



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

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE VAPOR EN EL PROCESO DE SECADO
PARA OPTIMIZAR LA ENERGÍA TÉRMICA EN PLANCHADORA INDUSTRIAL DE
RODILLOS DEL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA**

Víctor Manuel Espinoza Gómez

Asesorado por el Ing. Helder Romelio Ajquiy Carrillo

Guatemala, noviembre de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE VAPOR EN EL PROCESO DE SECADO
PARA OPTIMIZAR LA ENERGÍA TÉRMICA EN PLANCHADORA INDUSTRIAL DE
RODILLOS DEL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

VICTOR MANUEL ESPINOZA GÓMEZ

ASESORADO POR EL ING. HELDER ROMELIO AJQUIY CARRILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|-------------|-------------------------------------|
| DECANO a.i. | Ing. José Francisco Gómez Rivera |
| VOCAL II | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez |
| VOCAL III | Ing. José Milton de León Bran |
| VOCAL IV | Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente |
| VOCAL V | Br. Fernando José Paz González |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| EXAMINADOR | Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes |
| EXAMINADOR | Ing. Alberto Eulalio Hernández García |
| EXAMINADOR | Ing. Víctor Hugo Gracia Roque |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE VAPOR EN EL PROCESO DE SECADO PARA OPTIMIZAR LA ENERGÍA TÉRMICA EN PLANCHADORA INDUSTRIAL DE RODILLOS DEL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha mayo de 2021.

Victor Manuel Espinoza Gómez

Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas.
Director de Escuela de Mecánica Industrial.
Facultad de Ingeniería.
U.S.A.C.
Presente.

Por este medio, hago constar que yo, el Ingeniero Mecánico Industrial Helder Romelio Ajquiy Carrillo, con colegiado número 9,589 doy como **aceptado y concluido** el desarrollo del tema de investigación de tesis del estudiante Víctor Manuel Espinoza Gómez con carné 2014-08432, de la carrera Ingeniería Mecánica Industrial, la cual se apega a las siguientes especificaciones.

Línea de Investigación: generación y aprovechamiento de energía.

Tema desarrollado: **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE VAPOR EN EL PROCESO DE SECADO PARA OPTIMIZAR LA ENERGÍA TÉRMICA EN PLANCHADORA INDUSTRIAL DE RODILLOS DEL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA.**

Atentamente.



Helder Romelio Ajquiy Carrillo
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado 9,589

Ingeniero Mecánico Industrial Helder Romelio Ajquiy Carrillo

Colegiado número 9,589

Guatemala 05 de junio de 2023

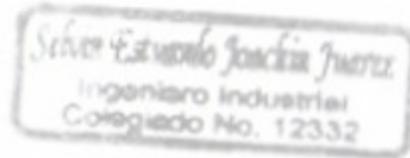


ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.057.023

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE VAPOR EN EL PROCESO DE SECADO, PARA OPTIMIZAR LA ENERGÍA TÉRMICA EN PLANCHADORA INDUSTRIAL DE RODILLOS DEL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Víctor Manuel Espinoza Gómez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Selvin Estuardo Joachin Juárez
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2023.

/mgp



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

LNG.DIRECTOR.236.EMI.2023

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 Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE VAPOR EN EL PROCESO DE SECADO PARA OPTIMIZAR LA ENERGÍA TÉRMICA EN PLANCHADORA INDUSTRIAL DE RODILLOS DEL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA**, presentado por: **Víctor Manuel Espinoza Gómez**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por
Cesar Ernesto Urquiza Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de
Ingeniería, Escuela de
Ingeniería Mecánica
Industrial, USAC
Colegiado 4,272
Periodo: julio a diciembre año
2023

Ing. César Ernesto Urquiza Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2023.

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.748.2023

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: **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE VAPOR EN EL PROCESO DE SECADO PARA OPTIMIZAR LA ENERGÍA TÉRMICA EN PLANCHADORA INDUSTRIAL DE RODILLOS DEL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA**, presentado por: **Victor Manuel Espinoza Gómez**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, noviembre de 2023

JFGR/gaac

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por la vida, salud, oportunidad e inteligencia para alcanzar una meta más con perseverancia y lucha constante.
- Mis padres** A mi querida madre Otilia Gómez (q. e. p. d), que desde el cielo ha cuidado de mí, derramando su bendición en cada día de mi vida; a mi padre Ismael Espinoza, por los consejos y apoyo, siendo los pilares de cada éxito y por haber educado con valores a la persona en la que me he convertido.
- Mis hermanos** Amabilia, Celia, Dora, Lorena, César, Daniel e Ismael Espinoza, por el apoyo incondicional en todo momento, ya que, me brindaron un sustento económico cuando lo he necesitado para alcanzar esta meta.
- Ingeniero** Helder Ajquiy, porque me brindó su apoyo para asesorarme en el momento justo y por su paciencia inagotable.

AGRADECIMIENTOS A:

- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por ser mi segunda casa durante los años de universitario, las grandes amistades generadas en las aulas y por la calidad educativa, forjando mi carácter y abrir puertas en el mercado laboral por el prestigio.
- Mis amigos** Kevin Herrarte, Petter Nowell, Byron Tzay, Herberg González, Edson Quevedo, Héctor Fuentes, Luis Tagual y Mario Quiñonez, porque creamos lazos de unión para toda la vida con momentos inolvidables.
- Ingenieros** Edwin Ixpatá y Miguel Ángel Nowell, porque, siempre me brindaron su apoyo y me trasladaron su vasto conocimiento, como también su experiencia sin envidia, ni egoísmo.
- Mi esposa** Daniela Melgar, siempre apoyándome con amor y paciencia, cada que he necesitado un abrazo, palabras de aliento y brindarme la dicha de ser papá, aportando motivación para continuar avanzando.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | VII |
| LISTA DE SÍMBOLOS | IX |
| GLOSARIO | XI |
| RESUMEN | XV |
| OBJETIVOS..... | XVII |
| INTRODUCCIÓN | XIX |
| | |
| 1. ANTECEDENTES GENERALES DEL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA | 1 |
| 1.1. Inicios del Hospital Roosevelt..... | 1 |
| 1.2. Información general..... | 4 |
| 1.2.1. Ubicación..... | 7 |
| 1.2.2. Misión | 8 |
| 1.2.3. Visión..... | 8 |
| 1.2.4. Valores | 8 |
| 1.3. Tipo de organización | 9 |
| 1.3.1. Organigrama institucional | 10 |
| 1.3.2. Descripción de puestos | 12 |
| 1.3.2.1. Director ejecutivo | 12 |
| 1.3.2.2. Director técnico..... | 13 |
| 1.3.2.3. Gerente de mantenimiento | 14 |
| 1.4. Descripción del área de Lavandería | 16 |
| 1.4.1. Mano de obra..... | 17 |
| 1.4.2. Servicios ofrecidos..... | 18 |
| 1.5. Teoría térmica | 18 |

| | | |
|--------|--|----|
| 1.5.1. | Termodinámica..... | 19 |
| 1.5.2. | Primera ley de la termodinámica | 21 |
| 1.5.3. | Entalpía | 22 |
| 1.5.4. | Segunda ley de la termodinámica | 23 |
| 1.5.5. | Balances de energía | 25 |
| 1.5.6. | Transferencia de calor..... | 26 |
| 1.5.7. | Eficiencia térmica | 26 |
| 1.5.8. | Optimización energética..... | 27 |
| 1.6. | Mantenimiento..... | 28 |
| 1.6.1. | Mantenimiento preventivo | 28 |
| 1.6.2. | Mantenimiento correctivo | 29 |
| 1.6.3. | Variables de mantenimiento | 30 |
| 2. | SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE VAPOR.... | 31 |
| 2.1. | Descripción de la situación actual de planchadora | 31 |
| 2.2. | Sistema de suministro de vapor | 32 |
| 2.3. | Componentes y elementos de una línea de vapor | 36 |
| 2.3.1. | Tubería de distribución..... | 37 |
| 2.3.2. | Manómetros | 42 |
| 2.3.3. | Termómetros | 43 |
| 2.3.4. | Reguladores de flujo | 44 |
| 2.3.5. | Trampas de vapor | 45 |
| 2.3.6. | Electroválvulas | 47 |
| 2.3.7. | Llaves de paso y cierre de vapor..... | 47 |
| 2.4. | Planchadora industrial de rodillos | 48 |
| 2.4.1. | Mantenimiento preventivo | 49 |
| 2.4.2. | Mantenimiento correctivo | 50 |
| 2.5. | Problemas típicos en planchadora industrial de rodillos..... | 51 |
| 2.6. | Señalización de áreas de riesgo | 52 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.7. | Señalización de tuberías por código de colores | 53 |
| 2.8. | Adquisición de repuestos y accesorios para mantenimiento ... | 54 |
| 2.9. | Costos de mantenimiento | 55 |
| 2.9.1. | Mano de obra..... | 56 |
| 2.9.2. | Supervisión | 57 |
| 2.9.3. | Repuestos y accesorios..... | 57 |
| 2.10. | Áreas de atención de lavandería dentro del hospital | 57 |
| 2.10.1. | Hospital de día..... | 58 |
| 2.10.2. | Cirugía de adultos..... | 58 |
| 2.10.3. | Medicina interna | 58 |
| 2.10.4. | Maternidad..... | 59 |
| 2.10.5. | Sala de operaciones..... | 60 |
| 2.10.6. | Pediatría | 60 |
| 2.10.7. | Emergencia de adultos | 60 |
| 2.10.8. | Cuidados intensivos..... | 61 |
| 2.10.9. | Hogar temporal | 61 |
| 2.10.10. | Otros..... | 61 |
| 3. | EVALUACIÓN DE ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE VAPOR | 63 |
| 3.1. | Evaluación del sistema que transporta vapor | 63 |
| 3.1.1. | Comportamiento de los estados del vapor | 65 |
| 3.1.2. | Tubería | 66 |
| 3.1.3. | Elementos constitutivos de una red de distribución de vapor..... | 67 |
| 3.1.4. | Trampas de vapor..... | 67 |
| 3.1.5. | Presión | 68 |
| 3.1.6. | Pérdidas de carga..... | 70 |
| 3.1.7. | Accesorios de tubería..... | 70 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.1.8. | Perdidas energéticas..... | 72 |
| 3.1.9. | Parámetros de control | 72 |
| 3.2. | Mantenimiento de planchadora industrial de rodillos | 74 |
| 3.3. | Mantenimiento de las líneas del suministro de vapor..... | 75 |
| 3.4. | Mantenimiento de fuente generadora de vapor..... | 75 |
| 3.5. | Solicitudes de órdenes de trabajo para mantenimiento..... | 76 |
| 3.5.1. | Plan de mantenimiento..... | 77 |
| 3.5.2. | Solicitud de trabajo atendida | 77 |
| 3.5.3. | Solicitud de trabajo no atendida | 78 |
| 3.6. | Análisis calorífico | 78 |
| 3.6.1. | Perdidas de calor | 79 |
| 3.6.2. | Fugas | 79 |
| 3.6.3. | Aislamiento térmico | 80 |
| 3.6.4. | Costos asociados a pérdidas de energía térmica.... | 80 |
| 3.7. | Accidentes laborales | 80 |
| 3.7.1. | Señalización | 81 |
| 3.7.2. | Áreas de trabajo de alto riesgo..... | 82 |
| 3.7.3. | Equipo de protección personal..... | 82 |
| 3.8. | Bitácoras de mantenimiento..... | 83 |
| 3.8.1. | De líneas del suministro de vapor | 83 |
| 3.8.2. | De planchadora industrial de rodillos | 84 |
| 3.8.3. | Base de datos de mantenimiento | 84 |
| 3.9. | Solicitudes de compra | 85 |
| 3.9.1. | Repuestos y accesorios | 85 |
| 3.9.2. | Materiales..... | 86 |
| 3.9.3. | Mano de obra para el mantenimiento..... | 86 |
| 4. | DESARROLLO DE PROPUESTA PARA LA EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE VAPOR | 87 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 4.1. | Acciones para evaluar el sistema de suministro de vapor | 87 |
| 4.1.1. | Informar sobre plan de acción | 89 |
| 4.1.2. | Generalidades | 90 |
| 4.1.2.1. | Transporte de vapor | 90 |
| 4.1.2.2. | Distribución de vapor | 90 |
| 4.1.2.3. | Uso de vapor | 91 |
| 4.1.2.4. | Parámetros del vapor | 91 |
| 4.1.2.5. | Recuperación de condensado | 92 |
| 4.1.2.6. | Medición de eficiencia en el suministro de vapor | 92 |
| 4.1.2.7. | Consideraciones generales de usos finales de vapor | 93 |
| 4.1.2.8. | Gestión y control de mantenimientos... | 93 |
| 4.2. | Aportes del plan..... | 94 |
| 4.2.1. | Mejoras en comunicación asertiva..... | 95 |
| 4.2.2. | Mejoras en ambiente laboral..... | 95 |
| 4.2.3. | Disminución de riesgos..... | 96 |
| 4.2.4. | Señalización | 96 |
| 4.2.5. | Documentación de procesos | 97 |
| 4.2.6. | Digitalización de procesos | 98 |
| 4.2.6.1. | Solicitudes de órdenes de trabajo..... | 99 |
| 4.2.6.2. | Eficiencia en los procesos | 100 |
| 4.2.6.3. | Optimización de los procesos | 101 |
| 4.3. | Eficiencia térmica en el proceso de secado y planchado | 102 |
| 4.3.1. | Consumo térmico..... | 103 |
| 4.3.2. | Temperatura del vapor | 103 |
| 4.3.3. | Calidad del vapor..... | 104 |
| 4.3.4. | Entalpía y entropía del vapor..... | 104 |
| 4.3.5. | Manejo de vapor | 105 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 4.4. | Operación de planchadora industrial de rodillos | 105 |
| 4.5. | Ejecución del mantenimiento | 106 |
| 4.6. | Tiempo de vida útil de la maquinaria y equipo | 106 |
| 4.7. | Ergonomía..... | 107 |
| 4.7.1. | Diseño adecuado de las instalaciones | 107 |
| 4.7.2. | Condiciones ambientales correctas..... | 108 |
| 4.7.3. | Correcta selección del equipamiento | 108 |
| 4.7.4. | Diseño y organización de tareas | 109 |
| 4.8. | Costos | 109 |
| 4.8.1. | Costos por mantenimiento..... | 111 |
| 4.8.2. | Costos de operación | 111 |
| 4.8.3. | Costos de inventarios..... | 112 |
| 4.8.4. | <i>Stock</i> de repuestos..... | 112 |
| 5. | SEGUIMIENTO Y MEJORA..... | 113 |
| 5.1. | Resultados obtenidos..... | 113 |
| 5.2. | Interpretación de los datos | 114 |
| 5.3. | Aplicación de mejoras | 115 |
| 5.4. | Ventajas y beneficios | 116 |
| 5.5. | Acciones correctivas | 117 |
| 5.6. | Reuniones periódicas entre departamentos..... | 117 |
| | CONCLUSIONES..... | 119 |
| | RECOMENDACIONES | 121 |
| | REFERENCIAS | 123 |
| | APÉNDICE | 125 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-------------------|--|-----|
| Figura 1. | Fachada del Hospital Roosevelt 1953 | 3 |
| Figura 2. | Ubicación del Hospital Roosevelt | 7 |
| Figura 3. | Estructura orgánica del Hospital Roosevelt | 11 |
| Figura 4. | Servicios del área de Lavandería | 18 |
| Figura 5. | Balance de energía en un sistema cerrado | 25 |
| Figura 6. | Equipos necesarios para el suministro de vapor | 36 |
| Figura 7. | Ciclo de generación de vapor | 37 |
| Figura 8. | Diseño ideal para una línea de distribución | 42 |
| Figura 9. | Perdidas de presión en tubería por malas condiciones físicas | 69 |
| Figura 10. | Ventajas y beneficios de evaluar el sistema de producción de vapor..... | 116 |

TABLAS

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabla 1. | Memoria histórica y evolución del Hospital Roosevelt | 2 |
| Tabla 2. | Descripción del puesto de director ejecutivo..... | 12 |
| Tabla 3. | Descripción del puesto de director técnico | 14 |
| Tabla 4. | Descripción del puesto de gerente de mantenimiento | 15 |
| Tabla 5. | Escenarios frecuentes al aplicar la primera ley de la termodinámica..... | 21 |
| Tabla 6. | Clasificación de la entalpía según el fenómeno presente | 22 |
| Tabla 7. | Variables del mantenimiento aplicado a la planchadora del Hospital Roosevelt..... | 30 |

| | | |
|------------------|---|-----|
| Tabla 8. | Especificaciones técnicas de la caldera del Hospital Roosevelt... | 32 |
| Tabla 9. | Clasificación y descripción de los manómetros necesarios..... | 43 |
| Tabla 10. | Termómetros necesarios en la red de vapor | 44 |
| Tabla 11. | Código de colores de tuberías..... | 54 |
| Tabla 12. | Planilla del departamento de Mantenimiento..... | 56 |
| Tabla 13. | Información técnica de la caldera y la línea de vapor..... | 63 |
| Tabla 14. | Datos técnicos de los accesorios acoplados a la tubería | 71 |
| Tabla 15. | Equipos auxiliares para los parámetros de control | 73 |
| Tabla 16. | Ficha para documentar nuevos procesos..... | 97 |
| Tabla 17. | Formato de orden de trabajo | 99 |
| Tabla 18. | Costos de implementar las inspecciones y monitoreos diarios .. | 109 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|------------------------|-------------------------------------|
| A | Área |
| Cm | Centímetro |
| Gpa | Gigapascales |
| °C | Grados centígrados |
| Kg | Kilogramo |
| kV | Kilovoltio |
| kW | Kilowatt |
| MPa | Megapascales |
| m³ | Metro cúbico |
| m³/h | Metro cúbico por hora |
| m/s | Metro sobre segundo |
| mm | Milímetro |
| Nm | Newton-metro |
| O² | Oxígeno |
| Psi | Pies sobre segundo |
| % | Porcentaje |
| In | Pulgadas |
| rpm | Revoluciones por minuto |
| Fe | Símbolo del elemento químico hierro |
| ton | Tonelada |

GLOSARIO

| | |
|--------------------------|---|
| Auditoría técnica | Revisión efectuada por personal externo al fabricante, para asegurar el fiel cumplimiento de calidad asignadas en la instalación de equipos, maquinaria u otros elementos periféricos. |
| Auto inspección | Inspección efectuada por personal técnico calificado propio de la empresa, que evalúa periódicamente la aplicabilidad y efectividad de las buenas prácticas del montaje de la maquinaria. |
| Confiability | Probabilidad de que una parte de la maquinaria o equipo esté funcionando adecuadamente en un momento preciso y bajo circunstancias definidas. |
| Déficit | Cantidad faltante de los ingresos para que sean equilibrados con los gastos. |
| Desgaste | Partículas pequeñas de material producidas por el rozamiento de dos superficies de contacto. |
| Disponibilidad | Relación porcentual del tiempo en que una maquina está en condiciones apropiadas para desarrollar su labor. |

| | |
|--------------------|---|
| Eje | Elemento con geometría fundamentalmente asimétrica o cilíndrica que se emplea como soporte de piezas giratorias. |
| Estándares | Especificaciones acerca de cómo debe desarrollarse alguna tarea o función determinada, están basados en acuerdos entre una o más entidades. |
| Evaluación | Valoración de conocimientos, actitud y rendimiento de una persona o de un servicio. |
| Lubricación | Tarea con el fin de controlar el desgaste entre dos superficies. |
| Montaje | Acción de armar o ajustar las piezas o los elementos de un equipo, maquinaria o línea de producción. |
| Normativa | Norma o conjunto de normas por las que se regula o se rige determinada materia o actividad. |
| PLC | Controlador lógico programable, programa que maneja todos los movimientos de los mecanismos de un sistema. |
| psi | <i>Pound force per square inch.</i> |
| Sprocket | Dispositivo de transmisión de potencia generada por un motor y necesaria para el movimiento giratorio. |

Tolerancia

Diferencia dimensional entre un agujero y un eje.

RESUMEN

Debido a la no efectiva comunicación entre el departamento de Ingeniería con el departamento de Mantenimiento y el área de Lavandería no se consigue programar los mantenimientos correspondientes, ya sean correctivos o preventivos. En esa falta de comunicación se desencadenan problemas en las máquinas y en los elementos del sistema de suministro de vapor, siendo las más representativas fugas de vapor y los riesgos que éstas conllevan a su entorno. Estos sucesos ocurren constantemente, por lo que es de interés del hospital minimizarlos al máximo y con ello reducir costos, porque si existen fugas, hay un aumento del consumo de vapor, lesiones de gravedad al recurso humano y daños a los elementos de control.

Por ello es que la situación actual en la que se encuentra el sistema de suministro de vapor y planchadora industrial de rodillos amerita el análisis de los problemas relacionados con el plan de mantenimiento y al proceso de secado y planchado que corresponde a los operarios, por lo que, implementando la evaluación de los elementos de control, tubería, calidad del vapor, energía térmica, consumo de vapor, la eficiencia, entre otros.

Es necesario proponer y hacer énfasis en la mejora continua a través del seguimiento, control e interpretación de resultados obtenidos, por lo que se busca mejorar el proceso de secado por parte de los operarios, optimizar la energía térmica al consumir vapor, evitar accidentes, reducir costos, solucionar problemas alargando la vida útil de la máquina y de cada uno de los elementos instalados, con el fin de proveer un servicio de calidad.

La evaluación se realizará al sistema de suministro de vapor en el proceso de secado para optimizar la energía térmica en planchadora industrial de rodillos del Hospital Roosevelt de Guatemala. Siendo muy importante el aprovechamiento de los recursos asignados para efectuar la evaluación en el área de Lavandería debido a que actualmente existen pérdidas y fallas periódicas no comunes.

Identificando una de ellas, es por la falta de mantenimiento preventivo o correctivo a los elementos mecánicos, accesorios e instrumentación, asimismo a la tubería del sistema de suministro de vapor que se encuentra en la obsolescencia. Los puntos clave en dónde se realizará una evaluación de los elementos de control del sistema, que pueden medir caudal de vapor, presión dentro de un tramo de tubería, temperatura de vapor, entre otros, los cuales están en contacto directo con las tuberías y el vapor, por lo tanto, son elementos que con el tiempo se han deteriorado y desajustado, presentando significativas pérdidas en la eficiencia térmica, antes y durante el ingreso a la planchadora.

Así el Departamento de Mantenimiento alcance a intervenir en el momento preciso, ubicando los elementos correctos y aplicar el mantenimiento correspondiente, logrando así optimizar la energía térmica en el proceso de secado atendiendo el sistema de suministro de vapor para la planchadora industrial de rodillos del área de Lavandería.

OBJETIVOS

General

Evaluar el sistema de suministro de vapor en el proceso de secado para optimizar la energía térmica en planchadora industrial de rodillos del Hospital Roosevelt de Guatemala.

Específicos

1. Analizar el sistema de suministro del proceso de secado para determinar el estado actual de la red que transporta el vapor.
2. Identificar elementos de control instalados en las líneas de distribución para analizar su condición mecánica y eléctrica.
3. Inspeccionar pérdidas de vapor en tramos de tubería y en trampas termostáticas para garantizar la capacidad calorífica en el proceso de secado.
4. Clasificar la información de mantenimientos programados y no programados para implementar estrategias correctivas en los equipos que componen la red de distribución de vapor.
5. Delimitar los recursos al aplicar el mantenimiento para reducir costos de inventario y *stock* de repuestos.

6. Proponer la ergonomía en el proceso de secado y de los mantenimientos preestablecidos para mejorar la calidad en el área de Lavandería.
7. Estimar los costos por mantenimiento y de operación para invertir en mejoras del sistema de suministro de vapor.

INTRODUCCIÓN

El Hospital Roosevelt de Guatemala es un centro asistencial público que atiende a personas que habitan en la ciudad capital de Guatemala y en el resto del país, referidos desde los hospitales departamentales y regionales. También brinda atención a ciudadanos de otros países que residen o están de paso. Es uno de los dos más grandes del país junto al Hospital General San Juan de Dios.

Cuenta con alrededor de 2800 colaboradores entre personal médico, de enfermería, auxiliar, técnico, nutrición, trabajo social, atención al usuario, personal de seguridad, intendencia y administrativo. Se encuentra dentro del tercer nivel de atención dentro de la clasificación del ministerio de salud pública y asistencia social, que incluye hospitales y sanatorios.

Dicha institución cuenta con el área de Lavandería quien es la encargada de lavar sábanas, batas de trabajo, ropa de pacientes, compresas de algodón, entre otras prendas de vestir y uso médico para curaciones. Lavandería es un área que tiene máquinas que operan a base de vapor y la operación de las mismas dependerá de la calidad del vapor que se genere desde la fuente principal.

Actualmente se tienen lavadoras industriales, secadoras industriales y planchadoras industriales de rodillos, tomando en cuenta que todas éstas trabajan a base de vapor y agua caliente. La planchadora industrial de rodillos es una de las máquinas que más demanda tiene dentro del área de Lavandería y se evaluará el sistema de suministro de vapor con el fin de optimizar la energía térmica en el proceso de secado.

En primer capítulo se presentarán los antecedentes generales del Hospital Roosevelt de Guatemala, tal como sus inicios, información general, su ubicación, su misión, su visión y los valores. En el mismo capítulo se describirá el área de Lavandería, así como la explicación del recurso humano empleado y los servicios ofrecidos. Luego se desarrollará una fase teórica acerca de teoría térmica describiendo las generalidades de la termodinámica, las leyes de la termodinámica, el balance de energía, la eficiencia térmica y concluirá con la descripción teórica del mantenimiento y sus dos variables de mayor uso siendo esas el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correcto.

