema de combustible

- Fugas de tubería, verificar si no existe por cualquier fuga que se observen la tubería de combustible y apretar las conexiones, empaques, etc.
- Filtro de la tubería, si es metálico limpiar y sopletear el filtro de gasolina.
- Filtro de la bomba, verificar que su limpieza sea la adecuada.
- Fajas de transmisión, verificar su estado y tensión de ser necesario reemplazarlas.
- Alineación de la bomba, verificar la alineación de poleas, revisar pernos de anclaje de la bomba de combustible.

4.2.3.3.2 Chequeo de sistema de aire

- Malla del ventilador, limpiar la malla del ventilador de entrada de aire o de la compuerta.
- Alineación del ventilador, Verifique que este bien sujeto a los anclajes y compruebe y compruebe la alineación de las poleas.

4.2.3.3.3 Chequeo de niveles de operación

Niveles de operación, comprobar que los niveles de arranque y paro de la bomba de inyección de agua sean los correctos. El agua en el cristal deberá estar a las siguientes Alturas, tomadas a partir de la tuerca inferior del mismo: paro de la bomba de 57 mm a 2 pulg, arranque de la bomba de 44mm a 1 -¼ pulg y corte por bajo nivel de 32mm a 1 pulg.

4.2.3.4 Mantenimiento anual

Es necesario tomar en cuenta el mantenimiento cada año para evitar complicaciones en el futuro, a continuación se muestra las rutinas de mantenimiento anual.

- El manómetro principal debe ser ajustado y calibrado nuevamente.
- Limpiar internamente el tanque de condensado y de combustible.
- Los asientos de las válvulas dañadas deben ser rectificadas o cambiadas si es necesario.
- Limpiar exteriormente la caldera y si se puede repintarse la carcasa.
- El tapón de fusible de la caldera debe cambiarse aunque parezca que se encuentra en buenas condiciones.

4.2.3.4.1 Chequeo de controles eléctricos de la caldera

- Se limpia con solvente adecuado, debe limpiarse todos los contactos de los diversos accesorios y componentes eléctricos y rociar con solvente adecuado esto se realiza trimestralmente y anualmente así como todos los interruptores.
- Se revisa la calibración de Manómetro y termómetro, desmontándolos y colocándolos en su lugar otros patrones de prueba, y comparar en sus lecturas, si tiene lecturas diferentes cambiarlas.

4.2.3.4.2 Chequeo de los cimientos de la caldera

Es recomendable revisar anualmente los cimientos de la caldera a manera de corroborar que esta no se este hundiendo o no tenga un nivel adecuado, verificando las bases en donde fue instalada la caldera.

4.2.4 Bitácora de servicio

Una bitácora de servicio es una herramienta primordial para la reducción de gastos de mantenimiento y las paradas prolongadas e innecesarias. Existen diferentes tipos de bitácoras de servicio según la cronología, pero para nuestro estudio solo veremos tres: bitácora diaria, mensual y anual.

El contenido de las bitácoras de servicio de calderas es simple, ya sea diaria, mensual y anual se llenaran de la siguiente manera:

Equipo: denominación de la maquinaria.

Modelo: es el año y el tipo de maquinaria.

Marca: es el nombre de la empresa manufacturera responsable de la fabricación del equipo.

Tipo: es la clasificación de la maquinaria o equipo.

Serie: es el número de serie de fabricación.

Fecha de instalación: es la fecha en que se instalo el equipo.

Fecha de Fabricación: es el año en que se fabrico la maquinaria por la empresa manufacturera responsable.

Capacidad: capacidad de carga, produccion, almacenamiento, volumen, peso, etc. De trabajo del equipo, recomendado por el fabricante.

Combustible: tipo de insumo energético que utiliza la maquinaria para su operación.

H.P.: es la potencia (caballos de fuerza-maquinaria) que necesita la maquinaria.

Voltios: es la cantidad de voltaje de la maquinaria para su operación.

Amperios: es la cantidad de amperaje de la maquinaria para su operación.

Entidad responsable: es la entidad o institución a que pertenece el equipo.

Encargado de inspección: es la o las personas responsables del mantenimiento del equipo.

Equipo o instrumentó: son los diferentes equipos o instrumentos con que cuenta la entidad responsable para realizar inspección, reparación y mantenimiento.

Observaciones: es la información de utilidad para tomar decisiones con respecto a si el equipo amerita realizarle mantenimiento y de ser así cual es el procedimiento adecuado a ejecutar.

El contenido de las bitácoras de servicio de las tuberías de vapor es simple, ya sea diaria, mensual y anual se llenaran de la siguiente manera:

Entidad responsable: es la entidad o institución a que pertenece el equipo.

Encargado de inspección: es la o las personas responsables del mantenimiento del equipo.

Equipo o instrumentó: son los diferentes equipos o instrumentos con que cuenta la entidad responsable para realizar inspección, reparación y mantenimiento.

Observaciones: es la información de utilidad para tomar decisiones con respecto a si el equipo amerita realizarle mantenimiento y de ser así cual es el procedimiento adecuado a ejecutar.

A continuación se muestran las siguientes bitácoras de servicio de calderas y de las tuberías de vapor diario, mensual y anual.

4.2.4.1 Bitácora diaria

Tabla XIV **Bitácora diaria de la caldera**

Equipo: _____ Modelo: _____
Marca: _____ Tipo: _____
Serie: _____ Fecha de instalación: _____
Fecha de Fabricación: _____ Capacidad: _____ Combustible: _____
H.P.: _____ Voltios: _____ Amperios: _____
Entidad responsable: _____ Encargado de inspección: _____

| Equipo o instrumento | Observaciones (indicar lugar y estado actual) |
|--------------------------------|--|
| Válvulas de globo | |
| Válvulas de paso | |
| Válvulas reductoras de presión | |
| Uniones | |
| Tes | |
| Trampas | |
| Filtros | |
| Juntas de expansión | |
| Estopes y prensaestopas | |
| Cheques | |
| Topes de sujeción | |

Fuente: **Archivos del departamento de mantenimiento , Hospital San Juan de Dios**

Tabla XV **Bitácora diaria de la tubería de vapor**

Entidad responsable: _____

Encargado de inspección: _____

| Equipo o instrumento | Observaciones (indicar lugar y estado actual) |
|--------------------------------|--|
| Válvulas de globo | |
| Válvulas de paso | |
| Válvulas reductoras de presión | |
| Uniones | |
| Tes | |
| Trampas | |
| Filtros | |
| Juntas de expansión | |
| Estopes y prensaestopas | |
| Cheques | |
| Topes de sujeción | |
| Aislamiento térmico | |

Fuente: **Archivos del departamento de mantenimiento , Hospital San Juan de Dios**

4.2.4.2 Bitácora mensual

Tabla XVI **Bitácora mensual de la caldera**

Equipo: _____ Modelo: _____
Marca: _____ Tipo: _____
Serie: _____ Fecha de instalación: _____
Fecha de Fabricación: _____ Capacidad: _____ Combustible: _____
H.P.: _____ Voltios: _____ Amperios: _____
Entidad responsable: _____ Encargado de inspección: _____

| Equipo o instrumento | Observaciones (indicar lugar y estado actual) |
|--------------------------------|--|
| Válvulas de globo | |
| Válvulas de paso | |
| Válvulas reductoras de presión | |
| Uniones | |
| Tes | |
| Trampas | |
| Filtros | |
| Juntas de expansión | |
| Estopes y prensaestopas | |
| Cheques | |
| Topes de sujeción | |
| Aislamiento térmico | |
| Anclajes | |
| Soportes | |
| Regulador de presión | |
| Tanque de condensado | |
| Tubería de condensado | |

Fuente: **Archivos del departamento de mantenimiento , Hospital San Juan de Dios**

Tabla XVII **Bitácora mensual de la tubería de vapor**

Entidad responsable: _____

Encargado de inspección: _____

| Equipo o instrumento | Observaciones (indicar lugar y estado actual) |
|--------------------------------|--|
| Válvulas de globo | |
| Válvulas de paso | |
| Válvulas reductoras de presión | |
| Uniones | |
| Tes | |
| Trampas | |
| Filtros | |
| Juntas de expansión | |
| Estopes y prensaestopas | |
| Cheques | |
| Topes de sujeción | |
| Aislamiento térmico | |
| Anclajes | |
| Soportes | |
| Tubería de condensado | |
| Tanque de condensado | |
| Reguladora de presión | |

Fuente: **Archivos del departamento de mantenimiento , Hospital San Juan de Dios**

4.2.4.3 Bitácora anual

Tabla XVIII **Bitácora anual de la caldera**

Equipo: _____ Modelo: _____
 Marca: _____ Tipo: _____
 Serie: _____ Fecha de instalación: _____
 Fecha de Fabricación: _____ Capacidad: _____ Combustible: _____
 H.P.: _____ Voltios: _____ Amperios: _____
 Entidad responsable: _____ Encargado de inspección: _____

| Equipo o instrumento | Observaciones |
|--|---------------|
| Tubos interiores de la caldera | |
| Placas tubulares | |
| Limpieza exterior de la caldera | |
| Cambiar tapón fusible | |
| Revisar y calibrara válvulas de seguridad | |
| Limpiar interiormente medidor de agua | |
| Cambiar Empacaduras de guarda nivel de cristal | |
| Revisar y calibrara manómetro principal | |
| Limpieza de tubería de agua de alimentación | |
| Asientos de válvulas | |
| Tanque de combustible | |
| Lubricación de modular | |
| Levas del motor del control electrónico | |
| Célula fotoeléctrica | |
| Interruptor de mercurio de control de modular | |
| Interruptor de mercurio de control de presion | |
| Electrodos de nivel de agua | |
| Flotador de agua | |
| Interruptores de mercurio de nivel de agua | |
| Filtros del quemador | |
| Lubricación del motor ventilador | |
| Empacadura de bomba de alimentación de agua | |
| Filtro de bomba de gasoleo | |
| Filtro de gasoleo | |
| Turbina del quemador | |
| Contactos eléctricos | |
| Interior de la carcasa | |
| Empacaduras de registro | |
| Tapas de registros | |

Fuente: **Archivos del departamento de mantenimiento , Hospital San Juan de Dios**

Tabla XIX **Bitácora anual de la tubería de vapor**

Entidad responsable: _____

Encargado de inspección: _____

| Equipo o instrumento | Observaciones (indicar lugar y estado actual) |
|---------------------------------|--|
| Válvulas de globo | |
| Válvulas de paso | |
| Válvulas reductoras de presión | |
| Uniones | |
| Tes | |
| Trampas | |
| Filtros | |
| Juntas de expansión | |
| Estopes y prensaestopas | |
| Cheques | |
| Topes de sujeción | |
| Aislamiento térmico | |
| Anclajes | |
| Soportes | |
| Tubería de condensado | |
| Tanque de condensado | |
| Reguladora de presión | |
| Limpiar y calibrar manómetros | |
| Empacaduras juntas de expansión | |

Fuente: **Archivos del departamento de mantenimiento , Hospital San Juan de Dios**

5 SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LAS LINEAS DE VAPOR.

5.5 Capacitación del personal

La capacitación es proceso de enseñanza de las aptitudes básicas que los nuevos empleados necesitan para realizar un trabajo. La capacitación tiene tanto objetivos a alcanzar así como técnicas, las cuales se mencionan a continuación.

5.5.1 Objetivos de la capacitación

Para establecer los objetivos de la capacitación se deben ser concretos y medibles, que sean evaluables después de la capacitación tanto para el alumno como para el instructor y así retroalimentar el programa de capacitación.

El desarrollo de los planes y programas de capacitación para el personal encargado de la logística normalmente tomará como base el análisis y definición de:

- Los objetivos generales de la capacitación: lo que el hospital general quiere lograr mediante la capacitación de su personal; ya sea en el área administrativa o en área técnica.
- Quién necesita ser capacitado: tanto en general como cualquier categoría específica que incremente la efectividad de la capacitación;

- Los resultados del aprendizaje: lo que se espera que cada persona capacitada sea capaz de hacer y de saber en las diferentes etapas de la capacitación técnica o administrativa.
- La cobertura que se espera alcanzar entre el personal encargado de la logística.

Sólo una vez que los planeadores de la capacitación definan estos objetivos estarán en condiciones de desarrollar los planes y seleccionar las metodologías apropiadas y ajustarlas en función de los recursos disponibles.

5.5.2 Técnicas de capacitación

Las técnicas de la capacitación son:

- Capacitación en el puesto
- Capacitación por instrucción de puesto
- Conferencias
- Técnicas audiovisuales
- Tele capacitación
- Aprendizaje programado
- Vestibular por simulacros

- Capacitación en el puesto: es la capacitación mientras se desarrolla en el trabajo, y tiene varios métodos los cuales son: de incrustación o sustitución, rotación de puesto y asignaciones especiales.