En el segundo capítulo se describe y se desarrolla la situación actual del sistema de suministro de vapor, se describirá la situación presente en la planchadora, el sistema de suministro de vapor y sus condiciones generales, también se incluye información sobre los componentes y los elementos que conforman la línea de vapor con sus tuberías, accesorios periféricos, equipos auxiliares y todos sus equipos complementarios. Dentro del mismo capítulo se incluyen las áreas de atención de lavandería dentro del hospital y los costos de mantenimiento.

En el tercer capítulo se desarrollará la evaluación del estado presente en el sistema de suministro de vapor con la evaluación del sistema que transporta vapor y sus componentes, se incluirá el tipo de mantenimiento a realizar en la planchadora industrial de rodillos, el mantenimiento de las líneas de suministro de vapor, el mantenimiento de fuente generadora de vapor, el formato a utilizar de las solicitudes de órdenes de trabajo para mantenimiento, el análisis calorífico, la tipificación, clasificación y generalidades sobre los accidentes laborales. En el mismo capítulo se incorporarán los formatos para implementar en las bitácoras de mantenimiento para las líneas de vapor, para concluir con el formato de las solicitudes de compra.

En el cuarto capítulo contiene el desarrollo de la propuesta para la eficiente evaluación del sistema de suministro de vapor con aquellas acciones necesarias para evaluar el sistema de suministro de vapor, con ello se adicionan los aportes del plan con las mejoras en comunicación, mejoras en ambientes laborales, disminución de riesgos y la digitalización de procesos. En el mismo capítulo se presentan las eficiencias térmicas propuestas en los procesos de secado y planchado, las operaciones de planchadora industrial de rodillos, el formato de ejecución del mantenimiento y los costos asociados al mantenimiento.

En el quinto capítulo se presentará el seguimiento y las mejoras esperadas para el mantenimiento eficiente del sistema de suministro de vapor, se generará una interpretación general acerca de los resultados obtenidos de los primeros cuatro capítulos, también se desarrollará una descripción final de los datos generados con los históricos de las técnicas de mantenimiento correctivo empleado versus las técnicas del mantenimiento preventivo propuesto. Se incluirán las ventajas y beneficios de mejorar las técnicas asociadas al mantenimiento preventivo y cuales sean las acciones correctivas que puedan ser eliminadas por desconocimiento del personal de mantenimiento, se concluye ese capítulo con las capacitaciones técnicas y administrativas.

1. ANTECEDENTES GENERALES DEL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA

1.1. Inicios del Hospital Roosevelt

Los inicios del Hospital Roosevelt se remontan hacia el año 1942, celebrándose en Río de Janeiro la III reunión de relaciones exteriores, donde participaron los ministros representantes de las repúblicas americanas. Con la reunión se marca un hito, aprobando la creación de la agencia de Gobierno de los Estados Unidos de Norte América denominada Instituto de Asuntos Interamericanos, proyectándose para fomentar bienestar general y fortalecer las relaciones amistosas entre los países americanos (Hospital Roosevelt, 2016).

Hacia el mes de agosto del año 1942 por medio del servicio cooperativo interamericano de Salud Pública y el Gobierno de Guatemala, fue celebrado el contrato donde se comprometen ambas partes para construir un hospital con capacidad inicial de trescientas camas que fuera localizado en la ciudad de Guatemala con aportación de medio millón de quetzales, respaldo técnico y administrativo que fuese necesario para desarrollar la construcción requerida (Hospital Roosevelt, 2016).

La construcción del Hospital Roosevelt dio inicio a finales del año 1944, la mayoría de constructores, responsables administrativos y equipo colaborador como encargados del proyecto fueron de nacionalidad guatemalteca, con los cambios políticos y sociales que se presentaron en el año 1945, se suscribe un nuevo convenio donde participa la Junta Revolucionaria del Gobierno y el Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública que contiene la expansión

en adquisición de mil camas, considerando la expansión demográfica y habitacional para ese entonces, además, se apertura la Escuela de Enfermeras con sus requisitos administrativos y legales indispensables (Hospital Roosevelt, 2016).

Tabla 1.

Memoria histórica y evolución del Hospital Roosevelt

| Año | Acontecimiento |
|------------|--|
| 1944 | Se diseña el nombre del hospital en honor al presidente estadounidense Franklin Delano Roosevelt, por el apoyo recibido por su gobierno para la construcción. Se da inicio a las primeras construcciones, la obra fue responsabilidad del ingeniero Héctor Quezada. |
| 1955 | Concluye la construcción, el Gobierno de Guatemala desembolsó un total de Q 7,260,166.33, se contó con el apoyo total por el Gobierno de los Estados Unidos de Q 1,000,000.00. La construcción total según registros totalizó Q 8,282,831.33. |
| 1957 | El acceso a la salud es presentado como un Derecho prioritario para el Gobierno de Carlos Castillo Armas. |
| 1962 | Se presentó la adquisición y incorporación de nueva tecnología con nuevos equipos, fue inaugurado el laboratorio de radioisótopos, la adquisición de dicho equipo fue a los Estados Unidos por medio de la gestión de la comisión de energía nuclear, el valor de adquisición fue de Q 45,000.00. |
| 1964 | Se presentan diferentes sucesos trascendentes, para ese año el laboratorio del Hospital Roosevelt prepara la demostración del funcionamiento de un riñón artificial, siendo el único existente en Centroamérica, esa demostración serviría para proponer el tratamiento de envenenamiento y trastornos severos en los riñones. Es inaugurado el XV simposio de medicina forense. |
| 1968 | Es introducida la clínica para el niño sano, siendo esta un anexo al departamento de Pediatría. Esta fue una de sus principales y mayores innovaciones. Su capacidad de atención era de 35 y 40 niños por cada día, a las madres se les instruía en cuidados preventivos. |
| 1969 | La primera Dama Sara de Méndez Montenegro realiza la entrega de un pulmón artificial, cinco incubadoras y una máquina lavadora de pачas que sería destinada al uso en el laboratorio de leche, con mayor cuidado hacia los bebés prematuros recién nacidos. |

Nota. Los acontecimientos registrados desde 1944 hasta 1969 marcan el inicio y progreso funcional del Hospital Roosevelt. Obtenido de Hospital Roosevelt (2016). *Inicios del Hospital Roosevelt*. (<https://hospitalroosevelt.gob.gt/historia/>), consultado el 13 de septiembre de 2021. De dominio público.

Figura 1.

Fachada del Hospital Roosevelt 1953



Nota. La imagen fue recuperada de una base de datos histórica que explicaba los inicios del Hospital Roosevelt, en ese tiempo se apreciaba mejor urbanización, orden y arquitectura moderna para su época. Obtenido de Hemeroteca PL (2017). *1955: comienza a funcionar el entonces resplandeciente Hospital Roosevelt.* (<https://www.prensalibre.com/hemeroteca/el-resplandeciente-hospital-roosevelt/>), consultado el 22 de diciembre de 2021. De dominio público.

Para finales del año 2022 cuando se realizaron diferentes visitas al hospital se evidenció que presenta descuidos, falta de inversión y poca participación por recuperar la obra arquitectónica con funcionamiento y atención de calidad moderna a los pacientes necesitados de sus servicios. Se presenta alta demanda diariamente en los diferentes servicios que pueden ser otorgados, el problema constante es la falta de insumos, falta de productos descartable, falta de medicamentos y otro tipo de desabastecimientos.

1.2. Información general

La explosión demográfica y crecimiento poblacional hace del Hospital Roosevelt uno de los recursos dispensables diariamente, el acceso a servicios médicos privados es una opción que no todos pueden tener en Guatemala, por lo cual es sobre exigido en capacidad física, en medicina preventiva y en recurso profesional para satisfacer esa demanda.

El Hospital Roosevelt diariamente recibe pacientes para todos sus servicios, estas tareas se dividen en emergencias para niños, emergencias de adultos, consulta general, servicio de ginecología, enfermedades comunes, área de Trauma, área de Intensivo, encamamiento de adultos, encamamiento de niños, área de Quemaduras y servicios de Rayos X.

Por todos esos servicios se incrementan sus tareas y exigencias hacia el personal que labora constantemente, otro factor que es demandado constantemente y sobre exigido es sobre su red interna eléctrica, red de vapor, abastecimiento de ropa, abastecimiento de alimentos, concluyendo son los servicios de respaldo de seguridad interna.

Su personal se conforma por personal médico, personal de enfermería, auxiliares de enfermería, técnicos, personal de nutrición, trabajo social, atención al usuario, personal de seguridad privada, junta directiva y personal administrativo, para prestar sus servicios el hospital se esfuerza por disponer de 1450 camas para las personas necesitadas de este tipo de servicios gratuitos sin pago o remuneraciones de honorarios hacia los profesionales, el servicio de cama también es gratuito. Para la red nacional de salud y de atención integral hacia los guatemaltecos, es un pilar el sostenimiento de dicho centro asistencial, con el colapso del mismo, miles de personas pueden ser afectadas.

En enero 1942 se celebró en Río de Janeiro la III Reunión de los Ministros de Relaciones Exteriores de las Repúblicas Americanas. Aprobado por dicha reunión, por medio de la resolución núm. 30, se creó la Agencia del Gobierno de los Estados Unidos de Norte América denominada Instituto de Asuntos Interamericanos, con el objetivo primordial de fomentar el bienestar general y afianzar las relaciones amistosas entre los países americanos.

El instituto de Asuntos Interamericanos celebró el 14 de agosto de 1942 con el Gobierno de Guatemala por medio de la subsidiaria el Servicio Cooperativo Interamericano de la Salud Pública (SCISP), un contrato por el cual además de comprometerse a ejecutar otros trabajos de salud y saneamiento, se comprometía a construir un hospital de trescientas camas en la ciudad de Guatemala, aportando la suma de medio millón de quetzales, y toda la parte técnica y administrativa que necesitara tal construcción.

De esta manera se escogió el lugar adecuado para construir el nuevo hospital. El proyecto se ubicó en los terrenos de la antigua finca La Esperanza, lo que ahora es la zona 11 de esta ciudad capital y se inicia el proyecto.

Todos unidos, técnicos americanos, constructores y mano de obra guatemalteca se conjugaron para sacar adelante la obra. La construcción del Hospital Roosevelt se inició a finales del año 1944, siendo de nacionalidad guatemalteca los constructores y encargados del proyecto, el Ingeniero Héctor Quezada.

En agosto de 1945 hubo importantes cambios políticos en Guatemala. La nueva Junta Revolucionaria de Gobierno suscribe con el Servicio Cooperativo Interamericano de la Salud Pública (SCISP) un nuevo convenio, por medio del cual el cupo del Hospital Roosevelt, se elevó a mil camas, considerando las

necesidades hospitalarias del país. Y además se da un paso importante en el sistema de salud como lo es el edificar una Escuela de Enfermeras con todos los requisitos indispensables.

El Hospital Roosevelt contaba con un edificio principal de cuatro pisos, edificios anexos para maternidad y pediatría, edificios para mantenimiento, lavandería, transporte y amplio parqueo.

El 3 de enero de 1955 se da a conocer al público el costo total de la construcción del Hospital Roosevelt y el equipamiento: Q 8,282,831.33. De los cuales el Gobierno de Guatemala aportó Q7,260,166.3 equivalente al 87.65 % del monto total. El Gobierno de los Estados Unidos había aportado un millón (Q.1,000,000) lo que equivale el 12.07 %; mientras que otras entidades aportaron Q 22,664 que equivale al restante 0.28 %.

El 15 de diciembre de 1955 fue inaugurada oficialmente la primera sección concluida de esta magna obra; la Maternidad del Hospital Roosevelt, con una capacidad 150 camas.

La siguiente obra inaugurada fue pediatría, el 3 de julio de 1957, siguiendo todas las secciones de este, luego en 1977 queda inaugurados Hospital de Día y la Unidad de Cirugía Cardiovascular.

El director ejecutivo del hospital (año 2022), es el doctor Carlos Enrique Soto Menegazzo, este junto al doctor Marco Antonio Barrientos y la doctora Marta Julia López, son los que llevan las riendas de este centro de asistencia social, uno de los hospitales más grandes del país junto con el Hospital General San Juan de Dios.

1.2.1. Ubicación

Para acceder al hospital se debe ingresar por la 6ta avenida y Calzada Roosevelt de la zona 11. Su ubicación estará entre la 8va calle hasta dicha calzada y entre la 5ta avenida hasta la 9na avenida.

Figura 2.

Ubicación del Hospital Roosevelt



Nota. El círculo de color amarillo muestra las instalaciones generales del Hospital Roosevelt, a nivel Guatemala es considerado como uno de los más grandes centros hospitalarios. Obtenido de Google Maps (s.f.). *ubicación en tiempo real del Hospital Roosevelt.* (<https://www.google.com/maps/@14.611166,-90.5415064,16.25z>), consultado el 3 de mayo de 2022. De dominio público.

En las proximidades del hospital se encuentra el INCAN, los campos del Roosevelt, la unidad de cirugía cardiovascular y el mercado El Guarda. Sobre la 5ta avenida se reciben emergencias de quemaduras en niños menores de 12 años.

1.2.2. Misión

Brindar servicios hospitalarios y médicos especializados de encamamiento y de emergencia, de acuerdo a las necesidades de cada paciente, en el momento oportuno y con calidad, brindando un trato cálido y humanizado a la población. Ofrecer a estudiantes de ciencias de la Salud, los conocimientos, habilidades y herramientas necesarias para formarlos como profesionales especialistas, en la rama de la salud, en respuesta a las demandas de los tiempos modernos. (Hospital Roosevelt, 2016, párr. 2)

1.2.3. Visión

“Ser el principal hospital de referencia nacional del sistema de salud pública del país, brindando atención médica y hospitalaria especializada, con enfoque multiétnico y culturalmente adaptado” (Hospital Roosevelt, 2016, párr. 1).

1.2.4. Valores

Para los más de tres mil colaboradores la institución se basa en los siguientes valores.

- Puntualidad
- Honestidad
- Integridad
- Equidad
- Justicia

1.3. Tipo de organización

Esa institución es dirigida por la Dirección Ejecutiva, se apoya y fortalece con otras dos áreas administrativas, una de ellas es Junta Directiva del cuerpo médico y las Universidades. La dirección Ejecutiva es dirigida por el Dr. Alejandro Toledo Paz, apoyado o subdividido por el Consejo Directivo, Consejo Consultivo, Consejo Administrativo, Comité de Proyectos, Comité de Gestión de riesgos, mesa de diálogo, departamento de Supervisión Interna, patronato de asistencia social, gestión de calidad, unidad de gestión de servicios, departamento de Comunicación Social y Atención al Usuario.

La distribución jerárquica se establece por niveles, el organigrama es vertical, en su nivel superior se encuentran los altos mandos, jefaturas y personal de Junta directiva, en ese nivel superior se visualiza con representación horizontal Gerencia financiera, recursos humanos, unidad de mantenimiento y la sub dirección de enfermería, estas unidades u oficinas administrativas tienen bajo su cargo otros departamentos y personal que ejecutara sus funciones constantemente con la debida supervisión.

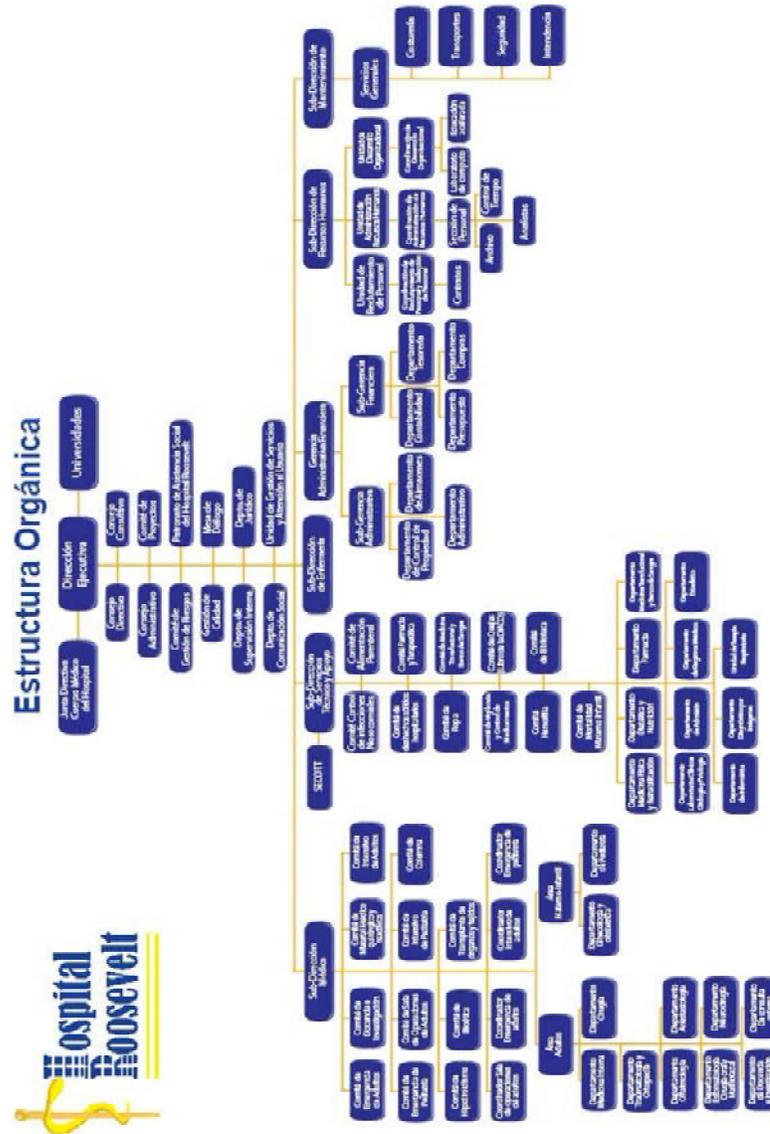
La sub dirección de servicios técnicos delega autoridad sobre algunos comités, el desarrollo de estos comités fue para apoyar de forma técnica a dirección general, las unidades asignadas en forma vertical descendente son: alimentación parenteral, control de quejas, departamento de Medicina Física, departamento de Rehabilitación, departamento de Desechos Sólidos Hospitalarios, oficina de nutrición, banco de sangre, control y oficina de administración, registros médicos, entre otros. El hospital demuestra tener diversidad de oficinas administrativas, áreas técnicas, personal asignado y compromisos de atención constante.

1.3.1. Organigrama institucional

En la parte superior se posicionan las altas autoridades y el traslado de mando y jerarquía es descendente.

Figura 3.

Estructura orgánica del Hospital Roosevelt



Nota. Por su alto volumen de puestos, cargos y áreas de trabajo el organigrama puede exceder su presentación visual. Consultado en el Departamento de Recursos Humanos del Hospital Roosevelt. Obtenido de Hospital Roosevelt (2016). *Inicios del Hospital Roosevelt*. (<https://hospitalroosevelt.gob.gt/historia/>), consultado el 13 de septiembre de 2021. De dominio público.

1.3.2. Descripción de puestos

La lista de los puestos dentro del organigrama de la institución es extensa, para desarrollo técnico se plantean los cargos y puestos relevantes, no se descartan los demás puestos por no aportar relevancia, se descartan por no ser causa prioritaria de estudio para el problema planteado.

1.3.2.1. Director ejecutivo

Sus atributos, alcances, funciones y responsabilidades son establecidas por el Gobierno central, diferentes tareas son asignadas, esencialmente la dirección efectiva del personal y los recursos asignados.

Tabla 2.

Descripción del puesto de director ejecutivo

| Área de desempeño | Descripción del alcance esperado |
|---|--|
| Representación ante el Ministerio de Salud Pública. | Posee la discrecionalidad suficiente para resolver y dar seguimiento a los trámites ordinarios fundamentados en las leyes guatemaltecas. |
| Monitoreo | Velar por que se permanezca el flujo de insumos necesarios hacia las unidades organizativas que conforman el hospital, para alcanzar el cumplimiento de sus funciones y objetivos. |
| | Hacer valer el estricto cumplimiento de las leyes y reglamentos que rigen la creación y funcionalidad del hospital. |
| | Velar por que se ejecuten las funciones asignadas hacia las diferentes unidades del organigrama con la finalidad de fortalecer la organización. |

Continuación de la Tabla 2.

| Área de desempeño | Descripción del alcance esperado |
|--------------------------|---|
| Cumplimiento | <p>Deberá coordinar las actividades relacionadas a su dependencia hospitalaria, sin excepción de ser ordenamiento médico o en materia administrativa.</p> <p>Hacer que se obtenga el cumplimiento de las disposiciones internas y las dictadas por las autoridades superiores en competitividad hacia el adecuado funcionamiento del hospital.</p> <p>Revisión, coordinación y aprobación de elaboración de informes, esquemas de análisis, estudios que deberían ser presentados hacia las autoridades del Ministerio de Salud pública y asistencia social o cualquier otra autoridad superior ante el sector público o parte del sector privado.</p> <p>Supervisión del manejo de fondos, ingresos y egresos sobre las disponibilidades del hospital con su organización para el correcto funcionamiento, velar porque la ejecución anual presupuestaria se pueda realizar de acuerdo a las proyecciones y planificación establecida.</p> |
| Diseño | <p>Deberá proponer y diseñar reformas necesarias o reformas adecuadas hacia los reglamentos internos y pliegos de normativos ya constituidos.</p> |

Nota. La descripción del puesto de director ejecutivo se basa en la dirección, diseño de estrategias, aprovechamiento del recurso humano asignado a su cargo y garantizar que los pacientes del hospital reciban un trato humano y digno. Elaboración propia, realizado con Excel.

1.3.2.2. Director técnico

Esa representación es exigida con mayor demanda, su alcance y participación dentro del organigrama plantea compromiso constante, su dominio y control puede ser extendido a diferentes áreas administrativas, el personal a su cargo deberá fortalecer y respaldar cada decisión adquirida en su representación. Las mejoras o propuestas técnicas serán presentadas al Director Ejecutivo, cada decisión deberá ser evaluada por los representantes indicados del Gobierno de Guatemala o en Junta de Ministros.

Tabla 3.*Descripción del puesto de director técnico*

| Área de desempeño | Descripción del alcance esperado |
|-------------------------------|--|
| Representación ante el MSPAS. | Planeación, dirección y control sobre la capacidad operativa del Hospital Roosevelt. |
| Monitoreo | <p>Deberá supervisar el alcance académico y técnico de los profesionales, técnicos y auxiliares, que en conjunto forman la fuerza de trabajo en prevención apoyo y contingencia médica para satisfacer las necesidades de los pacientes que llegan a las instalaciones. Creará los mecanismos necesarios para evaluar las capacidades operacionales de la cartera de servicios propuesta por el hospital.</p> <p>Supervisará el ingreso de datos generados en el sistema de información del hospital, se incluyen los datos financieros, rotación de materiales o insumos, valoración del estado operacional de equipos auxiliares físicos y equipos de respaldo cuando se presenta la caída energética. Analizará y tomará decisiones sobre los acontecimientos que destaquen en su jornada de trabajo, enviará sus reportes al Director Ejecutivo.</p> <p>Supervisará las tareas asignadas y realizadas por el conjunto de profesionales técnicos y auxiliares, solucionará los diferentes conflictos en temas de movimientos de activos, recursos materiales y los mantenimientos asignados hacia la planta física, deberá incorporar y adecuar las medidas preventivas necesarias.</p> |
| Cumplimiento | <p>Deberá ejecutar, coordinar y dirigir las operaciones relacionadas a las compras directas que no son estipuladas en la ley de contrataciones del Estado. Facturar y emitir solicitudes de pago a proveedores.</p> <p>Deberá tener el desarrollo de la capacidad de conocer cada una de las necesidades y requerimientos de sus diferentes departamentos asignados a su cargo, deberá emitir las medidas necesarias para ejecutar su debido cumplimiento.</p> |
| Diseño | Podrá designar y distribuir el personal a su cargo por tareas, puestos o tareas competentes según el rango de contratación. |

Nota. El Director Técnico posee tareas adicionales y suplementarias relacionadas a la administración del hospital. Elaboración propia, realizado con Excel.

1.3.2.3. Gerente de mantenimiento

El gerente asignado a garantizar el continuo mantenimiento de la infraestructura, soporte de la red eléctrica, funcionamiento de los equipos, manejo y control de inventarios de repuestos para equipos mecánicos y

eléctricos, deberá otorgar el control y manejo de las situaciones que se presentan sin aviso, cuando se presentan fallas inesperadas deberá asignar el personal calificado para la solución de esos problemas y continuar prestando los servicios preventivos o curativos a los visitantes de las instalaciones.

Tabla 4.

Descripción del puesto de gerente de mantenimiento

| Área de desempeño | Descripción del alcance esperado |
|--------------------------|--|
| Servicios generales | Su enfoque se basa en monitorear, respaldar y garantizar la continuidad en los servicios que ofrece el hospital, fortaleciendo las tareas de prevención en las sub áreas de seguridad, transporte, cuarto de máquinas, lavandería, planta telefónica y limpieza en general. |
| Área eléctrica | Su responsabilidad es garantizar que se planifique, aplique y ejecute el mantenimiento preventivo en la red eléctrica, el adecuado control y reparaciones en los equipos médicos. Las sub áreas de incidencia son las asignadas al cuidado del equipo de Rayos x, ventiladores pulmonares, monitores de signos vitales, máquinas de anestesia, y otros equipos digitales. |
| Área mecánica | La función y rol de supervisión, monitoreo y su planeación estratégica radica en el manejo óptimo de los recursos de los componentes mecánicos que posee el hospital, delegar responsabilidades a los mecánicos y supervisores de calidad para monitorear o reparar las tuberías de vapor, calderas, velar por el adecuado abastecimiento de bunker, la continuidad de operación de los equipos de aires acondicionados, garantizar que los cuartos fríos no colapsen, así como los refrigeradores, esterilizadores y mesas quirúrgicas. |
| Área civil | Las áreas de interés y responsabilidades se centran en otorgar a toda la red del hospital la continuidad y abastecimiento total en las tuberías de agua potable, tuberías de drenajes, tuberías residuales, cerrajería, herrería, pintura, carpintería y construcción cuando sea necesario. |

Nota. El Gerente de Mantenimiento tiene bajo su responsabilidad a mecánicos, supervisores y personal de limpieza, todos ellos deberán garantizar que las instalaciones, equipos e infraestructura en el hospital funcione de forma eficiente todos los días. Elaboración propia, realizado con Excel.