Los pasos a seguir son:

- ✓ Prepare el aprendiz
 - ✓ Presente la operación
 - ✓ Prueba de desempeño
 - ✓ Seguimiento
-
- Capacitación por instrucción de puesto: se hacen las preguntas , Que hacer?, y Como se tiene que hacer y porque?
-
- Conferencias tienen que realizar los siguientes pasos que son:
 - ✓ Auditorios grandes
 - ✓ No empiece de manera equivocada
 - ✓ Ofrezca señales
 - ✓ Sea breve en conclusiones
 - ✓ Mantenga la atención
 - ✓ Mantenga contacto visual
 - ✓ Asegúrese que todos lo escuchen
 - ✓ Controle las manos
 - ✓ Use notas no guiones
 - ✓ Evite malos hábitos
 - ✓ Practique

- Técnicas audiovisuales, pueden ser:
 - ✓ Se requiere recursos
 - ✓ Películas, videos, etc.
 - ✓ Útil para mostrar procesos que no son fáciles de describir
 - ✓ Diversidad de material ya existente en el mercado

- Tele capacitación: como su nombre lo dice, la capacitación es a través de videos.

- Aprendizaje programado: puede ser en texto o computadora:

Consta de 3 funciones:

- ✓ Presenta al empleado preguntas, hechos o problemas
- ✓ Permite que la persona responda
- ✓ Proporciona retroalimentación sobre la precisión de las respuestas

Ventajas:

- ✓ Reduce el tiempo de capacitación
- ✓ La retroalimentación es inmediata
- ✓ Reduce el riesgo de errores

- Vestibular por simulacros es cuando el riesgo de hacerlo directamente es alto :
 - ✓ Maquinaria pesada
 - ✓ Piloto avión

Ventajas:

- ✓ Eficiencia
- ✓ Nos da seguridad
- ✓ Costo menor

5.6 Señalización de rutas de mantenimiento e inspección

La señalización de rutas de mantenimiento e inspección son un conjunto de estímulos ópticos que actuando de manera directa sobre la capacidad perceptiva del individuo, hacen que este reaccione de una u otra forma, al encontrarse sometido a estos estímulos.

En señalización de rutas de mantenimiento el color se asocia con una forma determinada, con lo que se hace más fácil identificar la señal.

Estos símbolos tienen la ventaja de que pueden ser comprendidos por los trabajadores que no conocen el idioma en que vengan escritos los avisos o letreros. Sin embargo, en la mayor parte de los casos conviene añadir al símbolo texto que indique de forma clara lo siguiente:

- Nombre de la sustancia.
- Descripción del riesgo principal.
- Producciones a adoptar.
- Medidas de primeros auxilios.

Las principales señales de mantenimiento e inspección son :

Figura 23 **Señales de mantenimiento**



Fuente: Archivos del departamento de mantenimiento , Hospital San Juan de Dios

5.7 Conformación de archivos de mantenimiento

La conformación de archivos de mantenimiento es la manera mas eficaz de llevar un estricto control del mantenimiento preventivo y correctivo realizado y por realizar en las instalaciones y equipos del hospital general.

Es responsabilidad del jefe y supervisor de mantenimiento tener archivos de mantenimiento para poder prevenir fallas futuras que provocaran paros innecesarios. Se podrá apreciar a continuación las diferentes fichas de mantenimiento del hospital San Juan de Dios.

Se debe mostrar al personal que ejecuta el mantenimiento a llenar debidamente la información que se le pide así como ser concisos y directos en la información que deben mostrar.

Para obtener un resultado positivo de la información adquirida durante el tiempo que se utilice la información de los archivos técnicos de mantenimiento se hace necesario de disponer de datos confiables que contribuirá a determinar los stocks de repuestos mínimos.

5.7.1 Ficha técnica del equipo

Formato: Ficha técnica del equipo.

Uso: Cada vez que se identifique un nuevo equipo para guardar información técnica útil acerca de los equipos, para su identificación y posterior consulta de información.

A continuación se presenta a forma adecuada de llenar la ficha técnica del equipo.

Equipo: denominación de la maquinaria, tal como motor, mezclador, bomba, etc.

Localización: es la ubicación donde se encuentra instalado el equipo, por ejemplo: subestación, casa de maquinas, etc.

Codificación: es el numero de código asignado al equipo, por el departamento de mantenimiento.

No. de inventario contable: se refiere a la codificación oficial con que el hospital identifica sus bienes.

Equipo principal: se marca con una X si es equipo principal.

Equipo auxiliar: se marca con una X si es equipo auxiliar.

Modelo: es el año y el tipo de maquinaria.

Marca: es el nombre de la empresa manufacturera responsable de la fabricación del equipo.

Tipo: es la clasificación de la maquinaria o equipo.

Serie: es el numero de serie de fabricación.

Características del equipo: es la descripción mas general en que se puede determinar el tipo de equipo o maquinaria al que se esta supervisando.

Tipo de lubricante: se describe el tipo de lubricante que utiliza.

Tipo de grasa: se describe el tipo de grasa que utiliza.

Fabricante: es la empresa manufacturera responsable de la fabricación del equipo.

Proveedor: es la casa comercial que distribuye el repuesto.

Fecha de pedido: es la fecha en que fue pedido el repuesto.

No. de pedido: es la clasificación que se le da al pedido con respecto del tiempo.

Fecha de instalación: es la fecha en que se instaló el repuesto.

Costo: es la cantidad de dinero que se invirtió en la reparación del equipo.

Documentación técnica: es toda la documentación con que cuentan los equipos para poderlos reparar ya sean manuales o recomendaciones del fabricante.

Manual de operaciones: si cuenta el equipo o maquinaria a reparar con manual de operación se coloca X.

Manual de mantenimiento: si cuenta el equipo o maquinaria a reparar con manual de mantenimiento se coloca X.

Diagramas eléctricos: si cuenta el equipo o maquinaria a reparar con diagramas eléctricos se coloca X.

Diagramas de lubricación: si cuenta el equipo o maquinaria a reparar con diagramas de lubricación se coloca X.

A continuación se muestra el formato de la ficha técnica de los equipos del hospital general San Juan de Dios.