1.4. Descripción del área de Lavandería

Ese departamento es el encargado de realizar las tareas de lavado, planchado y suministrar la ropa limpia a los pacientes que se encuentran encamados en todos sus servicios y también al personal que labora dentro del hospital, se establece que la ropa de cama y ropa de los pacientes se cambie todos los días, la lavandería separa la ropa por servicios, los servicios son las áreas de encamamiento.

El área de Lavandería cumple con prestación de ropa limpia a los servicios de pediatría, maternidad, emergencia de maternidad, emergencia de adultos, unidad de oncología pediátrica, unidad de cardiología, unidad de intensivo, cirugía de adultos mayores.

En la mayoría de los procesos que se realizan en el área de Lavandería existe el riesgo latente hacia la contaminación biológica, por la manipulación de la ropa hospitalaria que podría estar contaminada por enfermedades infecto contagiosas. Este tipo de riesgo biológico podría ser considerado un problema común por exposición laboral al posible contacto con virus, los virus podrán estar presentes o expuestos en las ropas de cama o ropa de los pacientes por el intercambio de fluidos corporales contaminados.

El proceso de lavado es realizado sin separar ropa por tallas o medidas, también se incorpora la ropa de cama, la variación se presenta en la dosificación de detergentes y químicos agregados para la ropa contaminada. El hospital posee dos lavadoras con capacidad máxima de 400 libras y otras tres lavadoras de 100 libras cada una, a este nivel es clasificado como lavadoras industriales, se encuentran acomodadas en línea.

En las lavadoras de mayor capacidad de volumen son lavadas las sábanas y ponchos, en las lavadoras de menor capacidad es trabajada la ropa de menor peso y menor volumen, ese tipo de ropa son los pantalones y camisas, dentro de su inventario se encuentran pijamas, las tallas son grandes o pequeñas, no se poseen más tallas de esas para evitar trabajo en selección entre todas las tallas disponibles.

En al área de Lavandería se encuentran las fases de recepción, en la parte frontal se reciben las cargas de ropa en contenedores tipo carretones, estos son ubicados para irlos vaciando y seleccionando la ropa de cama o ropa de pacientes, luego esa ropa es colocada en las lavadoras, luego pasa a secado en las secadoras, luego pasa a planchado y luego serán acondicionadas en otros carretones para su debido despacho.

1.4.1. Mano de obra

Se dispone de 5 colaboradores, ellos realizan las tareas de separación de ropa de cama o ropa para pacientes cuando es recepcionado por una persona responsable de esa actividad, se dispone de dos turnos, esto es por el alto flujo de ropa y por la cantidad de pacientes atendidos.

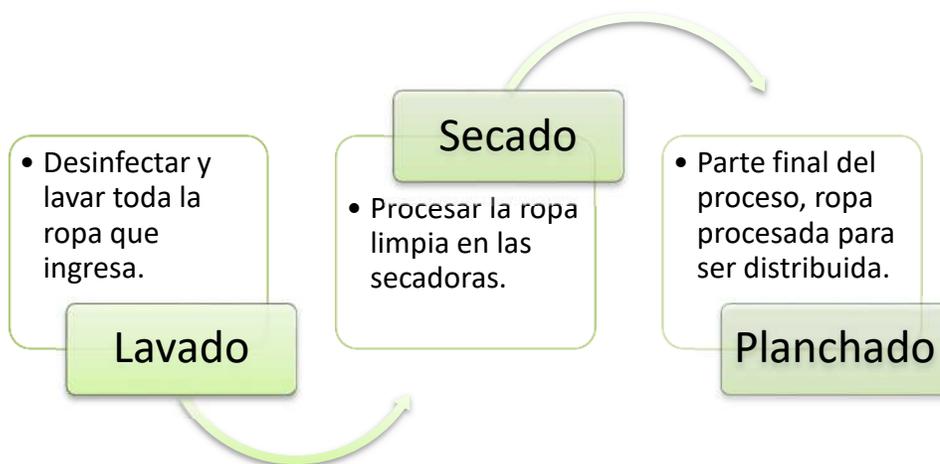
El primer turno ingresa a las 5 de la mañana, procesando aproximadamente 1,500 libras de ropa, desde el lavado hasta el planchado, el segundo turno ingresa a las 4 de la tarde para las 10 de la noche, ese turno solamente se conforma por 3 colaboradores, procesarán un aproximado de 500 libras, y si es necesario dejarán cargadas las lavadoras para el turno siguiente.

1.4.2. Servicios ofrecidos

Son tres los servicios que presta el área de Lavandería.

Figura 4.

Servicios del área de Lavandería



Nota. Los servicios ofrecidos en el área de Lavandería son: lavado, secado y planchado. Esos tres servicios se ejecutan organizadamente y de forma secuencial para no retrasar la producción de ropa limpia. Elaboración propia, realizado con Word.

1.5. Teoría térmica

Los equipos empleados en el área de Lavandería necesitan vapor concentrado seco con elevados grados de temperatura, este tipo de acción se emplea para ser tratada la ropa que será desinfectada. El vapor es generado en una caldera, esta caldera traslada el vapor por tuberías acondicionadas hacia estos equipos, la concentración de vapor en las secadoras permite que las bacterias sean desintegradas, de esta forma se obtiene un proceso eficiente sin

emplear concentraciones o dosificaciones de químicos que luego podrían ser vertidos en las tuberías de aguas negras.

Otros usos del vapor generado, es para los rodillos de planchado, siendo otra etapa del proceso de limpieza, garantizando casi en un 99 % que la ropa estará descontaminada evitando contaminación cruzada del futuro paciente que empleará la ropa de cama y la ropa de estar en el hospital. La cocina utiliza este vapor para desinfectar los platos y cubiertos con los cuales comen los pacientes, algunos alimentos también son tratados para su desinfección y tratamiento microbiológico.

La energía térmica es liberada en forma de calor se puede emplear el ciclo Rankine con recalentado, este tipo de acción provee eficiencias térmicas, menor uso de combustibles y el aprovechamiento del agua. El cuarto de máquinas posee los equipos auxiliares necesarios para garantizar la circulación y retorno de las fracciones de vapor que no fueron aprovechados, pueden encontrarse pérdidas al ambiente, pero estas pérdidas están en los equipos que emplean el vapor condensado, la tubería está recubierta para evitar pérdidas de transferencia de calor, la caldera trabaja de lunes a viernes, no es apagada o puesta en reposo, arrancar de nuevo la caldera genera tiempo, costos y alto consumo de *bunker*.

1.5.1. Termodinámica

Dentro de las áreas de la física está situada la termodinámica, esta ciencia se enfoca y especializa en estudiar las acciones mecánicas relacionadas al calor y otras formas semejantes de energía. El interés de la termodinámica gira en torno a los diferentes estados de la energía (Cengel, 1996), con la transformación del agua en sus diferentes estados dentro de un ciclo adecuado, esos estados

podrían ser de entropía, conocida como la energía interna o el volumen, otras variables de interés como la temperatura, la presión y el potencial químico.

La termodinámica no representa el estudio y la interpretación sobre las magnitudes de interés que estudia, sus hipótesis se centran en estudiar y analizar los sistemas generados por cambios de temperatura y presión al cual es sometida una porción de agua, el potencial de análisis para la termodinámica es indagar más sobre los estados de equilibrios, aquellas características que pueden ser determinables por sus elementos internos y no por las fuerzas externas que pueden estar actuando sobre ellos. Por esa razón la teoría fundamental de la termodinámica considera que la energía solo podría ser intercambiada de un sistema a otro transformada en calor o en trabajo.

El sistema termodinámico aísla conceptualmente los conocimientos sobre áreas de la física que pueden estudiar los objetos y su transformación en función del tiempo. Para su análisis profundo la termodinámica enfoca su estudio en los modos que la energía puede ir cambiando o podría preservarse sin mostrar transformación alguna, otro aspecto considerable es poder estudiar los intercambios de materia y energía que se presentan con su entorno o con otros sistemas semejantes.

Además de su clasificación de los sistemas según la termodinámica, se apoya en tres leyes o principios, donde su enfoque progresivo es poder analizar los estados de la energía, de esa forma se obtiene la base teórica que podría ser empleada en diversas áreas de interés o de estudios.

1.5.2. Primera ley de la termodinámica

La primera ley de la termodinámica incorpora el principio de conservación de energía a los sistemas donde se efectúa transferencia de calor y se hace realiza algún tipo de trabajo, esos métodos de intercambio de energía que pueden realizarse dentro y fuera de un sistema. Para eso la primera ley establece que ese cambio en la energía interna del sistema ΔU , es igual al calor neto que se le transfiere Q y la sumatoria del trabajo que se realiza sobre el W .

Ecuación I

$$\Delta U = Q + W$$

La fórmula ΔU representa el cambio realizado en la energía interna U del sistema en estudio, Q representa el calor neto que ha sido transferido hacia el sistema, W representa el trabajo neto que fue realizado sobre el sistema. Por lo cual el calor Q positivo y el trabajo W positivo proveen energía en sistema. Dicho eso, la primera ley de la termodinámica establece que se puede incrementar la energía interna de un sistema al calentarlo o al ejercer trabajo sobre él.

Tabla 5.

Escenarios frecuentes al aplicar la primera ley de la termodinámica

| ΔU | Q (calor) | W (trabajo hecho sobre el sistema) |
|--|---|------------------------------------|
| Será + si la temperatura T incrementa. | Será + si al sistema se le inyecta calor. | Será + si el gas es comprimido. |
| Será – si la temperatura T disminuye. | Será – si el sistema intercambia calor. | Será – si el gas se expande. |

Continuación de la Tabla 5.

| ΔU | Q (calor) | W (trabajo hecho sobre el sistema) |
|--|--|---|
| Será 0 si la temperatura T es constante. | Será 0 si no existe intercambio calor. | Será 0 si el volumen no presenta variaciones, se permanece constante. |

Nota. Los escenarios que se incluyen en la tabla 5 son hipotéticos y teóricos, ya en la práctica el área de Lavandería puede experimentar con distintos escenarios más. Elaboración propia, realizado con Excel.

1.5.3. Entalpía

Se reconoce así a la cantidad de energía que intercambia un sistema termodinámico con su medio ambiente en condiciones controladas y de presión constante, se entiende también como la cantidad de energía que un sistema libera o absorbe hacia su entorno en diferentes procesos donde la presión no sufre cambios. La entalpía se representa con la letra H y su unidad de medida es en J (julios).

Tabla 6.

Clasificación de la entalpía según el fenómeno presente

| Fenómeno de interés | Tipo de entalpía | Descripción |
|--------------------------------|------------------|---|
| Entalpía en fenómenos químicos | De formación | Cantidad de energía requerida para lograr formar un mol de un compuesto a partir de cada elemento constitutivo bajo rangos específicos de presión y temperatura estándares, esto se da bajo 1 atmósfera y 25 °C |

Continuación de la Tabla 6.

| Fenómeno de interés | Tipo de entalpía | Descripción |
|--------------------------------|-------------------------|--|
| Entalpía en fenómenos químicos | De descomposición | Este fenómeno se presenta a la inversa de formación. Acá se representa la cantidad de energía absorbida o que fue liberada cuando alguna sustancia compleja se transforma en sustancias simples. |
| | De combustión | Se reconoce el tipo de energía que puede ser liberada o que puede ser absorbida al quemar 1 mol de alguna sustancia, pero en presencia de oxígeno gaseoso. |
| | De neutralización | Acá la energía que ha sido liberada o absorbida se presenta cuando en la una mezcla de bases y ácidos se neutralizan recíprocamente. |
| Entalpía de fenómenos físicos | De cambio de fase | El fenómeno se presenta con la absorción o liberación de energía luego de que 1 mol de sustancia se transforma de un estado de agregación hacia otro, cuando un gas se transforma a sólido o en líquido. Así, la entalpía se subdivide en vaporización, solidificación y fusión. |
| | De disolución | Se presenta con la mezcla de un solvente y un soluto, puede ser en dos fases: hidratación (libera energía) y reticular (absorbe energía) |

Nota. La tabla muestra la clasificación de la entalpía según los fenómenos presentes por descomposición, combustión, neutralización, cambio de fase y disolución. Elaboración propia, realizado con Excel.

1.5.4. Segunda ley de la termodinámica

Para el segundo principio de la termodinámica es posible determinar si todo el trabajo mecánico puede ser transformado en calor, o todo el calor puede

llegar a ser transformado en trabajo mecánico. La segunda ley propone que no puede dejar de ser viable la extracción de calor de un foco frío hacia otro más caliente, solamente trata de exponer que dicho proceso nunca podrá llegar a ser espontáneo.

La segunda ley fundamenta que, en general, la entropía total sobre cualquier sistema de análisis no podrá disminuir más que incrementando la entropía de algún otro sistema. Siendo así, en cualquier sistema de tipo aislado de su entorno, la entropía de ese propio sistema tenderá a no disminuir. Por tal razón, ese calor no podrá fluir de un cuerpo de menor temperatura hacia un cuerpo con mayor temperatura sin aplicar trabajo al cuerpo de menor temperatura.

Esto recrea la deducción sobre una posible reducción en el incremento de entropía sobre un proceso específico, podría considerarse una reacción química, por ejemplo, significando que sería energéticamente eficiente. Esta segunda Ley se limita hacia los sistemas que se encuentran cerca del proceso o en estado de equilibrio. Ese tipo de restricción en un debido proceso que puede o no ocurrir en la naturaleza se manifiesta en casi todos los procesos espontáneos o de forma natural.

Parte de ese concepto es visto a diario, por ejemplo, un gas que permanece comprimido tenderá a expandirse, la transferencia de calor por regla general sucederá desde el cuerpo caliente hacia el cuerpo frío o el más común en la vida cotidiana, el funcionamiento de un equipo de aire acondicionado.

La segunda Ley se rige sobre el Teorema de Carnot, el cual postula que ninguna máquina de condiciones térmica que se encuentra operando en ciclos entre dos moldes térmicos dados, tendrá alguna deficiencia mayor que la de una

máquina de tipo reversible operando entre los mismos moldes. La pieza clave de esta ley es que debe estar incluida una máquina térmica, de lo contrario no aplica el principio y el funcionamiento.

Las máquinas térmicas pueden definirse como los sistemas que realizan la transformación de calor en trabajo. Se puede mencionar algunas de ellas que destacaron en el transcurso del tiempo por su eficiencia y utilidad; máquina de vapor, motor de combustión interna de un vehículo, el refrigerador de una casa, este último ejemplo es una máquina térmica funcionando en sentido inverso.

1.5.5. Balances de energía

Las cantidades presentes de calor y las cantidades presentes de trabajo son cantidades absolutas, la sumatoria de todas sus entradas y salidas (Q y w), no importará si el signo es contrario.

Figura 5.

Balance de energía en un sistema cerrado



Nota. El balance de energía responde a un modelo equilibrado y eficiente donde se reducen las pérdidas respecto a un intervalo de tiempo t . Termodinámica: introducción, conceptos y definiciones. Elaboración propia, realizado con Word.

1.5.6. Transferencia de calor

La termodinámica establece que para que exista el efecto de transferencia de calor deberán ser reconocidos dos diferentes mecanismos, uno de estos mecanismos es la conducción y el otro la radiación térmica. Se pueden representar relaciones de tipo empíricas para realizar los cálculos de transferencias de energía que incluyen algunos modos combinados, uno de esos modos es la convección.

Para la mayoría de sus casos, la unidad de medida es la velocidad instantánea del efecto de transferencia de calor, esa dependerá de la diferencia de temperaturas presente entre los dos sistemas de análisis y de las características de la pared, si la pared posee característica de tipo aislante o conductora. Para la transferencia de calor que ocurre en un proceso rápido podrá ser reconocido que tiende a ser adiabático.

1.5.7. Eficiencia térmica

Se realizó una breve introducción sobre los equipos y motores que forman parte del análisis del principio de la termodinámica, dentro de estos se mencionó las máquinas térmicas, éstas son las que aprovechan una parte del calor que está siendo cedido para ser transformado en trabajo, esto es parte del principio de la segunda ley de la termodinámica. El calor que no llega a aprovecharse es despreciado o descartado.

Con ese fundamento se conoce que el rendimiento o eficiencia térmica es la relación existente entre el tipo de trabajo realizado y el calor que fue suministrado hacia la máquina en cada ciclo. No es obligatorio alcanzar el 100 % de la eficiencia, siempre existirán focos o posibles pérdidas en el sistema.

Ecuación II

$$n = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Donde:

n : será el rendimiento o la denominada eficiencia térmica. Esta será la representación del calor que la máquina estará aprovechando para lograr realizar su trabajo. El valor esperado es $n=1$ que significará el rendimiento en su 100 %.

W : es el trabajo realizado por una máquina. Se presentó su unidad de medida (J) julio.

Q_1 , Q_2 (calor): este representa la concentración de flujo de calor que es transferido entre un punto A (fuente) y el punto B (máquina) y otro punto C (punto de pérdida). Para la unidad de medida en el sistema internacional también es (J) julio.

1.5.8. Optimización energética

Se puede representar por obtener resultados eficientes sobre la producción, distribución y uso de la energía necesaria para realizar determinada actividad en su totalidad. La optimización implicará analizar el desarrollo de una determinada actividad productiva con su máximo resultado y su menor gasto de portador energético posible. La optimización energética en la caldera podrá ser obtenida al emplear menor cantidad de bunker en menor tiempo productivo asociado y el incremento de volumen de ropa tratada, se incluyen las horas de trabajo necesarios en la cocina y otras áreas de interés.

1.6. Mantenimiento

El mantenimiento se define como todo aquel tipo de actividades ejecutadas en conjunto, destinadas a garantizar o respaldar que los equipos presenten óptimo funcionamiento y puedan ser prolongados según su vida útil, se incluyen a esta acción la maquinaria, equipos e instalaciones que forman parte de una empresa o institución que sirve para operar en condiciones de funcionamiento eficiente, seguro, económico y con intención especial de prolongar el servicio que prestan para el cual fueron diseñados.

El hospital posee un departamento responsable de realizar estas tareas fue creado con el objetivo de satisfacer las necesidades y garantizar el cuidado primordial de la red de infraestructura y sus máquinas instaladas, así como todo lo relacionado a la red eléctrica, drenajes, carpintería y otras actividades que permitan proveer los servicios diariamente hacia los pacientes que lo necesiten.

Otras tareas asignadas a este departamento es realizar las compras necesarias de suministros y equipos que cumplan con los estándares requeridos o las normas y códigos existentes. Junta directa no autoriza alguna compra directa sin las respectivas firmas de cada uno de sus integrantes previo a conocer la intención de compra o el motivo presentado.

1.6.1. Mantenimiento preventivo

Según Cardona (2014) ese tipo de mantenimiento está contenido en una serie de trabajos que será necesario poder desarrollar sobre alguna unidad, equipo, maquina o instalación, para evitar que el servicio que presta sea interrumpido. Esa serie de trabajos inicia su operación o ejecución con las instrucciones asignadas por el fabricante al respecto, se considera incorporar

experiencias propias sobre equipos similares o situaciones parecidas con anterioridad, se pueden incorporar aportes que pueden plantear los técnicos de mantenimiento por alguna especialidad específica.

La perfecta organización que es ejecutada con el mantenimiento preventivo, permite obtener experiencias simples para determinar algunas posibles causas de fallas respecto al tiempo de operación o sobre desperfectos en algunos componentes, además puede proporcionar detalles sobre puntos débiles en instalaciones, maquinaria y equipos.

Los programas de ejecución deberán ser un punto central y relevante para llevar a cabo la ejecución del mantenimiento preventivo, no importando si es ligero o pesado, se deberá planear con intención y atención a las variables participantes, puede priorizarse el factor económico y luego el tiempo necesario para lograr ser ejecutado. Siempre que se presente una falla será necesario ejecutar el mantenimiento correctivo, empleando costos no estimados y tiempo de mano de obra mal distribuida. Por eso el mantenimiento preventivo será basado en minimizar la incertidumbre o probabilidad de fallas con el nivel determinado de programación y ejecución.

1.6.2. Mantenimiento correctivo

Se consideran las actividades relacionadas al trabajo realizado en instalaciones, máquinas y equipos que presentaron fallas y fue necesaria la intervención por el personal de mantenimiento o la sub contratación de mano de obra externa a la institución. Siempre y cuando esas instalaciones, máquinas y equipos dejaron de prestar los servicios para los cuales fueron diseñados.

1.6.3. Variables de mantenimiento

Diferentes autores concentran sus análisis e interpretaciones según la actividad a desarrollarse, se pueden considerar aspectos internos por cada empresa donde se plantee un análisis específico, para lo cual se presentan las variables fundamentales que interesan al mantenimiento en cualquier aspecto de la industria privada o instituciones públicas.

Tabla 7.

Variables del mantenimiento aplicado a la planchadora del Hospital Roosevelt

| Variable | Descripción |
|----------------------|---|
| Fiabilidad | Se conoce así a la probabilidad en las máquinas, instalaciones o equipos, se podrán desempeñar satisfactoriamente sin presentar alguna falla, durante un tiempo determinado bajo sus condiciones específicas. |
| Disponibilidad | Puede reconocerse como la proporción del tiempo transcurrido durante el cual un equipo o sistema logro trabajar en condiciones útiles sin presentar fallas. |
| Calidad | Se obtiene con la limitación de fallos presentes, lograr reestablecer un sistema productivo con brevedad al presentar fallas, logrando concluir ese trabajo en condiciones óptimas de operación a los niveles de producción exigidos. |
| Seguridad | Se concentra en otorgar el cumplimiento solicitado hacia los equipos, maquinaria, herramientas he instalaciones en proporcionar el entorno digno y seguro a sus usuarios. |
| Redundancia | Esto se presenta cuando se emplea más de un medio para determinada función requerida. |
| Vida útil | Comprende un intervalo de tiempo que inicia en algún instante determinado y el instante en que es alcanzado el estado límite. |
| Tasa media de fallos | Se obtiene con la representación del número de fallas de algún elemento durante un intervalo de tiempo establecido y luego dividido por el intervalo de tiempo ejecutado. |

Nota. Las variables de mantenimiento que se muestran en la tabla anterior cumplen con diferentes aspectos de desgaste diarios. Elaboración propia, realizado con Excel.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE VAPOR

2.1. Descripción de la situación actual de planchadora

El hospital posee dos planchadoras, una de ellas se encuentra en estado obsoleto y deteriorado por completo, su antigüedad es de 30 años aproximadamente. Son diferentes deficiencias las que se presentan, las relevantes es en el sistema de rodillos, debería trabajar con una faja de tipo lineal, pero al contrario de eso presenta una faja permanente elaborada de retazos de ropa.

Los rodillos por donde debería pasar la ropa para ser planchada están desgastados, no logran transmitir el calor y la presión necesaria para planchar la ropa, por lo tanto, la ropa termina medio planchada y medio doblada. Otro aspecto alarmante es que en tablero de mando de ese equipo está sin la tapa necesaria, ciertamente la planchadora realiza su trabajo con vapor obtenido de la caldera, pero algunas piezas son eléctricas, no se descarta que se pueda presentar alguna emergencia o accidente en el personal que ejecuta estas tareas.

La capacidad de planchado es para prendas de hasta 5 metros de longitud y ancho de 2 metros, el desgaste de los rodillos y el desbalance de los mismo ocasiona ruidos intermitentes siempre que se está operando, además, del ruido, los rodillos pueden dañar las prendas, no contienen el programa necesario para accionar algún tipo de mantenimiento preventivo, correctivo o preventivo. Trabajan hasta que falla la planchadora y es reparada sin formato profesional.

2.2. Sistema de suministro de vapor

El sistema está conformado por diferentes equipos, dispositivos, máquinas y herramientas. La red de vapor dentro del hospital dispone de tuberías, múltiples de admisión, filtros y válvulas.

El vapor suministrado inicia con el procesamiento dentro de la caldera, esta es un intercambiador dentro de un cuerpo cilíndrico de metal. Dentro de la caldera se obtiene calor por la combustión del aire y el combustible. El Hospital Roosevelt dispone de tres calderas, la categoría de esas calderas es pirotubulares, una de estas tres calderas esta fuera de uso por problemas mecánicos y por falta de repuestos.

Tabla 8.

Especificaciones técnicas de la caldera del Hospital Roosevelt

| Item | Descripción |
|----------------------------|---|
| Tipo de tubería | Tubería para vapor, 3" de cedula 40 |
| Marca | Cleaver & Brooks |
| Tipo de conexión eléctrica | 220 voltios; 74 amperios. |
| Motor | Capacidad 15 Hp |
| Calentador | De aceite 7.5 Kw |
| Fecha de instalación | 20 de junio 1974 |
| Especificación de entrada | 12,553,000 BTU / hora |
| Modelo | CB – 600 – 300 |
| Cantidad de pasos | 4 pasos |
| Dimensiones | Ancho 6.6 metros, largo 5.7 metros, alto 2.6 metros |
| Tipo de combustible | Bunker |

Nota. Una de estas calderas provee vapor a 80 psi de presión, con temperatura de 400 °F medido en la chimenea, la presión en la cámara de fuego de 14 psi. Opera desde un mando de control central. Elaboración propia, realizado con Excel.