Tabla XX Ficha técnica de los equipos

| | |
|--|---|
| HOSPITAL GENERAL "SAN JUAN DE DIOS" DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO | |
| FICHA TÉCNICA DE LOS EQUIPOS | |
| Equipo: _____ Localización: _____ Codificación: _____ No. De Inventario Contable: _____ | |
| Equipo Principal <input type="checkbox"/> | Equipo Auxiliar <input type="checkbox"/> |
| Marca: _____ | Modelo: _____ |
| Serie: _____ | Tipo: _____ |
| Características del equipo: _____ _____ _____ | |
| Tipo de lubricante: _____ | Tipo de grasa: _____ |
| Fabricante: _____ | Proveedor: _____ |
| Fecha de Pedido: _____ | No. Pedido: _____ |
| Fecha de Instalación: _____ | Costo: _____ |
| Documentación técnica | |
| | Si No |
| Manual de Operaciones | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| Manual de Mantenimiento | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| Diagramas eléctricos | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| Diagramas de lubricación | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |

Fuente: Archivos del departamento de mantenimiento , Hospital San Juan de Dios

5.7.2 Ficha histórica de las fallas del equipo

Formato: Historial de mantenimiento.

Uso: Cada vez que se practique algún tipo de mantenimiento en un equipo.

Sección del área de mantenimiento: es el área al que pertenece el equipo.

Equipo principal: se marca con una X si es equipo principal.

Equipo auxiliar: se marca con una X si es equipo auxiliar.

Maquinaria: denominación de la máquina o equipo.

Modelo: es el año y el tipo de maquinaria.

Marca: es el nombre de la empresa manufacturera responsable de la fabricación del equipo.

Numero de serie: es el número de serie de fabricación.

Codificación: es el número de código asignado al equipo, por el departamento de mantenimiento.

No. de inventario: se refiere a la codificación oficial con que el hospital identifica sus bienes.

Fecha: es la fecha en que se procedió a reparar el equipo.

Tiempo invertido: es el tiempo que requirió la reparación del equipo.

Tipo de mantenimiento: se coloca una X si se tuvo que realizar mantenimiento ya sea preventivo, correctivo o predictivo.

Descripción del mantenimiento realizado: es detallar brevemente lo que se realizó.

Observaciones: es cualquier información adicional que sea de utilidad para el mantenimiento.

Operador: la persona que opera el equipo.

Tabla XXI Ficha histórica de las fallas del equipo

HOSPITAL GENERAL "SAN JUAN DE DIOS"
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

HISTORIAL DE MANTENIMIENTO NO.

Sección del Área de Mantenimiento: _____

Equipo Principal Equipo Auxiliar

| | | |
|-------------------------|----------------------|----------------------|
| Máquina: | Marca: | Modelo: |
| Número de Serie: | Codificación: | # Inventario: |

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO LLEVADAS A CABO

| Fecha | Tipo Mantenimiento | Descripción del Mantenimiento Realizados | Observaciones | Operador |
|------------------|--------------------------|--|---------------|----------|
| | Mantenimiento Predictivo | | | |
| Tiempo invertido | Mantenimiento Preventivo | | | |
| | Mantenimiento Correctivo | | | |
| Fecha | Tipo Mantenimiento | Descripción del Mantenimiento Realizados | Observaciones | Operador |
| | Mantenimiento Predictivo | | | |
| Tiempo invertido | Mantenimiento Preventivo | | | |
| | Mantenimiento Correctivo | | | |
| Fecha | Tipo Mantenimiento | Descripción del Mantenimiento Realizados | Observaciones | Operador |
| | Mantenimiento Predictivo | | | |
| Tiempo invertido | Mantenimiento Preventivo | | | |
| | Mantenimiento Correctivo | | | |
| Fecha | Tipo Mantenimiento | Descripción del Mantenimiento Realizados | Observaciones | Operador |
| | Mantenimiento Predictivo | | | |
| Tiempo invertido | Mantenimiento Preventivo | | | |
| | Mantenimiento Correctivo | | | |
| Fecha | Tipo Mantenimiento | Descripción del Mantenimiento Realizados | Observaciones | Operador |
| | Mantenimiento Predictivo | | | |
| Tiempo invertido | Mantenimiento Preventivo | | | |
| | Mantenimiento Correctivo | | | |

Fuente: Archivos del departamento de mantenimiento , Hospital San Juan de Dios

5.7.3 Ficha de control de los paros

A continuación se presenta a forma adecuada de llenar la ficha de control de los paros.

Fecha: es la fecha en que el equipo fallo

Actividad: es el tipo de mantenimiento a realizar.

No.: es el numero de la ficha de control de los paros.

Falla: tipo de falla detectada.

Tiempo de paro: es el tiempo en el equipo esta inoperante.

Técnico designado: es la persona de mantenimiento desganada para realizar la actividad.

Tabla XXII **Ficha de control de los paros**

Hospital General

Departamento de Mantenimiento

Ficha de control de paros

| | | |
|--------|----------------|-------------------|
| Fecha: | Actividad: | No. |
| Falla | Tiempo de paro | Técnico designado |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Fuente: **Archivos del departamento de mantenimiento , Hospital San Juan de Dios**

5.8 Desarrollo de lineamientos para realizar el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo

El desarrollo de lineamientos para realizar el mantenimiento en cualquier tipo de equipo o instalación es el recurso mas importante de cualquier departamento de mantenimiento. A continuación se dará a conocer los lineamientos a seguir para el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.

5.8.1 Lineamientos a seguir del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo

Como parte complementaria del mantenimiento, se debe contar con un manual de lineamientos en el que se indiquen todos los procedimientos que se deben seguir por parte de los técnicos al realizar servicios de mantenimiento. Para el diseño de lineamientos para el mantenimiento, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Poseer la experiencia adquirida en la operación de los equipos.
- Ensayos que permitan establecer frecuencias, personal requerido, y para las operaciones de mantenimiento.
- Conocer las diferentes clases de equipos e instalaciones
- Poseer las debidas recomendaciones sobre mantenimiento de las casas fabricantes.

Es necesario para la aplicación de lineamientos depende fundamentalmente de la estrategia que se haya determinado para el equipo o instalación. Una vez terminado el inventario de todo el equipo, se procede a la confección de la ficha de historial.

Para que las dos fichas del equipo se hayan analizado, se podrá encontrar cuáles han tenido numerosas de reparaciones y se podrá determinar si requieren un acondicionamiento previo antes que se las incluya en los lineamientos de mantenimiento.

Es muy importante que todas las reparaciones y ajustes efectuados queden debidamente registrados, ya que conocimiento que se tenga de ellos dependerá la posibilidad de prevenir futuras fallas del equipo.

Para poder obviar la necesidad de usar los dos métodos mencionados anteriormente se utiliza una técnica que es la de inspección previa para determinar la condición normal de los equipos. Para esto se requiere contar con personal experimentado y con equipos de medición, tales como el medidor de vibraciones.

Análisis de tendencias

Los cambios que ocurren en el hospital pueden ser analizados por su tendencia, lo cual anticipa problemas futuros. Los gráficos de tendencias permiten identificar situaciones que tienden a empeorar y comportamientos erráticos. El análisis de tendencias es más efectivo en el caso de que se esté produciendo un empeoramiento de condiciones. Una planta que ha comenzado a deteriorarse se puede identificar muy fácilmente cuando se hace el estudio de la tendencia de fallas.

Diseño

Una vez completa la etapa de recolección de información y de análisis, se procederá a diseñar el plan de mantenimiento. El uso de una o más estrategias depende del análisis hecho y es muy probable que se tenga que considerar algunas unidades con estrategias propias o diferentes de la mayoría.

Se debe enfatizar que el diseño resultante, para ser efectivo, debe contener una mezcla de las cinco estrategias descritas anteriormente. Esta etapa debe arrojar la programación correspondiente de actividades que permita adquirir los recursos necesarios. En este punto se debe ser enfático. Los programas y planes deben determinar el presupuesto y no a la inversa.

Puesta en marcha

Una vez realizada la programación, adquiridos los recursos, seleccionado y entrenado el personal, se procede a la implantación. Para tal fin, el ingeniero jefe de mantenimiento o el subalterno designado imparte órdenes de trabajo a los técnicos y operadores encargados de la ejecución.

Esta orden de trabajo debe ser lo más explícita posible, a fin de evitar errores y traslados innecesarios. Las órdenes de trabajo deben revisarse para que su ejecución siga el diagrama de flujo del hospital. En la orden de trabajo debe incluirse, además, el espacio necesario para que el ejecutante detalle comentarios u observaciones.

Las órdenes de trabajo pueden confeccionarse manualmente cuando se reciban quejas o pueden programarse para que su producción sea rutinaria mediante el uso de un programa de cómputo.

Supervisión

El control de la aplicación de los lineamientos de mantenimiento debe llevarse a cabo directamente por el ingeniero. Para esto, debe tener lo siguiente:

- Informes de labores: Deben ser presentados por técnicos y operadores semanalmente y deben corresponder con las órdenes de trabajo recibidas. Las causas de no correspondencia entre órdenes de trabajo y el informe deben quedar claramente especificadas. El formato de estos informes debe ser claro y estar de acuerdo con el estilo gerencial del ingeniero. El procedimiento de los informes brindará la retroalimentación que la supervisión debe entregar al sistema.
- Reportes de operación del hospital: Esta información es importante para evaluar los resultados de la aplicación del plan de mantenimiento. Los operadores son un agente externo al departamento y proporcionan un punto de vista independiente sobre la calidad del servicio que reciben. La forma de recolectar esta información debe ser coordinada con el departamento de producción de la empresa.
- Evaluación en el sitio: Se requiere una evaluación periódica por parte del ingeniero acerca de las condiciones de funcionamiento de las unidades de la planta. Esa evaluación puede basarse en un programa aleatorio de mediciones e inspección que permitan un control cruzado de la labor de sus técnicos. Todo el control del programa se basará en el proceso estadístico de la información recibida. La toma de decisiones deberá estar basada en el análisis de toda esta información.

Evaluación

Esta es una etapa permanente del sistema y es la más importante. Permite la retroalimentación requerida para corregir cualquier deficiencia que se presente en la aplicación del programa. Los resultados obtenidos del programa deberán evaluarse, a fin de determinar que no exista ni exceso ni defecto de mantenimiento.

Un buen sistema deberá ser evaluado constantemente para reflejar, en todo momento, las condiciones actuales de eficiencia. Un análisis de costos contra satisfacción de usuarios representa un buen método de evaluación del mantenimiento.

5.8.2 Capacitación del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo en calderas

En la capacitación del personal del hospital San Juan de Dios es necesario cubrir diferentes temas para poder darle un mantenimiento eficiente a la caldera así como a sus accesorios.

Se estima que la vida útil de una caldera sea de 15 a 20 años como promedio, sin embargo esta se puede prolongar hasta los 30 años o más, o bien no llegar siquiera a los 10 años, todo dependerá de las buenas o malas prácticas de mantenimiento y operación que se le apliquen.

Todas las calderas se fabrican siguiendo estrictas normas de diseño y construcción que están contempladas en el CODIGO ASME bajo este código podemos capacitar al personal en las siguientes secciones:

Códigos de construcción :

Sección I : Calderas de Potencia

Sección IV : Calderas de Calentamiento

Sección VIII : Recipientes a presión

Códigos de referencia :

Sección II : Materiales

Sección V : Ensayos no destructivos

Sección IX: Calificación de Soldadura y Soldadores

Además se establecen reglas para el cuidado, operación e inspección en servicio.

Sección VI : Reglas recomendadas para el cuidado y operación de Calderas de calentamiento .

Sección VII : Lineamientos recomendados para el cuidado y la operación de calderas de potencia .

5.8.3 Capacitación mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo en la red de vapor

En la capacitación del personal del hospital San Juan de Dios en la red de vapor es necesario conocer los diferentes materiales en que se puede construir una red de vapor así como los diferentes accesorios como trampas, uniones, válvulas y otros equipos de vapor .

A continuación se muestra los diferentes temas para poder capacitar al personal en lo que concierne a la red de vapor.

Materiales

- Parte A: Especificaciones de material ferroso
- Parte B: Especificaciones de material no ferroso
- Parte C: Especificaciones de material de aporte
- Propiedades

Ensayos no destructivo

Reglas alternativas para equipos de alta presión

Calificación de procedimientos de Soldadura y de soldadores

Recipientes a presión de plástico con refuerzo a fibra de vidrio

5.6 Documentación técnica del trabajo de mantenimiento

La documentación técnica del trabajo de mantenimiento es manejado exclusivamente por el técnico de mantenimiento y es un control del mantenimiento así como los costos que incurren estas rutinas de mantenimiento.

5.6.1 Ficha de control de inspección

Este formulario es utilizado para el control exclusivo de las inspecciones que se realizan en los equipos del Hospital San Juan de Dios. A continuación se presenta a forma adecuada de llenar la ficha de control de inspección.

Equipo: denominación de la maquina o equipo.

Ubicación: es el área donde se encuentra instalado el equipo.