En la salida de la caldera inicia la conexión de tubería que trasladara ese vapor por una red extensa. La caldera también dispone de equipos auxiliares de seguridad, con presiones de operación hasta 150 psi, fue diseñado para controlar el nivel de agua que al llegar a niveles críticos activa y desactiva automáticamente la bomba de alimentación de agua según la necesidad o el exceso de agua.

La red de tuberías es de hierro negro con dimensiones de 3" de diámetro y cédula #40 para suministro de vapor. Estas tuberías se encuentran de forma roscada con reforzamiento de coplas uno luego del otro y en sus extremos. La red total presenta longitud de 490 metros para trasladar el suministro de vapor hasta las líneas finales de distribución y los diferentes equipos que emplean esta demanda diaria.

En la red de distribución se disponen de trampas de vapor, con pendiente de 0.5 % hacia la trampa próxima. La tubería está deteriorada la mayor parte de la red total está en condiciones críticas, se logró visualizar fugas a simple viste sin necesidad de utilizar equipos especiales o evaluaciones complejas.

Para garantizar que el vapor trasladado otorgue las mismas condiciones con el que es producido desde la caldera, se recubre la tubería con aislamiento térmico, es empleado para dotar de resistencia al flujo de calor y reducir así las pérdidas en los diferentes equipos que integran la red de vapor. Ese tipo de aislamiento es empleado en las líneas que trasladan el vapor a su mayor temperatura y en la tubería diseñada para recuperación a bajas temperaturas, otro factor relevante para emplear el recubrimiento, es por protección de los colaboradores.

Se logró visualizar por medio de inspección visual y recorrido interno, que solamente una fracción del total de esa tubería presenta recubrimiento, la mayor

parte de la red se encuentra expuesta sin aislamiento térmico necesario, eso produce pérdidas y caídas de calor que son relevantes en el proceso de generación de vapor.

La red de vapor además posee distribuida estratégicamente diferentes equipos auxiliares, esos equipos son cheques y válvulas de paso, algunas de estas válvulas también presentan fugas, malas condiciones externas, deterioro y ataque de óxido. El problema con los cheques y las válvulas de paso en malas condiciones, es que permiten que exista flujo de vapor en ambos sentidos, cuando no es insuflado por las bombas auxiliares es regresado dentro de la misma tubería, presentando cavitación.

Otro problema relevante es observado en el sistema by-pass, en la parte siguiente de ese sistema se localiza el sistema de trampas de vapor, dejando pasar el flujo de vapor sin restricción y sin ocupando la línea de condensando. La caldera posee dos válvulas de seguridad, su objetivo es lograr liberar presión cuando se sobrepase en nivel extra de masa de vapor. Las válvulas son de bronce con asiento de metal, en su interior se presenta un resorte de acero inoxidable, conexiones roscadas 1 ½ “tipo de entrada macho y 2” de tipo hembra hacia su salida. Esta válvula está diseñada para activarse con ajuste de presión a 125 psi, con capacidad de descarga de 5,992 lb/h de vapor a presión ajustable.

Los instrumentos que se presentan en la red de distribución son de tipo control y medición, los termómetros servirán para establecer medición sobre la temperatura del agua de alimentación, otro tipo de termómetros incorporados servirán para medir la temperatura de los gases que son expulsados hacia la chimenea, según el área de Análisis y zona de evaluación pueden irse incorporando manómetros, estos se instalan para medir la presión de los gases expulsados a la chimenea. Otro tipo de manómetro es para evaluar la presión de

trabajo de la caldera, manómetro para medir el rango de presión del bunker y un manómetro instalado en la cámara de combustión.

Se dispone de un tanque para almacenar el agua de alimentación y a la vez es empleado para aprovechar el retorno del condensado. Parte del aprovechamiento en recuperación del vapor condensado es por la colocación de trampas de vapor. Las trampas de vapor ejecutan la tarea de drenar condensado para mantener las condiciones de presión y los valores de temperatura del valor establecidos para efectuar los procesos necesarios.

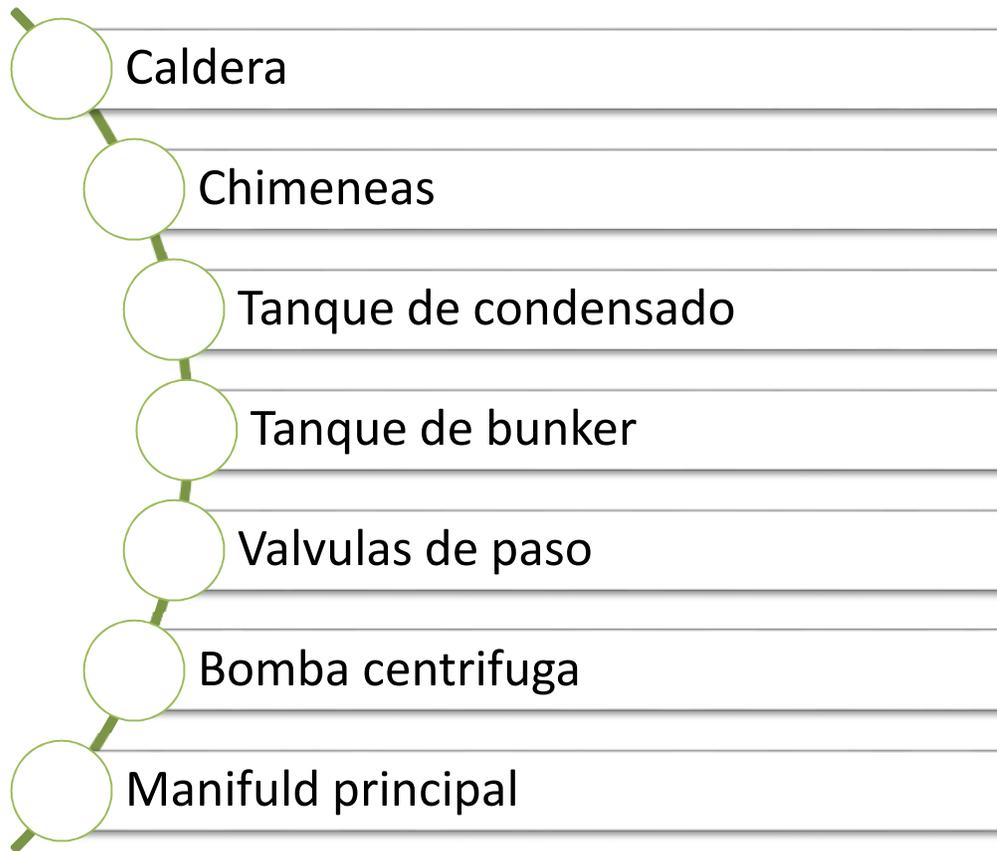
Otras acciones de las trampas de vapor es lograr eliminar el aire y los gases que no fueron condensado, la presencia de aire y presencia de gases disminuye el coeficiente de transferencia de calor. Se deberá considerar que la presencia del oxígeno y bióxido de carbono dentro de esta red vapor puede llegar a ser corrosiva cuando se presenta con el vapor condensado, así evitar pérdidas de vapor de elevado contenido energético y por agua dentro del sistema.

Por último, dentro de esta red y al concluir la línea de utilización en los equipos asignados o áreas de influencia, se encuentran las tuberías de retorno del condensando, la tubería en el hospital es de hierro negro con diámetro de 2" y cédula de grado 40. Esta tubería también se encuentra roscada y coplas auxiliares en sus extremos.

Se cuantificó que la su longitud de retorno es de 490 metros, satisfaciendo los servicios dentro del hospital. Casi en un 50 % de la longitud de su tubería de retorno está deteriorada, condición que podría ocasionar el colapso de la misma.

Figura 6.

Equipos necesarios para el suministro de vapor



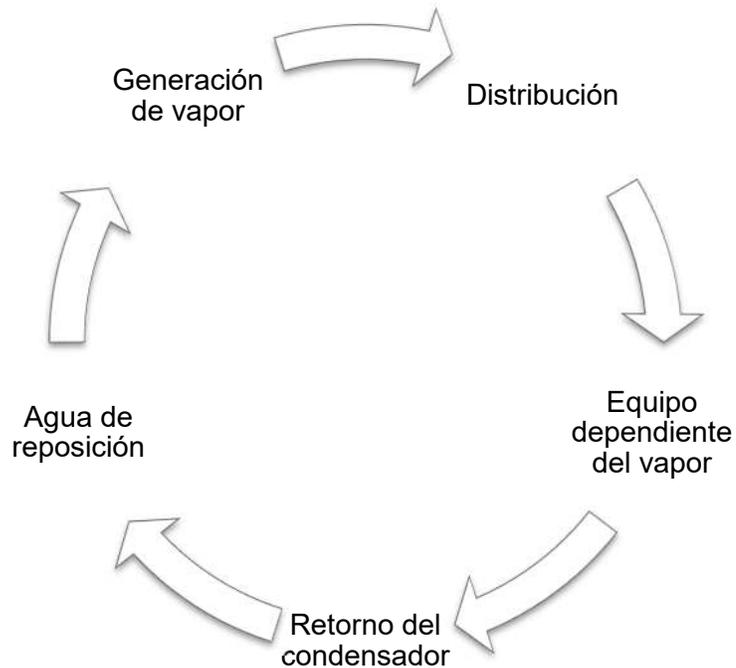
Nota. Su diseño dentro de la red es para lograr eficientizar el traslado de vapor bajo condiciones de baja carga, en algunos casos puede ocasionarse inundaciones. Elaboración propia, realizado con Word.

2.3. Componentes y elementos de una línea de vapor

Los sistemas de distribución de vapor conectan a las calderas con el equipo que en realidad utiliza vapor. Estos sistemas de distribución transportan el vapor hasta cualquier sitio en donde se necesita energía calorífica.

Figura 7.

Ciclo de generación de vapor



Nota. Los tres componentes principales de la línea de vapor son los cabezales distribuidores, las tuberías principales y sus ramales de vapor. Elaboración propia, realizado con Word.

Los componentes se concentran en su mayoría en el cuarto de máquinas o cuarto de calderas, la línea de vapor será distribuida según el diseño esencial para cumplir la demanda de diferentes equipos o herramientas dentro o fuera de una instalación.

2.3.1. Tubería de distribución

La red de distribución de vapor, junto con las reguladoras de presión y temperatura, constituye la parte central de una instalación para la generación de

vapor; es la encargada precisamente de conducir el vapor generado en la caldera hacia los diferentes puntos de demanda existentes en el proceso industrial.

Además, se pueden emplear ramales de distribución, estos se forman con las tuberías que salen de las tuberías principales de vapor y llevan el vapor hacia el equipo que lo utiliza. El sistema completo debe ser diseñado y conectado de forma que se evite la acumulación de condensado en cualquier punto del sistema.

La tubería de distribución también puede ser condicionada con líneas *tracer*, el uso de estas líneas tiene como objetivo principal mantener el contenido de la línea de producto a una temperatura satisfactoria de trabajo, bajo todas las condiciones de baja temperatura ambiental con una adecuada reserva para soportar condiciones extremas.

En muchas aplicaciones las líneas *tracer* son económicas y eficientes. La temperatura debe mantenerse no sólo en la tubería primaria, sino también a través de las bombas, válvulas y uniones, en resumen, donde sea que el fluido primario este expuesto a las condiciones climáticas. El vapor es el medio más común para mantener la temperatura de una línea de proceso. Si se requiere mantener la temperatura del fluido primario, lo más cercano posible a la temperatura del vapor disponible, una tubería enchaquetada se vuelve indispensable.

Para vapor saturado la velocidad del vapor en la tubería debe ser de aproximadamente de 30 m /s a 40 m/s para líneas largas, y de 25 m/s para derivaciones y líneas cortas. Para el vapor sobrecalentado el intervalo de velocidad se puede incrementar 10 m/s.

Para el retorno de condensado la velocidad de diseño depende de si hay vapor flash en la línea. Si es solo condensado tal como un flujo bombeado después de un tanque de condensado, entonces generalmente la velocidad es de 1 a 1,5 m/s pero si es flujo de dos fases con vapor flash, las líneas deben ser dimensionadas en base al flujo de vapor en lugar del flujo condensado. Para flujo de dos fases la velocidad de diseño debe reducirse aproximadamente 15 m/s.

Lo ideal sería que toda la energía que sale de la casa de calderas llegara al proceso. Sin embargo, ya que el vapor es considerablemente más caliente que la temperatura del aire circundante, siempre habrá algunas pérdidas, la clave es reducir las tuberías en la medida que sea posible. El primer paso es el aislamiento térmico de la línea. Hay una gran diferencia entre la pérdida de calor de una tubería al descubierto y una tubería con sólo 1" de aislamiento, pero la regla general es de 1" de aislamiento por 100 °F (25 mm por 56 °C), de la temperatura del vapor.

Un aislamiento típico sería de fibra de vidrio con revestimiento de acero inoxidable. Lo ideal sería que todos los elementos auxiliares tales como válvulas de control, válvulas de aislamiento, entre otros, también se aislen, por lo que es buena idea considerar el aislamiento desprendible para los elementos auxiliares que necesiten un mantenimiento regular. El punto más importante es mantener el aislamiento seco. El aislamiento mojado es peor que la falta de aislamiento.

El revestimiento debe estar bien sellado y la tubería no se debe instalar en zanjas o trincheras donde hay una posibilidad de inundación. El aislamiento de las tuberías de condensado, aunque a menudo se pasa por alto, también es muy importante. A pesar de que es condensado en lugar de vapor, cualquier pérdida de calor de la línea de condensados resulta ser más energía que se podría utilizar en la casa de calderas.

Con las derivaciones deberán considerarse las ramificaciones, deben ser tomadas de la parte superior de las líneas de vapor y si se requiere aislar la línea, la válvula de aislamiento debe instalarse directamente en la parte superior de la línea de vapor. Esto puede implicar el acceso a pisos superiores para abrir o cerrar la válvula, pero previene la formación de condensado delante de la válvula.

Si una derivación alimenta un equipo, tal como un intercambiador de calor, entonces debe haber una válvula en directamente en la línea de la derivación (como se mencionó anteriormente) y una segunda válvula antes del equipo. Una trampa debe estar situada antes de la segunda válvula de aislamiento. Si el equipo está aislado temporalmente, la misma válvula de aislamiento se puede utilizar, pero si el equipo necesita mantenimiento o reemplazo entonces ambas válvulas se deben utilizar (aislamiento doble).

Para el retorno de condensados, En plantas pequeñas puede haber una sola línea de retorno de condensado para todas las trampas y esta regresa a casa de calderas. La factibilidad de una única línea de retorno de condensado también dependerá de las características operativas de los usuarios de vapor. Si hay un buen número de usuarios de vapor que pueda trabajar a presiones muy bajas, por ejemplo, el serpentín de un equipo de aire acondicionado, entonces podría haber un problema al elevar el condensado a la línea de retorno de condensado.

Una instalación típica ideal es tener un depósito de recolección de condensado para cada área de Proceso. El condensado de los tanques se bombea de nuevo a casa de calderas, posiblemente desde un cabezal de condensado común. Si se adopta este sistema es indispensable que no haya trampas alimentadas en la línea de retorno de condensado bombeado.

La línea se presuriza por las bombas y pueden causar una presión de retorno (contrapresión), en las trampas. También una trampa mecánica con falla provocará un flujo de dos fases en la tubería de condensado que invariablemente está diseñada para el flujo monofásico de condensado. Si las trampas hidrodinámicas se utilizan entonces no hay ningún problema para mezclar las trampas de vapor de diferentes presiones en el mismo tanque de recolección de condensado. Lo ideal es que el tanque de recolección de condensado esté ubicado físicamente en un nivel bajo y todo el condensado debe descargar en el tanque.

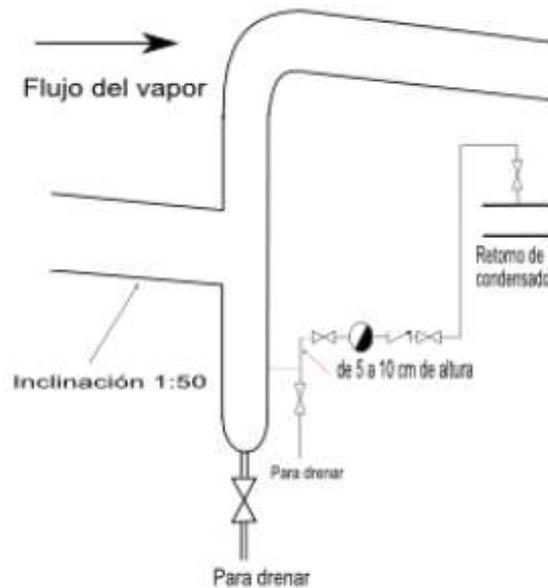
Si la línea de retorno de condensado está en un nivel más alto que la trampa, la conexión en la línea debe estar en la parte superior de la línea con una válvula de aislamiento. Si hay una posibilidad de que el equipo que está usando vapor se apagara y la línea de condensado estuviera elevada o presurizada, entonces se requiere de una válvula *check* después de la trampa de vapor para prevenir un contra flujo de condensado en el equipo.

Lo mejor es que la línea de retorno de condensado este por debajo del nivel del intercambiador de calor de manera que la descarga de condensado de la trampa de vapor pueda fluir por gravedad a la línea de retorno de condensado. Esta instalación permitiría que el intercambiador de calor opere hasta la presión más baja posible.

En muchos casos, no es práctico instalar la línea de retorno de condensado por debajo del intercambiador de calor y la línea de retorno de condensado se coloca a cierta distancia por encima de la aplicación. Sin embargo, es una buena idea minimizar la elevación de la línea de retorno de condensado tanto como sea posible. Cuanto mayor sea la línea de retorno de condensado mayor es la presión mínima en el intercambiador de calor.

Figura 8.

Diseño ideal para una línea de distribución



Nota. Si hay una tendencia a que el intercambiador de calor opere a muy bajas presiones, por ejemplo, calentadores de aire acondicionado, entonces tal vez el intercambiador de calor estará parcialmente inundado, si se inunda mucho será necesario levantar la línea después de la trampa de vapor. Obtenido de Progressive Energy Services (2008). *Innovative Technologies to Exploit Untapped Waste Energy*. (p. 2.) PES.

2.3.2. Manómetros

Las calderas en los hospitales necesitan incorporarse e instalarse instrumentos de control, para realizar mediciones generales estos dispositivos son manómetros para medir la presión de gases de chimenea, manómetros para medir la presión de trabajo, manómetros para presión de bunker y manómetro de la cámara de combustión.

Tabla 9.

Clasificación y descripción de los manómetros necesarios

| Tipo de manómetro | Descripción y característica |
|--------------------------|---|
| Gases de escape | Carátula de 9" de diámetro, caja y vástago de acero inoxidable 304, carátula de vidrio plano, rango dual de 0 – 300psi (0 – 2000 KPa). |
| Presión de trabajo | Carátula de 3" de diámetro, caja y vástago de acero inoxidable 304, largo del vástago 3", diámetro del vástago de ¼", carátula de vidrio plano, rango dual de 0 – 200psig (0 – 1378.9 KPa). |
| Presión de combustible | Carátula de 3" de diámetro, caja y vástago de acero inoxidable 304, largo del vástago 1", diámetro del vástago de ¼", carátula de vidrio plano, rango dual de 0 – 60psi (0 – 413.68 KPa) |
| Cámara de combustión | Carátula de 3" de diámetro, caja y vástago de acero inoxidable 304, carátula de vidrio plano, rango dual de 0 – 60psi (0 – 413.68 KPa). |

Nota. Los manómetros que se describen en la tabla anterior, generalmente son los de mayor demanda para uso e instalación en un sistema de generación de vapor, para las condiciones del hospital y el flujo necesario de vapor serían los que mejor se adaptarían al proyecto, los precios también son accesibles y no se requiere de instalaciones complejas o complicadas. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.3.3. Termómetros

La demanda de esos dispositivos es menor, solamente se necesitan de termómetro para el agua de alimentación y termómetro para los gases de escape. Estos cumplen la función de medición y control de temperatura para mantener el sistema en equilibrio.

Tabla 10.

Termómetros necesarios en la red de vapor

| Tipo de termómetro | Descripción y característica |
|------------------------------|---|
| Para el agua de alimentación | Carátula de 3", caja y vástago de acero inoxidable 304, largo del vástago de 7", diámetro de vástago de 1/4", carátula de vidrio plano, conexiones roscadas de 1/2", rango dual de 0 – 300 grados centígrados (32 – 572 grados Fahrenheit), precisión de +/- 1 %. |
| Para los gases de escape | Termómetro con carátula de 3", caja y vástago de acero inoxidable 304, carátula de vidrio plano, rango dual de 0 – 1000 grados centígrados (32 – 1832 grados Fahrenheit), precisión de +/- 1 %, mecanismo para recalibrar aguja. |

Nota. A diferencia de los manómetros, estos dispositivos son de mayor cuidado en su manejo, instalación y monitoreo. No se pueden someter a manipulación tosca, la instalación deberá ser realizada por un equipo de especialistas o por los vendedores del equipo. Elaboración propia, realizado con Excel.

La mala instalación podría otorgar lecturas y mediciones erróneas, el control de temperatura es primordial, podría estar un grado arriba de relevante en el control de presión. A mayor temperatura se ocasionaría el descontrol en el flujo de vapor, a mayor vapor se podría ocasionar una explosión con efectos devastadores.

2.3.4. Reguladores de flujo

Las válvulas de comprobación se utilizan donde el flujo unidireccional es fundamental, como cuando el agua de alimentación se introduce en las calderas. El disco oscilante o clapeta de la cierra contra su asiento si el flujo tiende a invertirse. Bajando la presión de la tubería y quitando la tapa y la conexión colateral, la válvula a y su asiento pueden limpiarse y pulirse para alojar y

presentar una cara nueva o un nuevo asiento cuando este se haya desgastado. También, todas las piezas son renovables. Al ser válvula anti retomo, las válvulas de comprobación se usan para evitar el retroceso en las líneas. En cuanto a principio de trabajo, todas las válvulas anti retorno se conforman con uno de los dos modelos básicos.

2.3.5. Trampas de vapor

Si el vapor es sobrecalentado se recomienda tener depósitos de suciedad y trampas de vapor para drenar el condensado de las líneas. En el caso de vapor sobrecalentado en teoría no hay condensado, pero no siempre es así. Si la tubería está sobredimensionada según el flujo enseguida se formará una capa de condensado estancado, la cual perderá calor y producirá condensado. También en las líneas de distribución largas, es posible que el vapor pierda el sobrecalentamiento y empiece a condensar. Así que la mejor opción, incluso con vapor sobrecalentado, es diseñar correctamente el sistema de remoción de condensado.

Para vapor saturado los depósitos de suciedad / trampas deben estar ubicados cada 30 o 40m. Para el vapor sobrecalentado se pueden agregar 10 m a este rango. En las tuberías más grandes también se pueden tener distancias más largas entre las trampas. Algo esencial es disponer de una trampa antes de cada subida y preferiblemente antes de cada curva. El trampeo también es importante para proteger equipos tales como medidores de flujo y válvulas de control.

En un tramo largo la pendiente de la línea debe ser alrededor de 1 de cada 50 (mínimo 1 de cada 100). Ahora si se pone a trabajar una trampa al final de 50 mts, entonces es necesario subir 1m para empezar de nuevo. Sin embargo, si

hay un bucle de expansión se requiere que este sea considerado como parte del diseño de la tubería y dependerá de si el bucle de expansión es horizontal o vertical.

Si la trampa está instalada en una línea de vapor sobrecalentado entonces deberá tener de 2 a 3 m de tubo sin aislamiento antes de la trampa. La idea es que la tubería descubierta pierda calor y empiece a saturarse el vapor, formando condensado. Todos los tipos de trampas requieren cierto condensado para que funcionen correctamente. Las trampas mecánicas tradicionales tienen un promedio de vida muy corto en las líneas de vapor sobrecalentado, donde no hay mucho condensado, pues por su naturaleza las trampas mecánicas crean problemas bajo estas condiciones.

Cuando la trampa abre y cierra, siempre pasa un poco de vapor vivo (con el tiempo deja escapar más vapor vivo), lo cual genera que la línea antes de que la trampa no esté estancada. El vapor en la línea antes de la trampa no tiene tiempo de condensarse antes de que la trampa se abra de nuevo y por lo tanto no se forma condensado. Así que la trampa funciona en seco y la vida de la trampa se acorta.

La única solución para que no se fugue el vapor sobrecalentado de las líneas es el uso de trampas de vapor hidrodinámicas. La trampa forma un sello de condensado permanente que previene la pérdida de vapor vivo, lo cual permite que la línea antes de la trampa esté estancada y forme más condensado para mantener el sello.

2.3.6. Electroválvulas

Las electroválvulas están diseñadas en serie, solo así controlarán el paso exacto del gas requerido. Trabaja para que el gas pase por una de ellas, y luego por la otra, es decir, la primera válvula funciona como una especie de “aduana”, y si la misma está en malas condiciones, entonces se cancela la distribución de gas hacia el quemador. El punto central del funcionamiento de las electroválvulas, es por medio de una caja de control que manda señales eléctricas para la apertura y cierre de las entradas de gas. Dichas señales se paran en automático cuando un ion de la sonda descubre fallas inusuales en el quemador, como una alteración de la flama.