Placa de datos: es la información que contiene todos los equipos dados por el fabricante.

Datos tomados: son los datos necesarios para realizar la inspección.

Marca : es el nombre de la empresa manufacturera responsable de la fabricación del equipo.

Modelo: es el año y el tipo de maquinaria.

Año: es el año en que se realizo la inspección.

Nota: es cualquier información adicional que sea de utilidad.

Tabla XXIII Ficha de control de inspección

Hospital General
Departamento de Mantenimiento

| FICHA DE CONTROL DE INSPECCION | |
|--------------------------------|----------------|
| Equipo: | Ubicación: |
| Placa de Datos: | Datos tomados: |
| | Marca: |
| | Modelo: |
| | Año: |
| Nota: | |

Fuente: **Archivos del departamento de mantenimiento , Hospital San Juan de Dios**

5.6.2 Orden de trabajo

Formulario: Orden de trabajo de mantenimiento preventivo programado.

Uso: Cuando se gira por el Departamento de Mantenimiento ordenes de trabajo para la realización de mantenimientos preventivos programados.

A continuación se presenta a forma adecuada de llenar una orden de trabajo.

Área: sector en donde se encuentra el equipo.

Equipo: denominación de la maquina o equipo.

Técnicos designados: es la cantidad de personal asignado para la actividad.

Modelo: es el año y el tipo de maquinaria.

Marca: es el nombre de la empresa manufacturera responsable de la fabricación del equipo.

Numero de serie: es el numero de serie de fabricación.

Codificación: es el numero de código asignado al equipo, por el departamento de mantenimiento.

No. de inventario: se refiere a la codificación oficial con que el hospital identifica sus bienes.

Descripción de la rutina: es detallar cada actividad que tiene que ser ejecutada por el técnico y/o ayudantes.

Fecha: día, mes y año en el que se esta ejecutando la orden.

Chequeo de ejecución de la rutina: por la naturaleza del equipo, la función que cumple o el costo del mismo, se debe chequear la ejecución de la rutina y se debe atender el problema que presente el equipo para evitar inconvenientes.

Técnico designado: persona encargada de llevar a cabo dicha orden.

Tiempo real: es el tiempo que dura la actividad para solucionar el problema de mantenimiento.

CONCLUSIONES

1. En el capítulo dos se describe detalladamente la naturaleza, así como la función que realiza en la sección de calderas del departamento de Mantenimiento del Hospital San Juan de Dios.
2. En el capítulo tres en el cálculo de la tubería de vapor, se determinó la cantidad de suministro de vapor en las áreas de lavandería, cocina y autoclaves para cada equipo que compone cada área, descrito en tablas VIII, IX, X, XI.
3. Las rutinas de mantenimiento que se debe realizar en el hospital San Juan de Dios son mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, según lo amerite el equipo y los formatos de control para el mantenimiento se describe en tablas XIV a la XXIV.
4. en el capítulo cuatro, en implementación del plan de mantenimiento y el buen uso del equipo en el hospital San Juan de Dios, se provee una guía de los pasos a seguir en la operación de las calderas y reparaciones que se realizan en las líneas de vapor, así como los procedimientos técnicos sobre el correcto mantenimiento y sus respectivas inspecciones en las instalaciones .
5. Se muestra en la sección 4.2.1 manual de operación de la caldera se analizan las partes componentes de la caldera y su línea.

6. En la Sección 4.2.1.4 instrucción de arranque y operación se da las instrucciones que se deben seguir para el arranque y operación de la caldera y el procedimiento para realizar ajustes en el equipo.
7. En el estudio de cálculo de tubería se describe algunos problemas que puede ocasionar el equipo en mal estado.
8. En el capítulo tres y capítulo cuatro se menciona algunos de los tipos de falla que provoca el equipo en mal estado.

RECOMENDACIONES

1. Promover la capacitación del personal de mantenimiento y operación de los equipos.
2. Debido a la creciente alza de los precios de combustible es necesario un buen mantenimiento y control de las calderas, mediante pruebas de combustión y registro de datos.
3. Asignar a personal de mantenimiento a inspeccionar diariamente los diferentes tramos o líneas de vapor, para observar posibles fugas o que las presiones de operación de los equipos son las correctas.
4. Organizar y efectuar un plan o programa de mantenimiento preventivo a las trampas de vapor, el cual consiste en limpieza de filtros, limpieza de la trampa en si e inspección de cheque, para así prolongar la vida útil de las mismas.
5. Ejecutar todas las reparaciones necesarias que no impliquen una gran inversión planificar la ejecución de la tubería.
6. Llevar a la práctica programas de mantenimiento preventivo, elaborándolos para todos lo equipos del hospital general San Juan de Dios.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado Molina, Gustavo Adolfo. Tipos, Selección y Mantenimiento de Trampas de Vapor. Guatemala Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1990
2. Archivos del Departamento de Mantenimiento del Hospital General San Juan de Dios, Guatemala, 2006.
3. Avallone , Eugenie A. Y Theodore Bauestier III. Manual de Ingeniero Mecánico. 3ra ed. En español: Barcelona McGraww-Hil, 1998.
4. Cáceres Cuevas, Erick Eladio. Tuberías de vapor. Tesis Ing. Mec. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1995.
5. Curso de vapor. Spirax Sarco. Proteisa. Guatemala, 2003
6. Garffert, G.A. Centrales de vapor . Barcelona : ed. Reverté, 1968.
7. López Escobar, Rafael Bernal. Manual para Instalaciones de Vapor y Aire. Tesis Ing. Mec. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1986.
8. Sett Oliva, Oscar Rolando. Conducción de Vapor a Través de Tuberías. Guatemala. Tesis Ing. Mec. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1977.

9. Severns W.H. Energía mediante vapor, aire o gas 5ta. ed.
México : Pretince- Hall, 1990.

10. Proyectos de instalaciones de equipo de hospitales. Operación y mantenimiento. Universidad de San Carlos de Guatemala. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, 1968.

11. Manual de Operaciones y Mantenimiento. Calderas CB Cleaver Brooks.
Division of aqua – chum, Inc.

ANEXOS

ANEXO 1

A continuación se muestra algunas recomendaciones para poder mantener a una caldera en general.

Tabla XXV **Recomendaciones de valores a mantener**

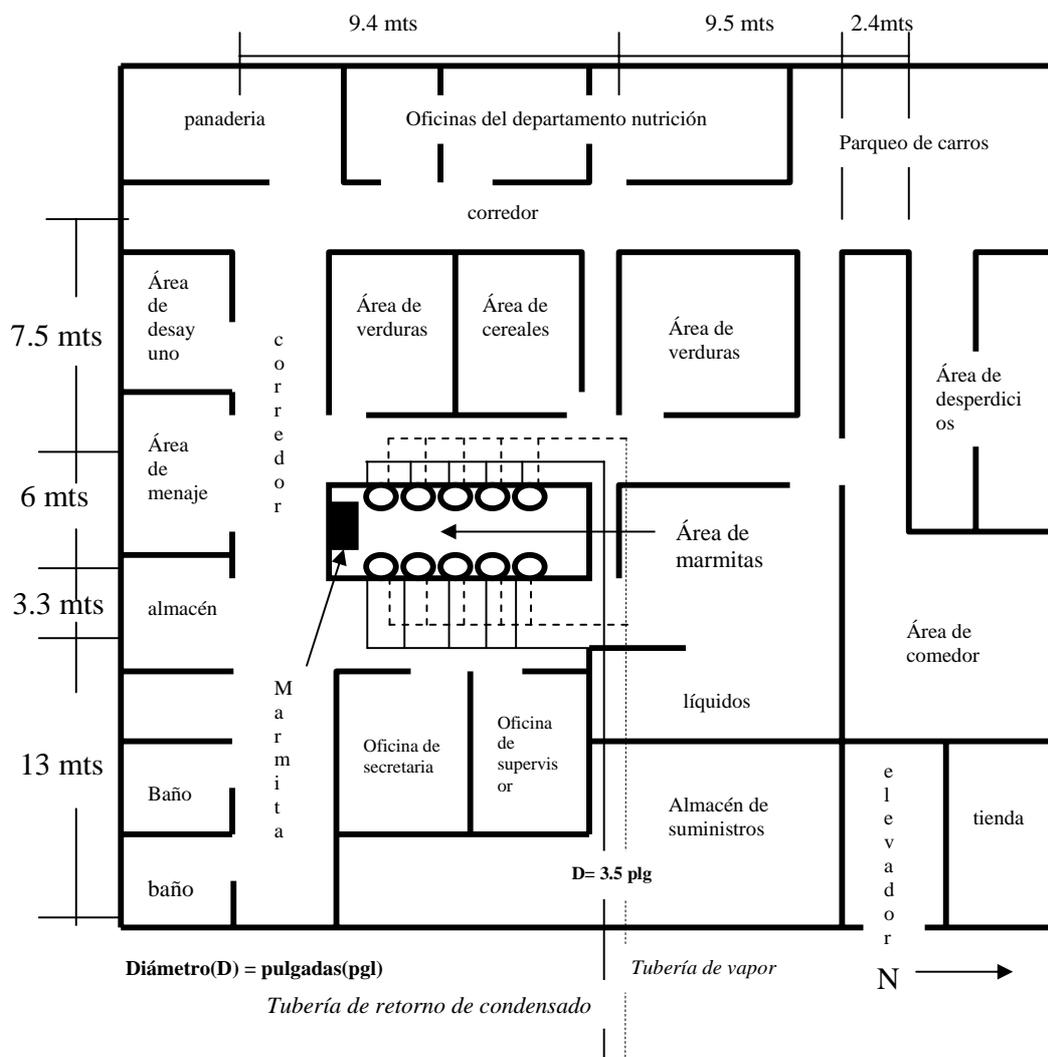
| Muestra de | Estándares de caldera | Unidades |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------|
| PH | 10.5 a 11.5 | - |
| Total de dureza | 0 | PPm CaCO ₃ |
| Alcalinidad disponible | 300 a 700 | PPm CaCO ₃ |
| Alcalinidad total | 400 a 900 | PPm CaCO ₃ |
| Cloruros | MAX 200 | PPm Cl |
| Totales sólidos disueltos | MAX 25000 | PPm |
| Fosfatos | 30 a 60 | PPm PO ₄ |
| Sulfitos | 20 a 40 | PPm SO ₃ |
| Sílice | MAX 250 | PPm |

Fuente: **Archivos del departamento de mantenimiento , Hospital San Juan de Dios**

ANEXO 2

Se puede apreciar el área antigua de cocina con las marmitas y sus respectivas divisiones, esto es en el segundo nivel de la torre de servicios de apoyo.

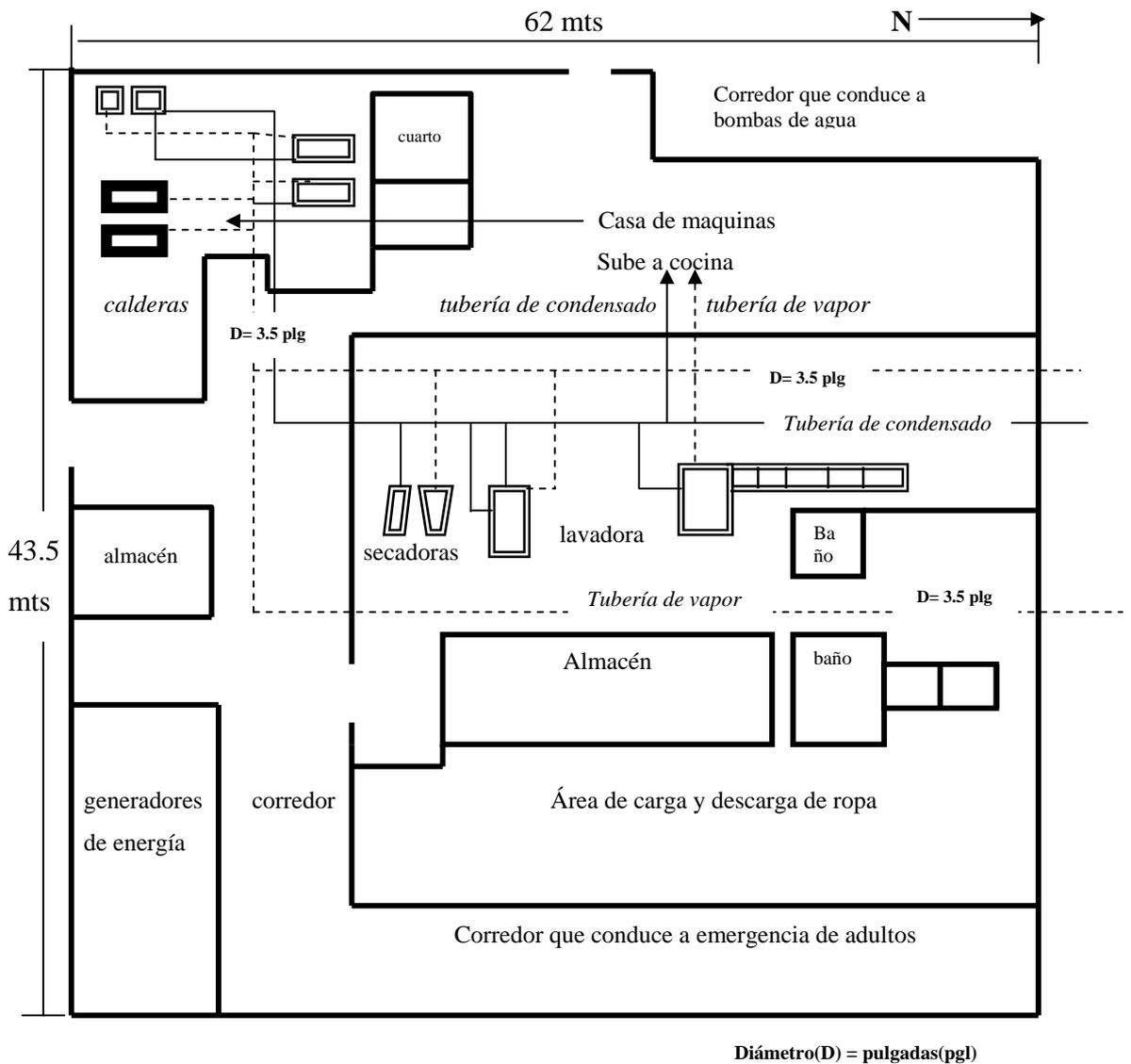
Figura 21 Diseño antiguo de cocina y su línea de distribución de vapor, retorno de condensado y agua caliente