Un modelo estándar de válvula SIT posee cinco características esenciales: Tomas de presión de gas en entradas y salidas, tornillo para regular la presión mínima de gas, así como tuerca para regular la presión máxima de gas. Asimismo, tiene un conector para la bobina del modulador de gas.

2.3.7. Llaves de paso y cierre de vapor

Las llaves de paso o llaves de globo llevan alrededor una estopa, cuya finalidad es ajustarse a las paredes del metal para limitar la salida o de vapor. En todos los casos el problema de la estopa es que va sufriendo cierto desgaste al tener contacto con el metal y con el tubo pequeño que limita la salida de vapor, esta ocasiona que por el contacto la estopa se valla desgastando y produzca pequeñas fugas que serán eliminadas apretando más fuerte las llaves, pero llega un punto en que la estopa ya no es suficiente para detener la fuga y entonces es necesario reemplazar la estopa por completo.

2.4. Planchadora industrial de rodillos

En la calandria o planchadora de rodillos, las piezas a ser planchadas son puestas en contacto con un cilindro o una caja de vapor (varias de ellas en las planchadoras de varios rodillos). Tanto el cilindro como las cajas son de material fundido, hueco y en su interior el vapor a una presión de 100 lbs/pulg². La velocidad apropiada de la máquina en un momento dado está determinada por la humedad retenida en la ropa, tipo de tela, carga de trabajo, condiciones de calentamiento de la máquina entre otros. Los valores más apropiados en cada caso son determinados por la experiencia. Después que la ropa ha completado el recorrido de los rodillos de la máquina, son recogidos por la primera lona (la superior), que los conduce en su recorrido de retorno, haciendo contacto esta vez con la parte inferior de las cajas de calefacción.

Esa disposición aumenta el tiempo de contacto de la ropa con la superficie caliente y permite lograr un acabado superior. La lona inferior recoge ahora la ropa y la transporta a la salida de la máquina, permitiendo que se enfríe durante el intervalo. Para calentar la planchadora o calandria, se tiene que abrir parcialmente la llave de paso de vapor media hora antes de comenzar a trabajar. Si existe una válvula para la trampa de vapor, ésta debe ser abierta parcialmente para acelerar el calentamiento ya que se permite mayor paso de vapor.

Cuando la maquina haya alcanzado su temperatura funcionamiento (algunas tienen termómetro para este fin), cierre la válvula abra completamente la llave de vapor. No trate de aplicar presión a los rodillos ni de planchar alguna ropa hasta que la maquina no esté completamente caliente. Una vez alcanzada la temperatura de trabajo se arranque el motor, con el control de velocidad seleccionado para la velocidad inferior. Gradualmente aumenta la velocidad hasta el límite deseado para la operación. Para detener los rodillos

desembráguelos por medio de la palanca de embrague. Para detener el motor utilídense los botones de control (arranque parada).

Se utilizan solamente se aplica la presión necesaria a los rodillos para producir un buen acabado. La presión en un momento dado está indicada en el dial indicador de presión. La presión correcta está determinada por las condiciones de espesor de los artículos, nunca se utilice más presión que la que sea absolutamente necesario para efectuar un buen trabajo. En máquinas nuevas o cuando los rodillos son nuevos debe aplicarse solamente la mínima presión que se registre en el dial, para que los forros se asienten de una manera uniforme.

Se recomienda retirar la presión para proteger los rodillos, cuando quiera que la máquina este sin trabajo por un periodo mayor de 10 minutos. La velocidad correcta de la máquina está determinada en todos los casos por la cantidad de humedad permanente en los artículos y por el tipo de acabado requerido. Los artículos deben distribuirse uniformemente sobre la mesa de alimentación estirando las piezas para cubrir el ancho total del rodillo y utilizar al máximo la capacidad de la máquina.

2.4.1. Mantenimiento preventivo

En cuanto a este tipo de mantenimiento Cumes (2012) explica que, la falta de regulación de mantenimientos se conforma por diferentes supervisiones, monitoreos y seguimiento de problemas que podrían presentarse constantemente. Las acciones de mantenimiento preventivo de mayor frecuencia son.

- Limpieza de rejilla de aspiración de motas

- Limpieza de serpentines de vapor
- Inspección de fajas de transmisión de los motores
- Inspección en las entradas de aire
- Inspección general de su funcionamiento
- Lubricación de piezas móviles y cojinetes de fricción
- Eliminación de fugas
- Limpieza de sensores de temperatura
- Verificación de estructura metálica
- Verificación de rodillos

2.4.2. Mantenimiento correctivo

Se realiza cuando el equipo presenta paros inesperados, las mayores deficiencias en la planchadora es por pérdidas de presión o fugas de vapor, el personal asignado a estas tareas retira la manguera afectada y las lleva al taller de mantenimiento para intentar repararlas, de no lograr la acción son trasladadas a talleres externos donde se trabajan mangueras industriales de alta presión.

Este tipo de mantenimiento es el que se emplea comúnmente en el hospital, el departamento de Mantenimiento no ha programado el mantenimiento preventivo para la planchadora o para las líneas de vapor, el problema radica en

la incertidumbre de lo que se deba realizar, indican los mecánicos y técnicos de mantenimiento que su experiencia con esos tipos de equipos y redes de vapor es mínima.

Otro problema que limita trazar el adecuado control de mantenimiento para estos equipos es por la falta de presupuesto para compras de piezas o accesorios y resguardarlos como parte de su *stock* de inventario, la política del hospital se rige por políticas institucionales o del gobierno, parte de los reglamentos internos indican que previo a realizar una compra para repuestos o equipos de maquinaria, se deberá justificar el por qué y para que se realizar el requerimiento, se deben acompañar por lo menos tres cotizaciones.

Esto hace que mantener el *stock* de inventario es casi imposible, provocando así un efecto de onda, cuando llega el tiempo en que una o diferentes piezas cumplen con su periodo de vida útil empiezan a dar la falla inesperada, retrasando el procesamiento de ropa y dejando de cumplir con la demanda necesaria de los servicios hospitalarios.

2.5. Problemas típicos en planchadora industrial de rodillos

La planchadora que todavía se encuentra en operaciones presenta altos índices de desgaste, toda su estructura es descuidada, la mayoría de problemas o problemas repetitivos son relacionados al flujo de vapor, en algunas partes es irregular y en otros puntos de la misma es inconsistente, problemas por pérdidas de fluidos hidráulicos en las bases de los rodillos y la banda conectora de transferencia de potencia, se deshila cada tres meses que es sustituida.

Los problemas comunes o típicos en la planchadora se presentan al trabajar jornadas extendidas o al procesar cantidades de ropa que pasan el límite

recomendado por el fabricante, el desgaste se hace presente en los rodillos, las piezas móviles y el sobrecalentamiento en las uniones o juntas de las mangueras que trasladan el vapor a los aspersores milímetros que inyectan sobre la ropa para darle el acabado esperado de planchado.

Otra característica importante para este equipo, es la falta de puntos de lubricación, eso provoca que la lubricación sea superficial y no interna en los elementos rodantes, toda la línea de rodillos produce altos niveles de ruido en sus puntos base, esos puntos base son engrasados mas no lubricados. La diferencia con colocar grasa y mantener el elemento rodante sumergido en fluido hidráulico es el nivel de ruido que puede provocar, calor por rozamiento y nivel crítico de velocidad de giro.

La planchadora ocasiona paros repetitivos por falsos contactos, las conexiones no son las adecuadas, en el panel de instrumentos los medidores no están en sus óptimas condiciones y las lecturas tomadas son sesgadas, el control de temperatura es la principal alarma.

2.6. Señalización de áreas de riesgo

En cuanto a las áreas de riesgo, Benavides (2017) explica que, las áreas de riesgo en el cuarto de lavandería se sitúan en las proximidades de las tuberías que trasladan vapor, también se presenta en los puntos donde están las uniones hacia la planchadora, el vapor ingresa a presiones elevadas y con la fisura o ruptura de una manguera o tubería podría escapar de golpe lastimando al personal que se encuentre presente.

La señalización en el cuarto de máquinas y en la lavandería es mínima, solo tienen instalados unos cuantos letreros para indicar que puede ocasionarse

algún accidente con la mala manipulación de los equipos, otra señal presente es para la ruta de evacuación. No se tiene otro tipo de señalización que pueda alertar de peligro al personal o transeúntes que ingresen a estas dos áreas a realizar algún otro tipo de actividad. El departamento de Mantenimiento indica que no se han logrado comprar las herramientas y señales necesarias para instalarse en las dos áreas.

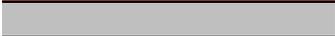
El problema radica en el mecanismo y proceso de compras, se debe buscar por lo menos tres posibles vendedores, luego se deberá solicitar la cotización, luego se debe escribir el documento donde se explique cuáles son los motivos y alcances para el cual se debe adquirir esos accesorios, pasará por diferentes oficinas internas para que posteriormente pueda ser autorizado el presupuesto, se deberá esperar la autorización y ejecución de compra paralelo a la disponibilidad presupuestaría, para ese trámite transcurren aproximadamente 90 días hábiles y ocasionalmente es rechazada la petición.

El personal agrega que, algunas señales se compran sin hacer todos esos trámites con disponibilidad del departamento, al igual la pintura para señalización, con el afán de promover un ambiente seguro al personal.

2.7. Señalización de tuberías por código de colores

En la industria se destaca la aplicación de colores para diferenciar áreas, tuberías o indicar la criticidad del entorno ante algún posible riesgo de sufrir daño o accidente. Para eso la industria creo el código estandarizado de colores para tuberías, este puede ser empleado dentro o fuera de una instalación.

Tabla 11.*Código de colores de tuberías*

| Muestra del color | Identificación | Tipo de fluido |
|---|-----------------------|--|
|  | Negro | Fluido eléctrico, residuos en fermentación y agua negras. |
|  | Rojo | Agua para conato de incendio |
|  | Gris claro | Vacío |
|  | Gris oscuro | Productos fermentados |
|  | Azul | Aire comprimido industrial y de respiración |
|  | Violeta | Alcalinos |
|  | Anaranjado | Ácidos |
|  | Amarillo | Gases inertes e inflamables |
|  | Marrón | Aceite vegetal, animal y mineral, líquidos combustibles inflamables. |
|  | Gris plateado | Otros vapores |
|  | Verde | Agua |

Nota. Dentro del hospital es deficiente la señalización por código de colores, las tuberías presentan deterioro, suciedad y polvo. Además, que la tubería fue pintada desde la creación y construcción del hospital, en la actualidad los colores son difícil de distinguir o apreciar, cuando se han pintado las paredes de sujeción, las tuberías acopladas a ellas fueron pintadas del mismo color. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.8. Adquisición de repuestos y accesorios para mantenimiento

Este trámite se realiza por el protocolo de Guatecompras, se deberá someter a licitación, si las compras son menores a Q 40,000.00 se puede hacer compra directa. El departamento de Mantenimiento creara la guía de compra sobre los repuestos o accesorios necesarios para algún mantenimiento programado. Luego de hacer la lista detallada con los detalles específicos que se necesita comprar, se traslada a la unidad o departamento de Finanzas, ellos lo evalúan y esperan el visto bueno por Gerencia General.

Cuando ya es autorizado el presupuesto con su debida aprobación de compra, se giran las órdenes hacia el departamento de Contabilidad, luego emite el cheque al departamento de Mantenimiento y ellos ejecutan las compras necesarias. Los repuestos deberán ser entregados en el hospital, está limitada la acción de visitar puntos de venta y adquirir los productos de esa forma.

El departamento de Mantenimiento recibirá sus compras, su protocolo de recepción establece en recibir la mercadería, que la mercadería sea presentada en su embalaje original y sellada, se destapara el embalaje para confirmar el estado de la pieza, también se comparara si la pieza o repuestos requeridos son los necesarios, continuando en el proceso se firman las ordenes de envío, se recibe la factura de compra y se ingresan al sistema todos los repuestos que fueron comprados.

El departamento de Mantenimiento trasladará la orden de liquidación con la factura de compra al departamento de Contabilidad, ellos reciben estas órdenes, auditan que, si se ejecutó y realizo la compra, verifican que los repuestos están en bodega de mantenimiento y concluyen ese proceso de requisición.

2.9. Costos de mantenimiento

Para el hospital los costos de mantenimiento se pueden distribuir entre el recurso humano que realiza las actividades cotidianas y los repuestos o materiales necesarios para lograr mantener en uso constante los equipos.

Tabla 12.

Planilla del departamento de Mantenimiento

| Plaza | Personal asignado | Sueldo |
|--------------|--------------------------|---------------|
| Gerente | 1 persona | Q 14,000.00 |
| Jefe de área | 1 persona | Q 7,500.00 |
| Supervisor | 2 por jornada | Q 6,500.00 |
| Mecánico | 3 por jornada | Q 3,000.00 |

Nota. Los sueldos son aproximados, no se obtuvieron los datos reales, el hospital se limitó a no proporcionar esa información. Elaboración propia, realizado con Excel.

El Departamento de Mantenimiento mensualmente le representa costo de mano de obra por Q 52,500.00. Esos costos de mantenimiento no incorporan los gastos de equipos auxiliares o insumos necesarios para realizar las acciones diarias, a esto se le podría sumar los repuestos que son solicitados mensualmente y todo el conjunto de fallas que se van presentando por el deterioro en los equipos, especialmente en la planchadora.

Costos asociados a sus tareas representan mayor tiempo requerido por personal, ciertamente no se les paga por hacer más o menos actividades, pero su salario está fijado para que garanticen que las operaciones cotidianas no se detengan y prevenir fallas en los equipos.

2.9.1. Mano de obra

La conforman los mecánicos, supervisores y el jefe de área. Sus actividades diarias se desarrollan en solucionar problemas en la red de vapor, con la planchadora presentan mayor atención, no mantienen los niveles de calor adecuados para producir la cantidad ropa necesaria que será enviada a todos los

servicios del hospital, en la cocina deben revisar que las tuberías no presenten nuevamente fugas.

2.9.2. Supervisión

El hospital ideó dividir en dos jornadas especiales los turnos de supervisión, ellos apoyan a sus mecánicos en tareas que no requieren mayor compromiso técnico. Su función es recorrer el hospital de forma sistematizada y ordenada. Ya que el hospital no funciona por horarios de atención o ciclos cerrados, ellos monitorean desde su ingreso las áreas donde consideran que pueden existir puntos vulnerables se comunican por radio, al encontrar una falla la reportan al jefe de turno y luego trasladan ordenes de reparación a los mecánicos.

2.9.3. Repuestos y accesorios

Estos dos rubros deberán ser solicitados con tiempo prudencial, se explicará cual es el motivo del requerimiento y la causa, si dentro del requerimiento no se explica una falla hacia equipo, herramienta o tubería, difícilmente ejecuten la orden de compra. El hospital trabaja con bajo presupuesto, por lo cual evitan compras innecesarias que no están corrigiendo algún problema, eso provoca retrasos y paros en los equipos por largo tiempo hasta completar el proceso legal y solicitar los productos necesarios.

2.10. Áreas de atención de lavandería dentro del hospital

El hospital demanda constantemente cargas elevadas de procesamiento de ropa para la lavandería, a esta área ingresan todas las ropas de cama de los diez servicios, se puede describir como servicio toda área de atención por

especialidad dentro del hospital. Además, de la ropa de cama, también son trasladadas las prendas otorgadas a los pacientes, exceptuando maternidad donde se les coloca gorro post parto y bata, en su mayoría de servicios solamente se les otorga bata.

2.10.1. Hospital de día

Para el hospital de día se asignan batas para recambio en los pacientes, se presume que estos pacientes llegan al hospital para alguna consulta general y exploración superficial, por lo cual se utiliza una bata por cada médico para que sea utilizada por el paciente que ingresa a su control. Las batas se retiran al concluir la jornada, la que comúnmente es a las 16:00 horas. Para ese servicio se les asignan 10 batas.

2.10.2. Cirugía de adultos

La cirugía de adultos si presenta mucha más demanda de ropa de cama y batas para los pacientes. Cuando ingresan a sala se les otorga una bata, al salir de sala si la ropa presenta alto grado de contaminación o de manchas de sangre es sustituida, generalmente son sustituidas, para cirugía de adultos en el transcurso del día se pueden captar 100 libras, estas incluyen ropa de cama, gorros y batas. En la jornada vespertina y nocturna desciende el tráfico de personas a sala, desde la tarde hasta el nuevo turno de la mañana del día siguiente se podrán recolectar 30 o 40 libras de ropa.

2.10.3. Medicina interna

Para este servicio en el hospital es común captar 250 libras ropa de cama y batas por día, en medicina interna se tiene un gran número de pacientes, no se

dividen por sexo para el análisis actual, en este servicio es recolectada la ropa cada mañana, los pacientes deberán bañarse antes de las 7:00 am, para que los auxiliares de enfermería puedan recolectar toda la ropa sucia. Esta es almacenada en depósitos grandes puestos sobre carros transportadores.

2.10.4. Maternidad

Uno de los servicios con mayor demanda y tráfico de pacientes, el hospital desde sus inicios diseño un área especial con amplio volumen de espacio para satisfacer la demanda de miles de mujeres a nivel nacional que desean o necesitan poder dar a luz sus hijos sin gastar dinero por el servicio. Para eso el servicio de maternidad cuenta con más de 200 camas y área transitoria para situaciones especiales que se descompense la paciente, también se cuenta con más de 50 incubadoras y camas especiales para recién nacidos.

A este servicio se le presenta mayor producción de ropa sucia, principalmente por la labor de parto, no importando si es por cesárea o parto natural siempre se ensuciará ropa de cama y batas de las pacientes. A los recién nacidos se les puede brindar alguna ropa de cama y colchas para mantenerlos a temperaturas sustentables según sus condiciones. Diariamente se pueden recolectar de 300 hasta 500 libras de ropa, desde la ropa de cama, batas de preparto y postparto hasta las colchas que se les pueda dar a los recién nacidos.

Los controles de cuidado de ropa para maternidad son de mayor criticidad, siempre se presenta el riesgo de contaminación biológica cruzada o posibles desechos hospitalarios dentro de la misma ropa.

2.10.5. Sala de operaciones

Para el servicio de sala es poco el volumen procesado, ocasionalmente pueden ser enviados a lavandería algunas prendas que se utilizan en las mesas de equipo quirúrgico, en sala de operaciones el 99 % de los accesorios o prendas para cirugía son descartables.

2.10.6. Pediatría

Para el servicio de pediatría se emplean aproximadamente 200 camas, en ese servicio las batas son especiales por ser de tamaño regular, los niños al ingresar se les brinda una bata, esa bata es cambiada todos los días por la mañana, los auxiliares de enfermería recogen todas las prendas, su procesamiento es de 100 libras cada día.

2.10.7. Emergencia de adultos

En la emergencia de adultos no se les otorga ropa hospitalaria a los pacientes, únicamente si son ingresados a servicios de adultos o de niños. Las camillas tampoco utilizan ropa de cama, se les coloca papel *kraft* para evitar contaminación cruzada por el constante movimiento y tráfico de personas.

Si un paciente ingresa a emergencia con ropa ensangrentada se le brindara la limpieza superficial necesaria, si la persona ingresa con rasgadura en sus vestimentas o con poca ropa, entonces si es viable que se les pueda brindar una bata, el servicio de emergencia en un día de mayor demanda podría producir 25 libras, su mínimo es de 5 libras.

2.10.8. Cuidados intensivos

El encamamiento para cuidados intensivos es trabajado con otra modalidad, los pacientes están sedados, no todos tienen batas, se les coloca pañal para adultos o niños según el caso, la ropa de cama es completa y son cubiertos con una sábana sencilla. La ropa de cama y la sabana es cambiada cada dos días, según el cuadro clínico del paciente y la opción de poder ser manipulado. Si el cuadro clínico es demasiado crítico o si el paciente se encuentra conectada a diferentes equipos eléctricos para mantenerlo con vida, la administración se evita estar mudándoles de ropa de cama. La variación del servicio dependerá de las condiciones físicas que presentan sus pacientes, lo mínimo podrían ser 50 libras diarias hasta un máximo de 150 libras.

2.10.9. Hogar temporal

Los pacientes que no logran ser reclamados o que perdieron sus familiares en algún accidente son alojados por un periodo de 30 días, luego son enviados a casas hogares, siempre y cuando ellos estén totalmente recuperados sin problemas médicos persistentes, en este servicio se procesa un aproximado de 80 a 100 libras de ropa diaria.

2.10.10. Otros

Algunos médicos pueden hacer uso de los servicios de lavandería, no envían su ropa de trabajo, algunos emplean el servicio para lavar sus batas cuando han sido contaminados en sus labores y presentan riesgo de contaminación biológica cruzada al exponer esos fluidos a ser transportados fuera del hospital. En el transcurso de la semana se podría procesar hasta 50 libras en total de batas y residentes médicos.

3. EVALUACIÓN DE ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE VAPOR

3.1. Evaluación del sistema que transporta vapor

El Departamento de Mantenimiento posee bajo su control y monitoreo la red de líneas de vapor que alimentan la planchadora de rodillos, el vapor es generado por una de tres calderas presentes en el sótano sur del hospital, su distribución permitió colocar el área de Lavandería cercano a la caldera para minimizar la ruta de traslado del vapor, evitar pérdidas y aprovechar de forma eficiente la temperatura trasladada por el propio vapor, por ello se colocan los datos técnicos de la caldera y la distribución de líneas de vapor.

Tabla 13.

Información técnica de la caldera y la línea de vapor

| Instrumento o equipo | Especificación |
|-----------------------------|---|
| Caldera | Cleaver & Brooks, 220 voltios, 40 amperios. Su capacidad de producción es de 34.5 lb/h (BHP) de vapor a 1 atmosfera y temperatura interna de 100 °C |
| Motor soplador | Potencia 15 Hp |
| Calentador de aceite | 7.5 kW |
| Capacidad de ingreso | 12,553,000 BTU/hora (energía necesaria para elevar la temperatura) |
| Cantidad de pasos | 4 |
| Dimensiones | 2.61 metros de ancho, 5.77 metro de largo, 2.69 de alto |
| Combustible | Bunker |

Nota. Los datos de la caldera fueron obtenidos de la placa metálica superpuesta en uno de sus puntos de información. Elaboración propia, realizado con Excel.

La caldera de interés tiene registro y control interno como caldera A, está asignada para distribuir vapor a ciertas áreas del hospital donde se aprovecha el recurso generado para diferentes oficios, el primero de los puntos de abastecimiento es el área de Planchado, donde el vapor no solamente es utilizado para darle movimiento a piezas de la planchadora de rodillos sino que también es aprovechado para desinfectar la ropa y atomizar el mismo vapor en el proceso de planchado para dar un acabado uniforme a la ropa de cama, batas, camisones y mantas.

La caldera fue inspeccionada y monitoreada en diferentes ocasiones con permisos y acompañamientos especiales del personal de mantenimiento quienes guiaron en todo momento la toma de valores en los instrumentos de control, el personal de mantenimiento informó que la caldera provee vapor a 80 psig (presión manométrica) y temperatura promedio de 204 °C monitoreado en la chimenea, en la cámara de fuego se registran 14 psi (libras por pulgada cuadrada de intensidad calorífica).

Para el control, regulación y configuración de la caldera se utiliza el control de mando CB20 que fue adaptado con tecnología reciente que les permite utilizar instrumentos analógicos con instrumentos digitales, es importante para el personal de mantenimiento monitorear constantemente la caldera para evitar sobre presiones, golpes de ariete u otro tipo de falla que pueda generar alguna explosión de la misma.

La evaluación a la caldera y el panel de control según la información brindada por el personal de mantenimiento demuestra estar operando en condiciones óptimas, de lo contrario se debería detener la producción de vapor ya que estaría generando peligro constante al personal de mantenimiento, a las instalaciones del hospital y a los pacientes cercanos al área de la misma.

3.1.1. Comportamiento de los estados del vapor

El vapor sobrecalentado que será utilizado para los rodillos y la planchadora posee concentración de calor, humedad y presión que según la configuración del departamento de Mantenimiento permite trasladar energía calorífica y energía cinética a los equipos de la lavandería. Con el vapor circulando a 100 °C dentro de la tubería puede generar pérdidas por la falta de recubrimiento en la línea completa, de las falencias presentes en la línea es la ausencia de material aislante que contenga la temperatura en toda la trayectoria de traslado.

El vapor sobrecalentado mantiene sus propiedades durante todo el recorrido hasta llegar a los equipos de planchado y de rodillos, luego de cumplir con su función es redirigido hacia los equipos auxiliares de retorno a la caldera, se cuantifican 10 trampas de vapor, 2 chillers, 1 desumificador y 1 intercambiador de calor para que así el vapor no pierda la mayor cantidad de energía calorífica y se genera mayor esfuerzo de recalentado dentro de los pasos de la caldera, por eso el otro estado en el retorno es de vapor saturado.

Muy próximo a ingresar a la caldera el vapor y con las caídas de presión como de temperatura puede obtener el siguiente estado de vapor húmedo, con ello se pierde la mayor cantidad de vapor y se generan más partículas de agua, pero es considerablemente oportuno para un ciclo de regeneración de calor por lo que es inyectado nuevamente a los 4 pasos internos de la caldera que recubren el horno. Las ventajas de reutilizar el vapor generado desde un primer ciclo son porque se reducen las cavitaciones, choques térmicos, incrustaciones y se reduce la dureza del agua.