ANEXO 3

Se puede apreciar el diseño antiguo de las líneas de vapor retorno de condensado y agua caliente en el área de calderas a lavandería en el primer nivel del edificio servicios de apoyo.

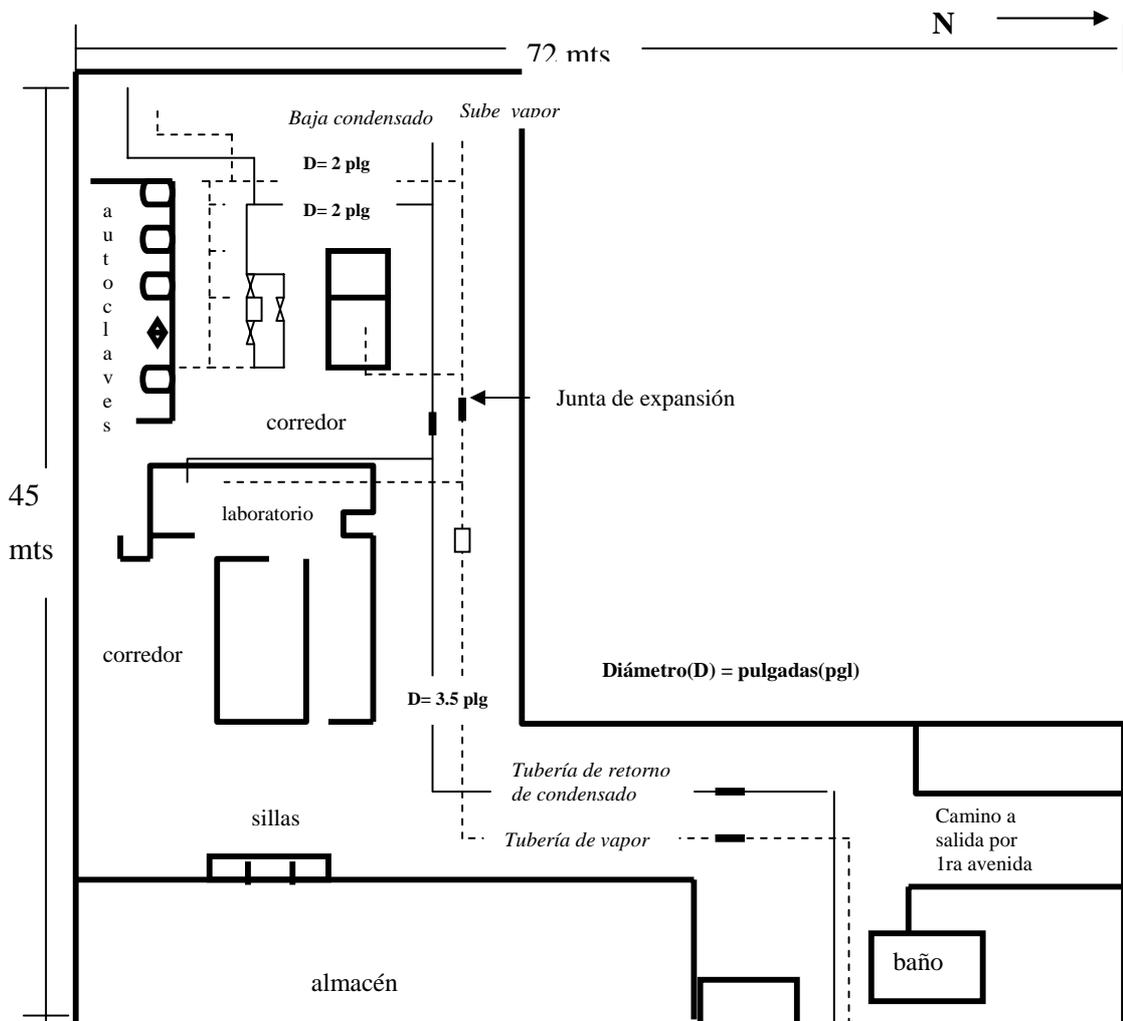
Figura 22 **Diseño antiguo de lavandería y su línea de distribución de vapor, agua caliente y retorno de condensado**



ANEXO 4

Se muestra el área de central de equipos y el recorrido de las líneas de vapor y de agua caliente en el primer nivel. El 1 es el área de autoclaves.

Figura 23 **Diseño antiguo de central de equipos y su línea de distribución de vapor, agua caliente y retorno de condensado**



Simbología

| | |
|-----------------------|---|
| Tubería de vapor |  |
| Tubería de condensado |  |
| Junta de expansión |  |
| válvula de globo |  |
| Autoclave |  |
| Marmita |  |
| Trampa |  |
| Caldera |  |