En resumen, se considera que el vapor posee menor carga de humedad al salir de la caldera, con los equipos auxiliares se continúa extrayendo la humedad para que al llegar a los equipos se optimice el uso de esa energía calorífica, luego concluir con el trabajo de planchado y movimiento de los rodillos el vapor que no se descarga hacia la atmosfera continua en el retorno de la línea hacia la caldera con mayor porcentaje de humedad y menor porcentaje de calor.

3.1.2. Tubería

La tubería es de hierro negro, las líneas de despacho y de retorno poseen diámetro de tres pulgadas y la cedula según consta en registros es útil para traslado de vapor y fluidos a altas temperaturas que no excedan los 150 °C posee uniones con roscas en fases intermedias y con equipos auxiliares, los instrumentos de control analógicos y digitales también están acoplados a las líneas de la tubería.

El estado general es deficiente según pudo constatarse en diferentes visitas técnicas, algunos de los tramos de recorrido son de difícil acceso y las condiciones generales presentan alta concentración de humedad en su entorno, por ello las líneas de la tubería presentan alto índice de óxido y desgaste por otros elementos naturales. La tubería se diseñó con grado de inclinación de 5 % para mejorar la conducción del vapor.

Es importante para el departamento de Mantenimiento reconocer que la tubería y ha llegado a su tiempo de vida útil esperado por lo que es necesario sustituirse con tubería de similares características o con tubería de mayor eficiencia en la concentración de calor, los puntos críticos relevantes son la ausencia de aislamiento térmico, alto deterioro por oxido, fugas en acoples y uniones.

3.1.3. Elementos constitutivos de una red de distribución de vapor

Los elementos o accesorios complementarios de la red de vapor que fueron inspeccionados pueden considerarse operativamente aceptables, las condiciones físicas y funcionales de esos elementos cumplen con el diseño, las fugas son evidentes en la mayoría de los elementos, para el departamento de Mantenimiento las caídas de presión pueden marcar un valor significativo en los costos de operación por el volumen de bunker y agua adicional a la estimación programada por trabajos diarios en la generación de vapor.

3.1.4. Trampas de vapor

En la línea completa se contabilizaron 35 trampas de vapor, se reconocen por ser válvulas automáticas instaladas en los puntos de mayor criticidad o donde puede presentarse una sobre carga, la función es descargar el vapor condensado, pero evitando que escape vapor sobrecalentado. De las 35 trampas de vapor monitoreadas e inspeccionadas se puede constatar que 8 de ellas no accionan con la respuesta esperada, justo antes de una trampa de vapor se puede observar un dispositivo analógico de control de presión ambos cumplirán la tarea de realizar una descarga si excede los 60 psi la línea o la fracción de línea donde se mide el flujo de vapor.

Las trampas que fueron encontradas en mal estado fueron reportadas inmediatamente al departamento de Mantenimiento para que fueran sustituidas, con la deficiencia de varias trampas puede generarse sobre carga de presión a la línea y comprometer la estructura de la misma, las trampas de vapor suelen ser libres de mantenimiento, el fabricante las diseña de tal manera que el mantenimiento preventivo sea mínimo.

3.1.5. Presión

La caldera fue diseñada para soportar una presión máxima de 150 PSI (libras por pulgada cuadra) el jefe de mantenimiento explica que su operación eficiente para generar el volumen de vapor requerido diariamente es configurando la caldera en una presión de trabajo de 80 PSI, desde la funcionalidad de la caldera y su generación de vapor no se registraron caídas de presión, fugas, pérdidas u otros problemas que comprometan la capacidad de cargada esperada en las terminales de las áreas a donde se necesita el vapor.

La presión en la tubería de despacho o de ida debe mantener la misma presión en toda la línea, pero en algunos puntos de conexión o de intercambio de pasos estaría marcando pérdidas significantes, los problemas comunes son fugas por presencia de óxido, fugas en acoples y fugas en bridas. Se pueden registrar caídas de presión desde 5 psi hasta 25 psi por lo que la caldera deberá generar más vapor y sobre exigir el ciclo de calentamiento.

La red de tuberías de envío de vapor y retorno de vapor saturado seco es de 450 metros lineales, la red posee 50 puntos de control y 50 instrumentos de monitoreo, también posee equipos auxiliares para inspección, la evaluación realizada a la línea total da como resultado que un 60 % de la red posee alto porcentaje de óxido, también se contabilizaron 25 puntos críticos con fuga constante en uniones y acoples, de todos los instrumentos de control y medición se identificaron 10 de ellos en malas condiciones y con difícil acción de lectura.

Los defectos y pérdidas en la línea generan mayor consumo de bunker o combustible, la continua fuga del vapor afecta los equipos cercanos a las líneas de vapor e incrementa las condiciones de temperatura en ciertas áreas de trabajo, el mal estado de los instrumentos podría ocasionar accidentes laborales.

Figura 9.

Perdidas de presión en tubería por malas condiciones físicas



Nota. Se desconoce la fecha que fue instalada la tubería en el hospital, la mayoría de la red ya se encuentra en avanzado de deterioro, el óxido es uno de los agentes corrosivos mayormente detectado y es por las condiciones húmedas del entorno, además de no utilizar materiales con recubrimiento o revestimiento especial, por lo que en la figura se muestra uno de los 25 puntos de fugas de vapor. Elaboración propia.

3.1.6. Pérdidas de carga

Se registraron pérdidas en diferentes secciones de la línea primaria de despacho, la presión podría caer de 15 % hasta un 35 % del volumen esperado, afectando la funcionalidad de los rodillos en la planchadora, el resultado final en el área de Planchado es interrupción en el funcionamiento de los rodillos, temperaturas debajo de lo esperado para un mejor planchado, retraso en el procesamiento de volumen de ropa.

Las pérdidas de carga de vapor impactan directamente en los índices de producción de ropa a planchar, por ello se pueden duplicar turnos en personal que realiza esas operaciones porque el hospital no puede dejar de circular ropa de cama y ropa para los pacientes, diariamente se pueden procesar 5 toneladas en el área de Lavado por una tonelada en el área de Planchado, pero si la tonelada de ropa no es procesada se tienen que trasladar personal de otras áreas hasta que se cumpla con la estimación de la producción de lo contrario los pacientes no pueden tener ropa de recambio y las camillas deberán ser utilizadas solo con las colchonetas.

3.1.7. Accesorios de tubería

La evaluación hacia los accesorios identifico trampas termodinámicas, tubería de retorno de vapor condensado con diámetro de dos pulgadas, tanque de alimentación de agua, tanque de suministro químico, bomba de suministro químico, bomba de alimentación, trampa de cubeta invertida, todos estos accesorios están distribuidos a lo largo de la tubería, tanto de despacho como de retorno, con las inspecciones se identificaron deterioros comunes y generales como oxido, sarro, picadura en metales, golpes superficiales, descascarado de pintura y otros equipos discontinuados.

Tabla 14.*Datos técnicos de los accesorios acoplados a la tubería*

| Instrumento o equipo | Especificación | Estado post revisión |
|--------------------------------------|---|---|
| Cheques y válvulas | Válvulas con cuerpo de bronce, asiento de metal, resorte de acero inoxidable, conexión de rosca de 1 ½" tipo macho en la entrada y 2" tipo hembra en la salida, con capacidad de presión hasta 125 psi y descarga de 5600 lb/h de vapor. Presión máxima de operación 250 psi a temperatura de 130 °C | Las válvulas y los cheques de paso (20 en total) presentan desgaste, deterioros superficiales, fugas y pérdidas de vapor, de los 20 registrados 4 son los de mayor criticidad y 5 más en condiciones semi aceptables. |
| Trampa de cubeta invertida | Su cuerpo es de metal (hierro negro) se colocan con la finalidad de retener gases que puedan mezclarse con el vapor, poseen puntos de purga, las presentes son marca Spirax con medida de ¾", su presión máxima es de 300 psi y su temperatura máxima es de 316 °C. | Las trampas de cubeta invertida fallan, por lo regular, en la posición abierta, dando como resultado un sonido continuo similar al del vapor cuando pasa por la trampa, las trampas (10) presentan golpeteos. |
| Trampas de vapor termodinámicas | Marca Hoffman de tipo termodinámica con medida de ¾" su presión máxima es de 500 psi y 316 °C | También se encuentran instaladas 10 trampas, de ellas 6 fueron detectadas en mal estado con fugas y pérdidas. |
| Tanque de alimentación de la caldera | Es cilíndrico, con dimensiones en su largo por 3 metros, diámetro 1 metro, la capacidad de almacenamiento es de 720 galones. | Diferentes uniones y líneas de derivación están anuladas por exceso de corrosión en nipples y acoples. |
| Tanque de suministro químico | Es de hierro reforzado, su interior es de acero inoxidable, su capacidad de almacenajes es de 25 galones. | En su exterior se pueden ver daños por corrosión química y golpes comunes. |
| Motor de suministro químico | Es una Dayton 5K158C su potencia de trabajo 4/3 HP con velocidad de 1 728 rev/min el voltaje demandado es de 115 V, frecuencia 60 Hz, su temperatura máxima es de 40 °C y su motor es eléctrico. | La bomba presenta problemas en el check de auto detenido, el mayor problema es que no se detiene automáticamente hasta que se corta la energía. |
| Motor de bombas de alimentación | La marca es Siemens de tipo RGZ con potencia de 10 HP, velocidad de 1 745 rev/min, 220 voltios, 26.4 amperios, frecuencia de 60 Hz, temperatura máxima de 40 °C, motor eléctrico de 3 fases y peso de 135 lbs. | El motor presenta ruidos en los elementos rodantes con altos índices de desgaste y viruta metálica en los ejes. |

Nota. Se describen todos los accesorios que están conectados a la tubería de despacho y retorno del vapor empleado en el área de Planchado. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.1.8. Pérdidas energéticas

La eficiencia de la caldera en producción de vapor estaría alcanzando un 85 % según los valores presentados por el control diario del departamento de Mantenimiento, las pérdidas energéticas pueden relacionarse con las fugas de vapor en la tubería en todos los puntos ya descritos, pero es de relevancia para el hospital reducir las caídas de presión que impactan en la eficiencia energética esperada, aunque la caldera pueda producir sus 2000 hp de potencia por cada hora se verán afectados en el área de Planchado donde se estimaría que llegan por cada hora 1200 hp, esa diferencia energética afecta en costos de operación, tiempos de procesamiento de ropa, eficiencia mecánica en los equipos y rotación extra de recurso humano.

3.1.9. Parámetros de control

Para que el personal a cargo del monitoreo de la caldera y de las líneas de vapor analicen el funcionamiento de la misma se apoyan en revisiones e inspecciones programadas en los instrumentos de medición que están distribuidos en equipos, uniones, derivaciones, trampas de vapor y otros puntos importantes en la red de vapor.

Tabla 15.*Equipos auxiliares para los parámetros de control*

| Instrumento o equipo | Especificación | Estado post revisión |
|---|--|--|
| Termómetro para el agua de alimentación | Posee carátula para fácil lectura de 3" de diámetro, su caja es de acero inoxidable su rango de medición es de 5 °C hasta 300 °C | La revisión de este instrumento de medición permitió verificar que su condición física interna es aceptable, tanto la legibilidad de los números de control como la flecha de posicionamiento, solamente el exterior se veía en desgaste y corrosión por óxido. |
| Termómetro para gases de escape | Es un dispositivo de medición analógico, la caja es de acero inoxidable y carátula de 3" de vidrio plano, con rango de medición de 0 a 1000 grados centígrados y según el fabricante su margen de error es de +/- 1 %. | De los 6 instrumentos activos 3 de ellos están fracturados en el vidrio por lo que la corrosión, herrumbre, polvo y otros agentes contaminantes comprometen la lectura del instrumento. |
| Manómetro para presión de trabajo | Es un instrumento metálico, posee carátula de 3" de diámetro, el cuerpo es de acero inoxidable su rango de medición es de 0 a 200 psig (0 a 1379 kPa) y su rango de trabajo según informes del departamento de Mantenimiento es de 75 a 80 psi (517 kPa a 551 kPa) | La línea posee 8 manómetros instalados, 3 de ellos se encuentran en malas condiciones y no se puede realizar una lectura clara. |
| Manómetro para presión de combustible | Su cuerpo y condiciones físicas son similares a los otros manómetros, pero su rango de medición es de 0 a 414 kPa su presión media es de 30 psi en operación. | Se contabilizaron dos instrumentos, uno de ellos estaría en la toma externa donde se conecta el camión que despacha el bunker y el otro a un metro del tanque de combustible, el que está en el exterior se encuentra en malas condiciones y no se pueden realizar lecturas fiables. |

Continuación de la Tabla 15.

| Instrumento o equipo | Especificación | Estado post revisión |
|--|---|--|
| Manómetro para la presión de la cámara de combustión | Es un instrumento metálico, su carátula es de 3" de diámetro con caja de acero inoxidable su rango de medición es de 0 a 60 psi, el rango óptimo de trabajo conforme el departamento de Mantenimiento es de 14 a 16 psi fuera de ese rango se monitorean los instrumentos de medición más cercanos, se purgan las trampas de vapor y verifican las fugas en las líneas. | A diferencia de los de los otros manómetros externos se posee un manómetro dentro de la cámara de combustión, sus condiciones físicas y de medición son óptimas según los registros de mantenimiento observados. |

Nota. Los instrumentos descritos en la tabla anterior presentan los parámetros de control en las líneas de vapor. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.2. Mantenimiento de planchadora industrial de rodillos

Las acciones que se realizan en la planchadora son de carácter reactivas, el personal de mantenimiento indica que no poseen la capacidad y los recursos necesarios para ejecutar mantenimientos preventivos a la planchadora, por lo que en los últimos años se ejecutan reparaciones hasta que ocurre la falla, eso impacta en el procesamiento de ropa planchada, uno de sus recurrentes problemas es el bajo volumen de vapor que llega a la planchadora por lo que los rodillos se desplazan a bajas velocidades y arrugan la ropa.

Las piezas móviles son engrasadas una vez por semana, algunas piezas de mayor contacto con las prendas presentan alto índice de desgaste por lo que el planchado es irregular, las líneas de vapor presentan fugas, en general la planchadora industrial requiere de reparaciones, ajustes y otros servicios correctivos.

3.3. Mantenimiento de las líneas del suministro de vapor

De la red de distribución de vapor y sus 450 metros lineales se identificó por el personal administrativo del hospital que 400 metros son líneas originales, el mayor mantenimiento que se les realiza por su alta demanda de vapor son las purgas ocasionalmente, aunque indican que no se pueden realizar otras acciones dentro de la tubería porque esa es su función y serían libres de mantenimiento, pero en su recubrimiento exterior se han deteriorado considerablemente.

Posiblemente el mantenimiento preventivo faltante para el exterior de las líneas de suministro de vapor es la aplicación de recubrimiento que evite el ataque corrosivo y que al óxido genere más deterioro por ser hierro negro, las uniones y acoples necesitan teflón u otro material sellante.

3.4. Mantenimiento de fuente generadora de vapor

El hospital trabaja los 365 días del año por 24 horas por lo que detener la caldera para realizar mantenimientos preventivos es un poco complejo, el mantenimiento ha sido ejecutado por empresas externas que han licitado los eventos y quienes se han dado a la tarea de prestar ese tipo de mantenimiento, el personal de mantenimiento del hospital que se mantiene de planta realiza ciertas operaciones correctivas y algunas pocas preventivas, pero no están capacitados para dar un mantenimiento total a la caldera.

El mantenimiento de la caldera es preciso, complejo y con alta demanda de capacidad y conocimiento técnico, el trabajo dentro del horno de caldera como el hecho de retirar la tubería de los pasos son tareas milimétricas, aunque las tuberías donde el agua es evaporada necesitan de una tercera empresa para

verificar que esos tubos estén balanceados toma un tiempo no menor a 20 días hábiles.

Por todas esas acciones especiales es que la empresa externa llega a desmontar las piezas móviles internas de la caldera y las sustituye durante los días futuros que sean revisadas o corregidas para que así el tiempo muerto de la caldera sea de 24 horas en el desmontaje de las piezas que se retiran a taller y armado de las piezas temporales que quedaran, luego se repite el mismo proceso al concluir el tiempo de maquinado y reparación de los accesorios y piezas internas que necesitaron algunas mejoras.

La programación de estas acciones suele darse una vez por cada dos años que según la administración del hospital es una ventana de tiempo permitida bajo los parámetros del manejo de agua con baja dureza y bajas partículas químicas empleada para generar el vapor.

3.5. Solicitudes de órdenes de trabajo para mantenimiento

El personal de mantenimiento utiliza diferentes hojas para anotar las tareas a realizar en algún proceso de mantenimiento al exterior de la caldera como a las líneas de vapor, pero la mayoría de veces se genera una orden de trabajo de forma verbal y luego se anota en un libro histórico donde se documentan los trabajos realizados, no se posee un formato impreso específico para generar una nuevo orden de mantenimiento y como ha ocurrido constantemente es el mantenimiento reactivo hasta que ocurre una falla.

3.5.1. Plan de mantenimiento

Los equipos auxiliares, las trampas de vapor, los accesorios conectados a la red de vapor y la propia red de vapor posee algunos protocolos de monitoreo, pero no posee un plan de mantenimiento detallado, el personal de mantenimiento explica que el recurso humano disponible para todas áreas del hospital es una carga diaria que no permite realizar tareas preventivas en cualesquiera de las áreas, pero que al iniciar las labores y para el monitoreo de la caldera con sus líneas de vapor se realizan las siguientes acciones.

- Revisión de niveles de agua y niveles de combustible
- Revisión completa de los instrumentos de medición
- Búsqueda y detección de fugas de agua o combustible
- Revisión superficial de las líneas de vapor
- Revisión superficial de los equipos e instrumentos conectados a la caldera

3.5.2. Solicitud de trabajo atendida

Cuando una orden de trabajo se genera oralmente se debe atender con mayor rapidez, pero si una orden de trabajo es presentada por escrito se debe asignar desde el departamento de Mantenimiento a la persona con mayor capacidad para realizar dicha tarea, luego de cumplir con lo solicitado se presenta verbalmente la culminación de la misma al jefe inmediato superior y si fue por escrito se presenta la orden generada donde se anota que fue lo que se realizó con los datos de la persona responsable.

3.5.3. Solicitud de trabajo no atendida

Al igual que las ordenes de trabajo emitidas, si una orden de trabajo fue generada oralmente y no se cumple con lo solicitado el jefe inmediato superior del personal de mantenimiento genera una llamada de atención por escrito a la persona que se lo solicito realizar dicha tarea, pero si una orden de trabajo por escrita no ha sido complementada hasta pasadas 48 horas se asigna a un técnico de mantenimiento diferente porque de alguna u otra forma se presentas excusas justificables del porque no se realizaron las tareas programadas.

Las solicitudes de trabajo no atendidas pueden superar el porcentaje de solicitudes de trabajo ejecutadas siendo otro factor importante a considerar para mejorar el programa de mantenimiento preventivo en el área de Planchado.

3.6. Análisis calorífico

La caldera opera continuamente en rangos de temperatura de 70 °C a 85 °C a través de ese rango de operación el personal puede monitorear que la energía calorífica generada en el horno de la caldera es el adecuado, si la temperatura decae de los 70 °C se activa una alarma sonora por lo que el personal evalúa visualmente la caldera el suministro de combustible y los accesos de agua a los pasos, pero se estima que el rango más alto de operación son los 85 °C pero no es necesario que llegue a ese límite superior si la temperatura estaría por llegar a dos grados de ese límite superior se activa nuevamente una alarma sonora para que el persona reaccione inmediatamente y verifique que podría estar generando el incremento de calor.

3.6.1. Pérdidas de calor

Dentro de la caldera no se reconocen caídas de presión y pérdidas de calor, pero en las líneas de vapor se puede constatar que existen pérdidas de calor por radiación y por fugas, las pérdidas de calor por radiación ocurren por el mal estado física de la tubería, a mayor porcentaje e índice de corrosión y oxido el calor puede perderse con mayor velocidad, las fugas, aunque son condicionadas diariamente también generan pérdidas de calor considerables.

El vapor que se necesita al final de la línea debería llegar a una temperatura estándar de 80 °C pero se consideran las variables de flujo másico que es el encargado de darle energía cinética a los rodillos y otros elementos de la planchadora, pero con las fugas detectadas en la trayectoria de la tubería disminuye el flujo esperado.

Las pérdidas de calor por radiación son comunes en toda la línea de vapor, siendo ese otro factor que altera la eficiencia esperada al planchar la ropa y desinfectarla con vapor, los valores del departamento de Mantenimiento establecen que la eficiencia en flujo másico de descarga es de un 65 % y el monitoreo del control de temperaturas en la descarga del vapor suelen encontrarse en un 75 % de la temperatura promedio esperada.

3.6.2. Fugas

Se verifica que persisten fugas en acoples, bridas, uniones y en algunos tramos de las líneas de vapor, de los 450 metros y sus 200 uniones se estimaría que un 45 % del total de la red de vapor posee fugas y puntos críticos donde el vapor puede escapar a la atmosfera.

3.6.3. Aislamiento térmico

No se ha empleado aislamiento o recubrimiento térmico en las líneas de vapor, cuando se montaron las líneas originales fueron recubiertas con materiales químicos especiales (pinturas resistentes al calor), pero luego de 30 años de operaciones continuas y las condiciones comunes de humedad deterioraron todo ese recubrimiento dañando la estructura de la tubería y generando más oxido de material aislante.

3.6.4. Costos asociados a pérdidas de energía térmica

Según datos internos del hospital se verifica que una bata de talla única planchada tendría un costo de operación de Q 2.50 con las operaciones del personal y el equipo trabajando eficientemente, pero con las pérdidas de vapor, las fugas de agua, los retrasos por desabastecimiento de combustible, los paros inesperados por fallas o cualquier otro evento ajeno al mantenimiento preventivo programada eleva el costo a Q 9.50 por cada prenda planchada triplicando el valor del trabajo final esperado.

Las fugas en general incrementan los costos de operaciones por mayor requerimiento de agua y mayor requerimiento de combustible según lo programado, pero el mayor costo que impacta al hospital es duplicar turnos con personal a cargo de las tareas de mantenimiento y personal a cargo de procesar las 5 toneladas de ropa diarias esperadas.

3.7. Accidentes laborales

En el área de Planchado y el área donde se encuentra la caldera se han registrado 10 accidentes desde enero 2021 a diciembre 2022, los accidentes que

se registraron en el área de la Caldera son por quemaduras causadas por vapor, se atendieron a 5 personas de mantenimiento por quemadura de primera grado a causa de la exposición y contacto con el vapor, pero la administración del hospital indica que el personal de mantenimiento que trabaja en el área de la Caldera y con el monitoreo de las líneas de vapor debería utilizar camisas manga larga de lona, y según informes médicos internos del propio hospital estas personas no portaban el atuendo asignado para las tareas asociadas a la zona de la caldera.

Los accidentes registrados en el área de Planchado fueron causados por distintos factores, pero se registraron eventos de atrapamiento de extremidades superiores en los rodillos planchadores, quemaduras por exposición al vapor y laceraciones por corte, el personal que trabaja en el área de Planchado está expuesto a altas temperaturas y extensas jornadas de trabajo, por la exposición al calor que puede superar los 35 °C durante una jornada de trabajo de 8 horas genera estrés en el trabajador, fatiga, mareo y otros trastornos por continua exposición al calor.

Otros accidentes registrados por la deficiente señalización industrial también fueron registrados y se ocasionan al trasladar la ropa planchada en las áreas paralelas a las líneas de vapor que al recostarse o estar muy cercanos a ellas causa quemaduras por radiación directa.

3.7.1. Señalización

En las dos áreas de estudio se evidencio que la señalización es deficiente, no se identificaron señalización de precaución por las condiciones generales de valor en las líneas de vapor, se tuvieron a la vista algunas señales de ruta de evacuación, tampoco se identificó alguna señalización de código de colores para

identificar las líneas paralelas a la línea de vapor, algunas pueden trasladar agua común, otros, oxígeno y la de vapor.

3.7.2. Áreas de trabajo de alto riesgo

Para la zona de la caldera el personal debería portar todo su equipo de protección personal, la administración del hospital indica que se les han brindado casco de seguridad, tapones auditivos, lentes industriales, botas con punta de acero, pantalón y camisa de lona con mangas largas, guantes, linterna para el casco y reflectivos, con ello se pretende reducir el riesgo de daño al tropezar con los equipos que se encuentran en esa área.

En el área de Planchado el personal no posee todo ese equipo de protección personal por el tipo de actividad que realiza y por la elevada temperatura constante que allí persiste, además que la administración del hospital no considera esa zona como área de Alto Riesgo ya que no se operan maquinas o equipos industriales solamente se hace uso del vapor generado por la caldera.

El área de la Caldera puede ocasionar daños significativos si el personal no trabaja de forma ordenada, concentrada y conforme a lo que se le ha establecido, pero el personal que trabaja en el área de Planchado podría sufrir quemaduras con mayor facilidad por la exposición al vapor.

3.7.3. Equipo de protección personal

El personal de mantenimiento y el personal del área de Planchado poseen el equipo de protección personal dotado por la administración del Hospital Roosevelt, algunos si cumplen con la portación y uso completo del mismo, pero

otros a diferencia pueden utilizar solo algunos implementos del equipo completo brindado, el personal de mantenimiento que verifica las condiciones de la caldera no porta camisa de lona manga larga, algunos portan zapatos tipo tenis.

3.8. Bitácoras de mantenimiento

Se reconoce así a los registros generados por cada mantenimiento realizado a la caldera, a los equipos e instrumentos auxiliares a sus líneas de vapor. El Departamento de Mantenimiento posee un registro físico con anotaciones en un libro foliado tipo actas, ese archivo contiene las tareas y acciones realizadas en los últimos dos años.

No se posee un formato estandarizado para las bitácoras de mantenimiento, y como ya se ha explicado en otros apartados de este documento que se pueden generar ordenes de trabajo de forma verbal o por escrito, y dependerá de la modalidad de cómo fue generada la orden de trabajo para así ser anotada en el libro histórico de mantenimientos realizados a la caldera o a sus líneas de traslado de vapor.

La bitácora es un instrumento importante de control para el departamento de Mantenimiento y es una de sus mayores debilidades, el personal de mantenimiento podría mejorar sus tareas diarias si posee una secuencia lógica ordenada de lo que deben realizar bajo una programación estudiada con tiempo, todo ello puede mejorar los índices económicos de las operaciones diarias.

3.8.1. De líneas del suministro de vapor

No se posee una bitácora para el monitoreo, revisión, reparación y mantenimiento ejecutado en las líneas de vapor, las tareas se han diseñado

desde tiempo atrás y se trasladan verbalmente al personal de mantenimiento, cuando se adhiere un nuevo elemento al personal de mantenimiento se le explica que debe hacer y de qué forma hacerlo no es una capacitación formal y tampoco se le brindan herramientas físicas como bitácoras para el monitoreo de las líneas de suministro de vapor.

3.8.2. De planchadora industrial de rodillos

El área de Planchado registra sus mantenimientos de forma paralela al registro generado con las acciones realizadas en la caldera o con las acciones realizadas con las líneas de distribución de vapor, pero tampoco posee bitácoras estandarizadas donde se puedan verificar que tipo de tareas fueron ejecutadas.

3.8.3. Base de datos de mantenimiento

Mensualmente una persona de mantenimiento ingresa los trabajos efectuados conforme a equipos, líneas de vapor y hacia la caldera, no se tiene acceso a esa base de datos digital, solamente se pudo tener a la vista los libros o instrumentos físicos que utilizan para generar su registro de mantenimientos realizados.

La base de datos digital del hospital podría contener información importante acerca de los mantenimientos hechos a la caldera a las líneas de vapor y a la planchadora de rodillos, con esos datos se podría diseñar el mantenimiento preventivo ajustado a los límites de las fallas registradas.

3.9. Solicitudes de compra

La solicitud de compra es el instrumento que cumple con el objetivo de registrar que tipo de artículo, bien o servicio se estaría adquiriendo, ya que el Hospital Roosevelt es una institución pública que depende del presupuesto del Estado debe cumplir con lo establecido con la Ley de contrataciones, donde se establece un techo presupuestario para compras directas y si sobrepasa ese valor estimado es necesario hacer una licitación pública.

El Departamento de Mantenimiento deberá de enviar un informe detallado de los accesorios, equipos, instrumentos, herramientas o cualquier otro tipo de artículo necesario para realizar los mantenimientos, es por eso que no poseen solicitud de compras porque ellos no manejan algún fondo monetario o caja chica para realizar compras, todo lo que necesitan comprar se traslada por medio del jefe de mantenimiento hacia el departamento de Compras.

3.9.1. Repuestos y accesorios

Para comprar repuestos y accesorios se deberá presentar el informe detallado de la o las piezas a comprar, las especificaciones deben ser lo más detalladas posibles para que así el departamento de Compras contacte a los fabricantes o distribuidores en Guatemala, si el repuesto o accesorio supera el techo establecido por la Ley de Contrataciones del Estado deberán diseñar el instrumento público para su licitación, por eso es que los tiempos para ejecutar las reparaciones podrían demorarse hasta 60 días.

Es importante que el hospital y sus reglamentos de compras defina qué tipo de repuestos o accesorios deberían poder comprarse en forma directa para reducir el tiempo de reparación a la caldera, sus equipos y las líneas de vapor.

3.9.2. Materiales

Los materiales de mayor demanda pueden ser lubricantes, grasas, *whipes* y otros de uso común, esos materiales se almacenan en la bodega de materiales del hospital donde el personal de mantenimiento tiene un espacio asignado, según datos internos del departamento de Mantenimiento se reconoce que tres veces al año se ejecutan compras de los materiales ya mencionados y es un *stock* suficiente para cumplir con los mantenimientos programados, de necesitar algún material adicional será necesario solicitarlo por el mismo medio al Departamento de Compras.

3.9.3. Mano de obra para el mantenimiento

Las empresas externas que realizan los mantenimientos a la caldera a los equipos de la caldera a las líneas de transmisión de vapor y a la planchadora de rodillos deben participar en licitaciones, el departamento de Mantenimiento traslada el oficio detallado de lo que se necesitará realizar y luego de emitir un informe técnico por algún profesional de la ingeniería industrial o ingeniería mecánica se suben las bases al portal de Guatecompras para recibir las ofertas en los servicios.

Los valores están siendo fijados por el departamento de Compras y son ellos quienes evalúan cada una de las propuestas, es importante que la empresa o el profesional ofertante demuestre capacidad, conocimiento, experiencia, respaldo técnico y manejo de escenarios de emergencia al trabajar con los mantenimientos de la caldera. La mano de obra que se contrata de forma externa debe presentarse con su equipo de protección personal y deberá poseer respaldo de algún seguro de vida por cualquier tipo de emergencia o accidente laboral, la administración del hospital estará exenta de cualquier responsabilidad civil.

4. DESARROLLO DE PROPUESTA PARA LA EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE VAPOR

4.1. Acciones para evaluar el sistema de suministro de vapor

Es necesario mejorar las tareas de monitoreo hacia la red de vapor, la caldera y los equipos auxiliares, las pérdidas de vapor que se pueden apreciar con alguna inspección sencilla demuestran que las condiciones de operación son irregulares, es por ello que se deberán programar nuevas acciones que permita recuperar el buen estado de las líneas de vapor y mejorar la eficiencia de producción de vapor donde se aprovechará en su máxima capacidad la planchadora de rodillos.

Aunque las mejoras que se plantean deberán ser evaluadas por el jefe de mantenimiento se pueden incorporar algunas mejoras temporales, con la administración del Hospital Roosevelt se debe cumplir con diferentes mecanismos internos de evaluación, análisis y autorización de acciones, no se puede disponer o simplemente girar ordenes de forma verbal al personal sin antes generar alguna acta o memorándum que se presenta a la máxima autoridad quien es el que autoriza los cambios, ajustes o cualquier otro tipo de actividad que se desarrolle bajo su administración.

El jefe de mantenimiento ha explicado que por los mecanismos extensos de autorización de procedimientos es el resultado deplorable de las líneas de vapor y sus equipos, el personal que trabaja bajo su cargo tampoco hace su mayor esfuerzo al respaldarse en los reglamentos internos que elaboran los sindicatos y donde se establece que toda orden y cambio de tareas deberá ser

autorizado previamente por la máxima autoridad de lo contrario estaría incumpliendo con su contrato laboral. Por todas esas razones se dejan propuestas las siguientes acciones que deberían implementarse para mejorar el sistema de suministro de vapor.

- Comprometer al personal de mantenimiento a ejecutar las tareas de monitoreo para identificar fallas, corrosión, fugas o daños en los equipos y líneas de vapor.
- Si el personal de mantenimiento identifica fugas, daños físicos en líneas de vapor y equipos deberá reportarlos inmediatamente al jefe superior.
- Si el personal de mantenimiento identifica fugas y daños físicos en sus áreas de inspección y puede corregir la falla sin necesidad de comprar artículos adicionales a los que ya posee deberá solucionar el problema.
- El personal de mantenimiento deberá trabajar con mayor compromiso hacia sus tareas diarias porque es una de las varias debilidades detectadas, sino se les asigna alguna reparación o tarea adicional no toman la iniciativa de realizarlo.
- El personal de mantenimiento debería corregir las fallas encontradas a diario sin necesidad de solicitar permisos adicionales a otros departamentos por ello es el incremento del deterioro de la red de vapor.
- Se deberá recuperar el 75 % de la red de vapor sustituyéndose o recubriéndose con materiales químicos o con pinturas tipo industrial de alto rendimiento.

4.1.1. Informar sobre plan de acción

El plan de acción se basará en comunicarle al personal de mantenimiento que su compromiso hacia la verificación y recuperación de todo el sistema productivo de vapor es una meta constante donde sus tareas aunque no les sean monitoreadas por diferentes situaciones por falta de tecnología o por falta de presupuesto, los factores de presupuesto, materiales, insumos, falta de herramienta es un principal reto a cubrir por la administración del hospital, los fondos destinados para el continuo funcionamiento del hospital en general están clasificados y divididos por áreas siendo las más importantes o de mayor relevancia para pago de personal, compras de insumos médicos, pero de los últimos renglones por cubrir se encuentran los servicios de mantenimiento.

El plan de acción debería comprometer en ambas vías a la administración del hospital para que asigne un presupuesto digno para las tareas que allí se llevan a cabo, por ejemplo, el personal de mantenimiento no puede recubrir las líneas de vapor con materiales químicos, pinturas u otro material físico cobertor porque no poseen la autorización de realizar compras directas, eso limita, retarda y acelera las malas condiciones físicas de operación y funcionalidad en todo el sistema de vapor.

El compromiso del personal de mantenimiento deberá incrementarse, la forma de realizarlo es meramente compleja, pero el jefe de mantenimiento podrá fortalecer su comunicación con el personal a su cargo con la finalidad de trabajar como un mismo equipo y con las mismas metas claras, aunque el recurso sea limitado se deberá cumplir con las necesidades del hospital las cuales son el aprovechamiento del vapor generado en la caldera y que ese vapor sea utilizado en el área de Planchado para procesar ropa de cama y ropa para los pacientes con el uso responsable de los recursos asignados.

4.1.2. Generalidades

Verificar que los equipos todos los días al recibir el turno es la principal regla, si alguno de los equipos presenta fallas deberá corregirse, no se posee *stock* de equipos para sustituirse por lo que será necesario repararlo ya sea en su posición o retirarlo hacia el banco de trabajo, pero si la caldera se encuentra en funcionamiento no se pueden retirar los equipos auxiliares hasta que termine el ciclo de producción del día o de la semana. Las líneas de vapor ya se ha explicado que no pueden ser sustituidas por el complejo trámite y proceso de licitación, solamente se pueden corregir las fugas en fisuras, uniones y acoples.

4.1.2.1. Transporte de vapor

Para el transporte de vapor es necesario que se corrijan todas las pérdidas o fugas encontradas en la línea, para ello el personal utiliza material de aporte galvanizado en láminas delgadas para recubrir el punto de la falla, no se puede colocar soldadura por la presión con la que el vapor es expulsado, pero el personal podrá trabajar con las reparaciones solamente cuando la caldera se encuentra detenida de lo contrario el vapor puede fluir sin detenerse y provocar daño al personal de mantenimiento que intente corregir la falla.

4.1.2.2. Distribución de vapor

La distribución de vapor posee fallas en algunos tanques de respaldo de vapor, en las uniones se identificaron varias fugas que necesitan ser selladas, diariamente deben monitorearse, aunque no se conoce algún material permanente de fácil aplicación para sellar las líneas de vapor se pueden realizar soldaduras TIG para un mejor acabado en el hierro negro, en el área de Planchado persisten fugas, pero unas tuberías de hule.

4.1.2.3. Uso de vapor

Siendo un plan de acción es necesario que se verifiquen las condiciones de descarga de vapor, pero el personal de lavandería con toda la carga de trabajo y presión por llegar a su meta de planchado le complica aún más el monitorear los instrumentos de medición en la descarga del vapor, comúnmente ese personal no tiene conocimiento general de cómo pueden leerse los instrumentos de medición por prestarle atención al planchado y que la ropa sea procesada con ritmos de tiempo acelerados.

El vapor debe aprovecharse en un 100 % para el planchado porque esa es su finalidad, las fugas en la lavandería no se pueden corregir por otro personal que no sea el de mantenimiento, pero al presentarse problemas, fallas o emergencias de deben realizar paros totales de todos los equipos que allí utilizan vapor incluyendo la planchadora de rodillos y esperar hasta que llegue algún miembro de mantenimiento, mientras llega la persona se detiene la producción de ropa planchada, pero el personal de lavandería podría ser capacitado en reparación de fugas y problemas comunes con las líneas de vapor que no son de metal para que ellos también puedan aportar al proceso de mejoramiento de los equipos y reducción de fallas por medio de detección temprana utilizando reportes hacia el departamento de Mantenimiento.

4.1.2.4. Parámetros del vapor

Las descargas en el área de Lavandería deben permanecer en rangos de temperatura de 70 °C a 75 °C no se poseen otros instrumentos de medición para verificar que posee el porcentaje de humedad bajo que idealmente debería estar en 0 y el flujo debe ser constante sin interrupción para que la planchadora no se detenga.

4.1.2.5. Recuperación de condensado

Esto se realiza en la línea de retorno al recuperar una fracción del vapor despachado en la planchadora, es necesario recordar que el vapor se emplea para darle movimiento a los rodillos y atomizarse en la ropa que está siendo planchada, pero ese vapor atomizado se descarga a la atmósfera y no se puede recuperar, pero el vapor que se descarga en líneas que mueven los rodillos y otros brazos se recupera con un chiler colocado a cinco metros del retorno de la lavandería, ese chiler se monitorea para verificar que la humedad que se está acumulando sea descargada en su válvula de alivio y no se acumule tanta humedad que comprometa el vapor de retorno.

4.1.2.6. Medición de eficiencia en el suministro de vapor

Es necesario monitorear los instrumentos de medición, ya se poseen los rangos establecidos que permiten acumular esa información durante un día de labores, solamente que no se han creado historiales de medición y es una necesidad a implementar, por lo que se deberá verificar durante los recorridos de inspección ya programados a las líneas de vapor y sus equipos auxiliares las anotaciones de los instrumentos de medición, el personal a cargo de esa tarea deberá llenar una bitácora diaria donde anote la fecha, hora y valor marcado en su inspección.

Al concluir la jornada esa información se trasladará hacia un archivo digital para graficarse y ver por medio de una curva el comportamiento de la eficiencia de vapor registrada, el límite inferior y superior se relacionará con la presión de descarga en el primer punto de la caldera y ese valor debería ser el mismo en el área de Lavandería de lo contrario se deben buscar las caídas de presión.

4.1.2.7. Consideraciones generales de usos finales de vapor

El diseño original de instalar la caldera en el hospital fue para distribuir vapor a diferentes áreas que requerían recurso energético de calor, todavía se encuentran líneas de vapor que conectan con el área de Cocina y el área de Limpieza. El vapor es un recurso importante en los hospitales para la desinfección de equipos médicos, instrumentos de acero inoxidable, desinfección de ropa y aportar energía calorífica en áreas donde la temperatura puede ser baja, por ello es necesario reactivar algunas líneas que fueron dadas de baja por sus malas condiciones pero primero se deberán realizar estudios económicos y estudios técnicos que permita establecer el costo total de las reparaciones incluyendo la cantidad de recurso humano necesario y el costo total para reactivarse el aprovechamiento de vapor.

4.1.2.8. Gestión y control de mantenimientos

Los mantenimientos y su programación son responsabilidad del jefe de departamento, se puede apoyar en algunos de los técnicos que poseen mayor tiempo trabajando en el hospital pero su gestión no ha sido la deseada por las malas condiciones finales de la red de vapor, la pronta recuperación de esas líneas de vapor es una meta básica para el jefe de mantenimiento y el diseño del control de mantenimiento como herramienta diaria permitirá garantizar que la caldera, sus equipos auxiliares y el suministro de vapor no presentaría fallas inesperadas constantemente.

El control de mantenimiento deberá mostrarse con la planificación sin una meta clara no se pueden medir resultados, al diseñarse la planificación de tareas, correcciones, monitoreos y acciones preventivas se mejoraría la gestión.

4.2. Aportes del plan

Las inspecciones, las acciones preventivas y las acciones correctivas que de compromiso laboral el personal de mantenimiento debe sumar a sus actividades diarias representarían ventajas económicas y ventajas administrativas el hospital, el departamento de Mantenimiento deberá fortalecer el actuar de su personal pero no con llamadas de atención o emitiendo sanciones administrativas, primero deberán mejorar las condiciones con las que se realizan las tareas diarias y con ello se debe sumar que el departamento de Compras permita al departamento de Mantenimiento mejorar los mecanismos de adquisición de insumos, equipos y herramientas.

El mantenimiento preventivo y el monitoreo no se puede basar expresamente en accione de supervisión constante o de reportar las fallas que surgen diariamente, es importante reconocer que todo equipo, maquinaria, infraestructura o instrumentos auxiliares en la industria presentarán fallas tempranas y fallas continuas por desgaste, por ello es que el personal asume que bajo su responsabilidad pueden generar los datos necesarios para que el sistema interno del control de las áreas permita verificar en tiempo real el estado de todos los equipos utilizados para producir vapor y ser despachado en el área de Lavandería.

Finalmente se reconoce que los aportes del plan quedarán limitados por las mejoras que se puedan llevar a cabo en lo administrativo como en la ejecución de las tareas diarias, pero las condiciones físicas de las líneas de vapor y de los equipos que ya se encuentran en malas condiciones no podrán mejorar sin ser sustituidos y para eso deberán cumplirse los protocolos establecidos por Guatecompras y los trámites administrativos internos solicitados por el departamento de Compras.

4.2.1. Mejoras en comunicación asertiva

Los canales de comunicación entre el jefe de mantenimiento y su personal son por vía oral y en algunos casos por escrito, pero la comunicación entre departamentos es exclusivamente por escrito y con oficios, la comunicación entre los compañeros de trabajo y sus superiores debe mejorar en sentido de aceptación de tareas.

La comunicación asertiva entre el personal de mantenimiento y su superior inmediato consistirá en cumplir con el conjunto de tareas asignadas diariamente, resolver las dudas que surgen en la jornada de trabajo por acciones no programadas y solucionar los conflictos que generan las fugas de vapor, pero los técnicos de mantenimiento deberán apoyarse constantemente con el personal de servicios administrativos y el personal del área de Lavandería para reportar nuevas fallas o las fallas comunes que no cesan.

Trasladar un reporte de falla a tiempo y evidenciar el por qué está ocurriendo es importante para la comunicación asertiva, no reportar a tiempo una falla genera que un problema de menor intensidad se vuelva de complicado a imposible de resolver.

4.2.2. Mejoras en ambiente laboral

El clima laboral debe mejorar con el nuevo modelo de comunicación, parte vital de eso es reconocer y respetar la cadena de mando por lo que los compañeros dentro de sus tareas podrán solicitar apoyo y posiblemente observaciones en las tareas que ejecutan pero el personal de menor rango no podrá girar instrucciones a un superior, entre superiores tampoco se podrán girar ordenes, pero todo el personal de mantenimiento tiene la obligación de brindar

apoyo a su compañero de trabajo ante cualquier situación que pueda poner en riesgo la integridad física de ellos como apoyarse cuando una sola persona no puede concluir algún trabajo complicado.

4.2.3. Disminución de riesgos

Evitar, contener y minimizar la permanencia de fugas de vapor es el principal reto para el personal de mantenimiento, pero su mayor reto consiste en recuperar la línea de vapor que presenta alto índice de deterioro, como ya se ha establecido y según los trámites administrativos del hospital que especifican la necesidad de licitar en formato público para que algún proveedor pueda sustituir la tubería casi completa.

El departamento de Mantenimiento si puede realizar esa tarea de cambio de tubería, pero no poseen la capacidad técnica para trabajar con la caldera y los ajustes generales en los equipos que derivan de la red de vapor, por ello es que se han tomado la tarea de contener las fugas de vapor, el riesgo de quemaduras podrá disminuir solamente si la tubería es cambiada en su totalidad de lo contrario persiste el peligro de que presente una nueva fisura en un nuevo punto distinto.

4.2.4. Señalización

Las mejoras con la señalización podrán estar enfocadas en pasillos y caminamientos, algunas áreas poseen alto porcentaje de oscuridad donde se pierde el área de paso por lo que se podrá utilizar pintura fluorescente en los pisos para señalar el camino y que no se transiten por espacios cercanos a la red de vapor o espacios próximos a los equipos auxiliares de la caldera. La señalización de la tubería es otro cambio necesario porque han perdido el color original y las señales presentes datan desde que se inauguró el hospital.

4.2.5. Documentación de procesos

Cuando el personal de mantenimiento ejecuta tareas extras o tareas adicionales a lo que corresponde según sus atributos deberán documentar todo lo que fue necesario corregir, modificar, sustituir o mejorar que por la ausencia de formatos se propone utilizar el siguiente.

Tabla 16.

Ficha para documentar nuevos procesos

| HOSPITAL ROOSEVELT | |
|--------------------------------|----------------------|
| DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO | |
| Nombre: | Fecha: |
| Área: | |
| Acciones realizadas: | |
| Materiales empleados: | |
| Hora de inicio: | Hora de culminación: |
| Realizado por: Víctor Espinoza | Aprobado por: |

Nota. La ficha anterior se diseña para el personal de mantenimiento y sea la herramienta empleada en documentar los procesos que están fuera de las tareas diarias del personal de mantenimiento. Elaboración propia, realizado con Excel.

4.2.6. Digitalización de procesos

Los procesos deben documentarse y luego digitalizarse, el departamento de Mantenimiento ya posee una base de datos donde se incorporan las tareas de mayor relevancia, el factor limitante con ese recurso es la capacidad de almacenamiento del equipo de cómputo disponible en las oficinas de mantenimiento, la red interna del hospital no posee un recurso externo donde se guarde una copia de toda la información documentada por ello es necesario mejorar la infraestructura digital que permita mejorar la capacidad de almacenamiento y así poder cargar diariamente todos los procesos que fueron ejecutados.

Los procesos que requieren mayor interés en la digitalización y que servirán para la administración de los recursos disponibles es conforme los insumos utilizados a diario, también se deben actualizar las reparaciones en tuberías, equipos auxiliares, instrumentos de medición y en las áreas de planchado, pero la complejidad de ese efectuar ese proceso es el tiempo que requiere hacer el levantado de texto y traslado de información por lo que podrían migrar totalmente hacia los recursos digitales.

Aunque se poseen correos y servidores institucionales se podría aperturar una cuenta privada en la plataforma Google por medio de ella se pueden acceder a herramientas de control en tiempo real como los formularios de Google Drive con la apertura de un formulario en Google Drive donde se fije un solo administrador quien generará un hipervínculo o link a donde el personal de mantenimiento tendrá acceso durante la jornada de trabajo y por medio de ese formulario podrán colocar los procesos realizados y los insumos empleados, las ventajas de ello es que se puede monitorear el tiempo empleado en determinada ejecución de tareas, se mejora el control de los insumos porque se colocaran las cantidades exactas y se generan gráficas de control mensualmente.

4.2.6.1. Solicitudes de órdenes de trabajo

Ya que el personal de mantenimiento posee tareas predeterminadas conforme su rol o puesto necesitan presentar la justificación al jefe de mantenimiento por acciones de sustitución o extracción de equipos, también se deben justificar los paros programados en la caldera y los paros programados en el área de Planchado, para todo ese tipo de acciones se deben presentar ordenes de trabajo pero el departamento no posee esos formatos y se utilizan hojas de papel bond que se acumulan en folders por cada mes transcurrido. Para ello se diseñó el siguiente formato para utilizarse como orden de trabajo.

Tabla 17.

Formato de orden de trabajo

| HOSPITAL ROOSEVELT | |
|--------------------------------|----------------------|
| DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO | |
| Nombre: | Fecha: |
| Área: | |
| Acciones a realizar: | |
| Materiales requeridos: | |
| Hora de inicio: | Hora de culminación: |
| Realizado por: Víctor Espinoza | Aprobado por: |

Nota. La ficha anterior cumplirá con las necesidades de utilizar una orden de trabajo para ejecutar tareas distintas a las ya establecidas para cada uno de los empleados de mantenimiento. Elaboración propia, realizado con Excel.

4.2.6.2. Eficiencia en los procesos

Los procesos que se llevan a cabo en el área de Caldera pasando por las líneas de vapor de distribución y finalizando en el área de Lavandería son: monitoreo diario, inspección continua, mantenimiento correctivo y emisión de reportes de fallas generales pueden mejorar con la implementación del plan de acción y las estrategias ahí planteadas.

Los procesos que se realizan diariamente en las zonas descritas no son deficientes por sí mismo porque el personal no cumpla con las tareas impuestas o con las metas establecidas por el jefe de mantenimiento, la eficiencia se ve limitada por la falta de insumos como lubricantes, material para soldadura, equipo para soldadura, *stock* de repuestos y cualquier otro *item* asociado a las líneas de traslado de vapor y al funcionamiento de los equipos.

Por es necesario que se mejoren los procesos internos para que el departamento de Mantenimiento pueda realizar compras en menor tiempo de lo que habitualmente se tarda en adquirir repuestos y accesorios, todo el tiempo que le toma al departamento de Compras diseñar las bases de la licitación y que sea aprobada por algún profesional de la ingeniería externo al hospital puede emplear hasta 8 días hábiles posterior a eso se apertura la licitación y se reciben las oferta por otro periodo de 15 días hábiles.

Luego de recepcionar las ofertas se analizan, se comparan y se verifican que los posibles ofertantes cumplan con todos los requisitos legales que exige Guatecompras para que posteriormente se les pueda autorizar la licitación y ellos en los próximos 20 días puedan despachar los repuestos y materiales de mantenimiento necesarios.

Pero si ese tiempo de licitación, compra y despacho se puede reducir a 5 días hábiles con la responsabilidad total del departamento de Mantenimiento se reducirán casi 30 días en todo el proceso, de esa forma se pueden mejorar los índices de productividad y de eficiencia.

4.2.6.3. Optimización de los procesos

Es necesario optimizar las acciones de monitoreo, también se deben fortalecer las tareas de recolección de información durante el día conforme a los recorridos que realizan desde el área de la Caldera hasta la zona de planchado, el vapor que escapa a la atmosfera no puede ser recuperado y con ello se evidencian las pérdidas económicas para el hospital.

Mejorar el formato de compra de los repuestos es otra meta a corto plazo, con ello se presenta a la administración del hospital el tiempo que requiere desde que se identifica que repuesto es necesario comprar hasta que ingresa al departamento de Compras luego de un largo proceso de licitación, para ello es necesario autorizar que se ejecuten compras directas justificadas.

Los mantenimientos preventivos no pueden llevarse a cabo conforme lo establece el programa general del departamento de Mantenimiento porque no poseen los insumos necesarios, sin esos insumos no se realizan tareas de limpieza de tuberías, sellado de fugas en tuberías, uniones u otros puntos críticos. Todos esos procesos de mantenimiento retardan la producción de ropa planchada.

El último proceso a mejorar y que es necesario implementar es el uso de las fichas diseñadas para el levantado de información de nuevos procesos como las fichas diseñadas para las compras de equipos, repuestos e insumos.

4.3. Eficiencia térmica en el proceso de secado y planchado

Es necesario identificar qué instrumentos de medición son aceptablemente funcionales, porque según las visitas técnicas realizadas se identificaron 10 manómetros de presión y de temperatura en malas condiciones que comprometen la lectura, con la lectura errónea se generan diferentes errores en la producción del vapor, se podría sobrecargar la caldera en carga de trabajo, al igual que las líneas propias de vapor pueden contener más presión que lo esperado por el fabricante.

Por todos esos factores es necesario incorporar al mantenimiento preventivo informes específicos sobre todos los instrumentos de medición para validar y verificar el volumen de vapor que se está descargando en la lavandería, la eficiencia térmica para el proceso de secado y planchado es obtener el vapor con el menor porcentaje de humedad por lo que se puede verificar que en la línea final de descarga cumpla con los parámetros de temperatura y humedad esperada.

No solamente eso, también deberá cumplir con los parámetros de volumen deseado en función del tiempo y en pro de la carga de trabajo que se está procesando, ya que procesar 5 toneladas de ropa para el área de Lavandería es una meta diaria que aún en jornadas extras de trabajo se deben cumplir esos valores para que la demanda diaria pueda ser cubierta. El proceso de secado y paralelamente el proceso de planchado pueden mejorar al actualizar y mejorar sus líneas de vapor de caucho, es otro material que data de hace diez años y que también posee fugas de vapor, al sellar las fugas de vapor y sustituir los instrumentos de medición de control se mejoran las inspecciones y se obtienen datos con menor incerteza sobre el volumen entregado en el área de Planchado y en especial con las variables de interés como temperatura y humedad.

4.3.1. Consumo térmico

Se puede inspeccionar el consumo térmico con parámetros de medición como los rangos de temperatura que están programados en la descarga de la caldera y se puede comparar con los equipos auxiliares distribuidos en las líneas de vapor, otros puntos de recolección y muestreo pueden ser las trampas de vapor donde se pueden realizar lecturas de temperatura aleatorias del vapor de descarga saturado.

El Departamento de Mantenimiento posee los valores reales de las descargas en la caldera y con esos valores se podrían comparar lecturas en 3 puntos de la línea de vapor en el tramo que se dirige al área de Planchado y finalmente se pueden comparar con los valores del área de Planchado justo antes de utilizarse en los rodillos y planchadora. Sería necesario que el personal de mantenimiento que realiza las rondas de inspección realice ese levantado de datos, pero puede aprovecharse nuevamente la tecnología digital con el diseño de un formulario exclusivo para esos datos que por medio de las herramientas de Google se pueden crear gráficas de curvas para ver los rangos y cambios de temperatura en función del tiempo (Cruz, 2019).

4.3.2. Temperatura del vapor

La temperatura del vapor deberá ser constante desde la descarga de la caldera hasta su aplicación en el área de Lavandería, se monitoreará de la misma forma que el consumo térmico porque son directamente proporcionales en el departamento de Mantenimiento se han fijado los valores de 70 °C a 75 °C por debajo de ese rango y por encima del mismo se deberán activar alarmas sonoras que deben instalarse para que se pueda brindar una respuesta inmediata y evitar continuidad en la deficiencia de esos valores.

4.3.3. Calidad del vapor

Es necesario que el vapor que se descarga en el área de Planchado sea libre de humedad en un 95 % como mínimo, pero eso puede monitorearse físicamente con los resultados directos en la ropa planchada y con el movimiento de los rodillos que son accionados por el mismo valor, si la ropa procesada no obtiene el acabado liso fino en su estructura y se dejan residuos de humedad o gotas de agua es porque la calidad del vapor se está comprometiendo, aunque se estime que el mismo proceso genera condensación en los puntos de insuflado pero con el menor porcentaje de humedad se estima que ese efecto de condensación se puede mitigar en su mayoría.

4.3.4. Entalpía y entropía del vapor

El calor y la energía aprovechados por la generación del vapor puede inspeccionarse en ambos puntos críticos del proceso, el primer punto de inspección es la caldera y el segundo punto de inspección es el área de Lavandería, se entiende por entalpía al calor generado por evaporar el agua y ese valor debería ser estable respecto al tiempo a la demanda de vapor y al volumen de agua que se esté inyectando a la caldera.

Y la entropía es la cantidad de energía necesaria para alcanzar ese punto de ebullición del agua, el valor de la entropía dependerá del valor generado en el hogar de la caldera, ese valor de calor deberá permanecer en el límite máximo que oscilan los 750 °C en el centro del hogar, pero puede disminuir a 700 °C y continuar produciendo vapor sin problemas. El monitoreo debe ser constante porque los cambios de temperatura bruscos pueden generar cambios de presión igual variables y bruscos que podrán causar alertas de evacuación del hospital por algún posible incidente de explosión de la caldera.

4.3.5. Manejo de vapor

El personal de mantenimiento es el único y exclusivo personal técnico y capacitado para regular los equipos auxiliares de la caldera, también es el único personal capacitado y autorizado para reconfigurar algunos parámetros de producción de vapor en la caldera y en el área de Planchado, todo el personal ajeno al Departamento de Mantenimiento tiene prohibido realizar esas acciones o actividades que podrían poner en riesgo su salud.

4.4. Operación de planchadora industrial de rodillos

Las inspecciones generales durante la jornada de trabajo cuando la planchadora se encuentra en operaciones son responsabilidad del personal de lavandería, para ellos es importante asignarles el monitoreo y la evaluación de la descarga de vapor durante su jornada de trabajo, se entiende que sus tareas son altamente demandantes pero deberán gestionar algún formato de anotación de eventos o incidentes que se presenten porque de esa área y de ese personal no se poseen registros que permita analizar la descarga final del vapor.

La obligación principal del departamento de Mantenimiento consiste en generar el vapor y despacharlo hacia la lavandería pero ese personal no puede estar en el área de Lavandería monitoreando el funcionamiento de los rodillos con el uso eficiente del vapor, esas tareas deberán asignarse a los operarios de lavandería quienes deberán utilizar sus bitácoras para levantar datos en sus jornadas de trabajo y así emitir informes de cómo es el funcionamiento de la planchadora y de los rodillos, de presentarse problemas de operación deberán contactar al personal de mantenimiento para cruzar información y ver qué solución es la de mayor viabilidad.

4.5. Ejecución del mantenimiento

Cuando se realizan tareas de mantenimiento correctivo se deberán anotar en las bitácoras impresas diseñadas para dicha actividad, pero si el personal de mantenimiento continúa trabajando con el mismo formato de no crear su archivo histórico detallado no se pueden esperar cambios positivos en la recuperación y aprovechamiento del vapor.

Durante la ejecución del mantenimiento puede emplearse el formato digital propuesto que estaría anotándose en la carpeta de Google Drive del jefe de departamento y tendría mayor control sobre las tareas asignadas, sobre el tiempo previsto y asignado para realiza esas actividades y sobre los insumos empleados, con el fácil acceso digital a su base de datos puede evaluar la hora de inicio de las tareas asignadas y el horario de culminación, que a diferencia del modelo actual se desconoce el momento en que inician las reparaciones o correcciones de los equipos.

4.6. Tiempo de vida útil de la maquinaria y equipo

Se identificó que de los equipos, las líneas de vapor y la maquinaria que se emplea en el proceso completo de producción de vapor y ser utilizado en la planchadora de rodillos ya ha superado su tiempo de vida útil estimado, si son funcionales la maquinaria y los equipos pero su alto deterioro es percibido a simple vista, las fugas, los paros inesperados y las fallas continuas en todos esos equipos marcan un punto de no retorno para adquirir nuevos equipos, la caldera es operativa y funcional su estructura externa por lo que puede seguir siendo utilizada. La vida útil se degrada por las condiciones naturales del ambiente interno del hospital y por la continua demanda de vapor que para el hospital es un recurso altamente necesario.

4.7. Ergonomía

El trabajo de mantenimiento que se debe realizar a la caldera a los equipos y a las líneas de vapor requiere que se realice diferente esfuerzo corporal y posiciones algo incómodas por la relación de profundidad, distancia y posición hacia el suelo, la intención de este capítulo es describir las acciones relevantes para la evaluación del suministro de vapor, por lo que evaluar la ergonomía al realizar los mantenimientos puede exigir al personal adaptarse al entorno en donde se trabaja o mejorar el área de trabajo.

Pero modificar el área de trabajo es aún más complejo por lo que el personal de mantenimiento deberá acoplarse y trabajar conforme los espacios le permitan, acciones que se realicen desde el suelo son muy pocas y la mayoría de las reparaciones en los equipos pueden localizarse a alturas promedio de 1.60 metros desde el suelo, por lo que trabajar a esas alturas no exige mayor esfuerzo ergonómico.

4.7.1. Diseño adecuado de las instalaciones

Las instalaciones no pueden ser modificadas, para lograr autorizar un orden de trabajo de remodelación de infraestructura o modificaciones por trabajos de obra civil deben presentarse las justificaciones previas, los estudios económicos, los recursos necesarios, el tiempo estimado del proyecto, el cumplimiento de las normativas legales internas del hospital y de las bases de la Ley de Contrataciones del Estado para que luego sea presentado a Junta Directiva quienes evaluarán su viabilidad, de ser positivo el proyecto se traslada a Guatecompras para su licitación y se solicitará a una empresa externa que realice los trabajos requeridos, por lo que el modificar la tubería y distribución de los equipos puede ser un proceso largo y sin resultados a corto tiempo.

4.7.2. Condiciones ambientales correctas

Es necesario que se regulen las emisiones de vapor al medio ambiente (Domínguez, 2015), también es importante y necesario contener las fugas de vapor, las trampas de vapor poseen goteo constante, las tuberías por las pérdidas de vapor generan saturación y condensación por lo que se provoca goteo constante, los equipos con mayor índice de desgaste y en peores condiciones deberán ser removidos para evitar ser fuentes de contaminación.

4.7.3. Correcta selección del equipamiento

Se deberá capacitar constantemente al personal administrativo y a los mandos medios para que identifiquen y asignen el equipo de seguridad adecuado al personal de mantenimiento y al personal de lavandería, para ello se evaluaron las condiciones generales y se identificó que el personal si posee su equipo de protección personal mínimo y necesario.

Se deberá supervisar al iniciar labores a media jornada y por la tarde justo antes de salir de turno si el personal porta y utiliza su equipo de protección, si el personal no porta su equipo de protección personal o no lo porta adecuadamente se puede hacer un llamado de atención y levantar un reporte que con copia al departamento de Recursos Humanos para que quede constancia que el personal no cumple con las normas de seguridad internas.

La correcta selección del equipamiento debe complementarse con la proyección del tiempo de vida estimado del calzado y de las prendas de uso diario, los lentes de seguridad pueden sufrir menos desgaste al igual que los chalecos reflectivos, todo el demás equipamiento puede sustituirse una vez al año para respaldar la integridad física de sus portadores.

4.7.4. Diseño y organización de tareas

Se verifican las tareas diarias conforme a la guía y distribución de áreas de trabajo, para cada área se distribuyen un número limitado de personal con ciertas actividades diarias a realizar, la mayoría de esas actividades deben cumplirse por horarios específicos donde su eficiencia según el departamento de Mantenimiento alcanza un 85 % pero ese diseño puede mejorar si se optimizan tareas repetitivas y tareas fuera de las áreas asignadas.

4.8. Costos

Se presentan los costos relacionados con la inspección, el monitoreo y la implementación del plan de reacción para mejorar las tareas del mantenimiento preventivo y mejorar las condiciones operativas de la red de distribución de vapor y el aprovechamiento del vapor en el área de Planchado.

Tabla 18.

Costos de implementar las inspecciones y monitoreos diarios

| Programa de capacitación | | | | |
|--|----------------------------------|------------------|----------------|-----------------|
| Área de Refuerzo | Cantidad de personal involucrado | Horas por sesión | Costo unitario | Costo total Q |
| Daños por quemaduras | 6 | 3 | 375.00 | 1,125.00 |
| Prevención de accidentes laborales | 6 | 3 | 450.00 | 1,350.00 |
| Medio ambiente | 6 | 3 | 375.00 | 1,125.00 |
| Equipos periféricos, tuberías, manómetros y otros instrumentos | 6 | 3 | 375.00 | 1,125.00 |
| Fuego y extintores | 15 | 3 | 450.00 | 1,350.00 |
| Prevención de riesgos por quemadura con vapor | 15 | 3 | 450.00 | 1,350.00 |
| Costo del programa de capacitación | | | | 7,425.00 |

Continuación de la Tabla 18.

| Procesos administrativos a mejorar | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------|
| Área de Refuerzo | Cantidad de personal involucrado | Horas hombre requeridas | Costo unitario / hora | Costo total |
| Distribución de tareas | 8 | 12 | 190.00 | 2,280.00 |
| Evaluación de red de vapor | 8 | 12 | 190.00 | 2,280.00 |
| Evaluación del vapor despachado | 2 | 10 | 190.00 | 1,900.00 |
| Costo de mejorar los procesos administrativos | | | | 6,460.00 |
| Remodelaciones y mejoras a realizar | | | | |
| Compras necesarias | Cantidad | Horas hombre requeridas | Costo unitario / hora | Costo total |
| Sustitución de tubería para transportar vapor | 450 mts | 8 | 190.00 | 60,800.00 |
| Sustitución de instrumentos de medición para presión | 25 | | 475.00 | 11,875.00 |
| Recubrimiento de tubería | 450 mts | 50 | 115.00 | 5,750.00 |
| Sustitución de tuberías en área de Planchado | 120 mts | 30 | 115.00 | 3,450.00 |
| Sustitución de trampas de vapor | 10 | | 275.00 | 2,750.00 |
| Sustitución de instrumentos de medición para vapor seco | 6 | | 390.00 | 2,340.00 |
| Costo de remodelaciones | | | | 86,965.00 |
| Equipo de protección personal | | | | |
| Camisas y pantalones resistentes al vapor | Exclusivo para personal de mantenimiento | 8 | 760.00 | 6,080.00 |
| Guantes de alta temperatura | | 8 | 260.00 | 2,080.00 |
| Costo para licitación del equipo de protección personal | | | | 8,160.00 |
| Resumen de los costos de la propuesta | | | | |
| Costo del programa de capacitación | | | | 7,425.00 |
| Procesos administrativos a mejorar | | | | 6,460.00 |
| Costo de remodelaciones y mejoras | | | | 86,965.00 |
| Equipo de protección personal | | | | 8,160.00 |
| Costo total de la propuesta | | | | 109,010.00 |

Nota. La tabla contiene los costos de cada uno de los aspectos importantes y necesarios a mejorar desde la caldera hasta la zona de planchado. Elaboración propia, realizado con Excel.

4.8.1. Costos por mantenimiento

Serán los costos asociados a las nuevas tareas de monitoreo, prevención y mitigación de fugas de vapor solamente si se llega a cumplir con las necesidades básicas de sustituir los 450 metros de líneas de vapor, aunque ese es un rato bastante elevado por la complejidad de la producción de vapor que es necesario constantemente en el área de Planchado y en otras áreas cercanas a la caldera. Los costos por mantenimiento pueden mejorar con la implementación de las bitácoras y el nuevo programa de recolección de información con los medios digitales donde la información pueda generar una base de datos y se identifiquen fácilmente las fallas del día o las fallas de la jornada que el personal de mantenimiento está actualizando constantemente.

4.8.2. Costos de operación

El costo de operación se mantendría igual ya que no se ve la necesidad de duplicar jornadas laborales y tampoco se duplicaran funciones o se incorporará nuevo recurso humano a la plantilla existente, solamente es necesario organizar los atributos y roles del personal de mantenimiento con una adecuada supervisión pero el monitoreo efectivo también puede verse optimizado si el personal migra de presentar informes físicos escritos en hojas de papel bond e inician a cargar datos al Google Drive que puede crearse por el jefe de mantenimiento.

Es importante reconocer que todas aquellas correcciones, cambios, sustitución de equipos, sustitución de líneas de vapor como cualquier modificación que se le realice a la caldera y la red de vapor deberá ejecutarse por una empresa externa especialista en calderas, la necesidad radica en que el personal del hospital posee conocimiento empírico y no posee certificaciones.

4.8.3. Costos de inventarios

Está es una de las mayores propuestas planteadas al jefe de mantenimiento y que podrían escalar hacia la administración general del hospital donde se autorice por medio del departamento de Compras la acción de poseer un *stock* de repuestos de mayor criticidad y de repuestos que no se pueden comprar en territorio guatemalteco.

El interés de mejorar el *stock* de inventario es directamente proporcional a las necesidades demandadas por las operaciones diarias en la producción de vapor, accesorios sencillos como las trampas de vapor que no se encuentran en bodega generan pérdidas de vapor constantes, sección de tuberías para ser reemplazadas tampoco se contienen en bodega por ello es la importancia de adquirir *stock* y que representen costos de almacenaje y costos de equipos almacenados.

4.8.4. Stock de repuestos

Es necesario adquirir instrumentos de medición, tubería de hierro negro, trampas de vapor, material de sellado tipo teflón o similar para las roscas en las secciones donde se unen las tuberías, equipos de mayores dimensiones no pueden requerir permanecer en bodega de *stocks* de repuestos pero si es muy necesario adquirir los repuestos donde las fugas de vapor y la condensación genera goteo constante, toda esa descarga de vapor y la humedad generada por la condensación y la humedad aceleran el proceso de oxidación de la tubería y de los equipos. Mitigar por completo las fugas con los repuestos presentadas en las distintas tablas permitirá optimizar los recursos asignados a la producción de vapor y reducirán los costos de operaciones y los costos de insumos.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA

5.1. Resultados obtenidos

La identificación de los puntos críticos que fueron trasladados al jefe de mantenimiento demostraron las falencias generales con las que cuenta el área de la Caldera y el área de Planchado, luego de exponerle a las autoridades cuales son los procesos ineficientes que se ejecutan a diario para monitorear y realizar el levantado de información es obsoleto, por ello es necesario migrar hacia el uso de tecnología donde las personas de rangos superiores pueden monitorear todas aquellas acciones que se realicen por el personal de mantenimiento desde su ingreso a labores hasta que concluye su jornada.

Utilizar bitácoras para los mantenimientos correctivos y mantenimientos preventivos es otro de los principales retos para el personal de mantenimiento ya que el control y registro de los mantenimientos que emplean hasta finales del año 2022 son irregulares, los libros donde anotan las tareas ejecutadas suelen ensuciarse o perderse por lo que esos datos referenciales no permiten gestionar los mantenimientos preventivos programados.

El procedimiento y los procesos existentes para adquirir repuestos, insumos y lubricantes para prestarle las reparaciones a los equipos auxiliares de la caldera incluyendo la propia caldera genera exceso de tiempo desde que se genera la falla hasta que el ofertante final es adjudicado para que pueda llegar al hospital a entregar ese artículo eso impacta drásticamente en los periodos de inoperatividad de la caldera y en la falta de producción de vapor por lo que la ropa es enviada a empresas externas para ser procesada y planchada.

5.2. Interpretación de los datos

Los datos y valores generados en las inspecciones del personal de mantenimiento son inconclusas por las malas condiciones de los instrumentos de medición por ello es necesario reemplazarlos por nuevos instrumentos y nuevos equipos para mejorar la acumulación de información y crear su base de datos que permita monitorear el volumen de vapor generado en la caldera y el volumen de vapor entregado en el área de Planchado.

Si los rangos de temperatura encontrados en sus históricos no fueron simétricos o no se mantuvieron en los márgenes establecidos es importante evaluar qué tipos de fallas se presentaron durante esos tiempos de operaciones, aunque la información es inconsistente así como los registros de mantenimientos se puede verificar que si es de importante relevancia el mejorar los instrumentos de medición y las alarmas acústicas programadas cuando los niveles de vapor, presión y calor no son los estimados.

Los registros de los últimos seis meses del año 2022 demuestran que las fallas son constantes que la generación de vapor demanda más combustible y más agua de lo que se estaría estimando conforme a la cantidad de ropa a procesar diariamente en planchado, pero lo de mayor alarma es la cantidad de fugas de vapor que se encuentran en toda la línea de vapor que compromete los datos de las descargas de vapor en la lavandería y los datos de lectura con relación a temperatura y humedad.

Todos los datos que fueron recopilados hasta finales del año 2022 podrían estar viciados por las malas condiciones de los instrumentos de medición en la caldera en las líneas de vapor y en la lavandería, es importante generar una nueva data y partir de esos valores para medir las eficiencias.

5.3. Aplicación de mejoras

Por el sistema interno y por las normativas legales en las cuales se rige la funcionalidad y administración del Hospital Roosevelt se presenta el documento completo donde se plantea el resultado de la evaluación en la producción de vapor con la caldera y la evaluación a las líneas de vapor con las mejores necesarias y los nuevos procesos que podrían mejorar sus operaciones, pero todas estas mejoras recomendadas y propuestas no pueden llevarse a cabo hasta que sea analizada por la autoridad del departamento de Mantenimiento y que por medio de su aceptación lo traslade al departamento de Compras para otra aprobación y finalmente se presente a junta directiva.

Luego de que estas autoridades y junta directiva evalúen el contenido completo de cómo fue la evaluación y su reporte situacional se generaría un reporte oficial para ser trasladado a las autoridades superiores como los ministerios de salud y la contraloría general de cuentas, la necesidad de que estas instituciones se involucren con en análisis situacional es por la necesidad de diseñar y autorizar los mecanismos propuestos para realizar los mantenimientos correctivos, las compras, adquisición de repuestos y autorización de un presupuesto al departamento de Mantenimiento que mejore así las condiciones generales para garantizar la continua producción de vapor, erradicar las fugas y garantizar que los equipos alcanzarán el tiempo de vida útil programado.

Las mejoras podrán esperarse para el próximo año y posiblemente para dos años por que el material de análisis deberá ser evaluado en distintas instancias como instituciones por lo que el presupuesto asignado al Hospital Roosevelt posee una o varias partidas presupuestarias y sería necesario crear la partida presupuestaria para el departamento de Mantenimiento.

5.4. Ventajas y beneficios

Innumerables ventajas y beneficios pueden esperarse al mejorar los procesos en el mantenimiento de la caldera y sus equipos, pero las mayores ventajas incidirán en el personal mejorando las condiciones de trabajo y la oportunidad de acceder a insumos, materiales, herramientas y maquinaria especializada para ejecutar sus tareas a diario.

Figura 10.

Ventajas y beneficios de evaluar el sistema de producción de vapor



Nota. La imagen destaca algunas de las ventajas y algunos de los beneficios que conlleva el desarrollar nuevas tareas del mantenimiento preventivo, así como el poseer autorización oficial en poseer un presupuesto propio del departamento de Mantenimiento. Elaboración propia, realizado con Word.

5.5. Acciones correctivas

Es necesario sustituir e intercambiar los instrumentos de medición que fueron reportados como inoperables e ilegibles para obtener una lectura clara o eficiente, contener las fugas de la línea de vapor, pero es necesario sustituir la tubería en su totalidad, incorporar a los procesos los nuevos modelos de toma de datos con herramientas digitales para generar nuevos valores históricos y que demuestren las condiciones de la red de distribución de vapor en tiempo real.

El mayor de los requerimientos o necesidades correctivas dependerán de la autorización por las autoridades internas y externas del hospital el otorgar un presupuesto al departamento de Mantenimiento para compras directas, también es importante que se posea un *stock* de repuestos y de aquellos equipos que requieren más de dos meses para poder ser entregados por el fabricante luego de hacer el pago del mismo.

5.6. Reuniones periódicas entre departamentos

La comunicación asertiva y mejorar los canales de comunicación es otro de los retos intra departamentos por lo que una reunión mensual podría mejorar los datos sobre la eficiencia en los procesos, cada uno de los departamentos posee un registro de información mínima pero durante estas reuniones se podrán cruzar datos y registros de los mantenimientos realizados por el personal interno del hospital y de aquellas modificaciones, actualizaciones, cambios y mejoras que fueron ejecutadas por empresas externas a la administración del Hospital Roosevelt. Compartir una base de datos con los registros actualizados permitirá concentrar la reunión en puntos específicos que buscan optimizar la producción de vapor e incrementar la producción de ropa terminada en la lavandería, todo esto puede darse si es autorizado de forma institucional e internamente.

CONCLUSIONES

1. La red de vapor posee y presenta fugas en uniones, además se identificó alto porcentaje de corrosión por óxido en un 75 % de los 450 metros.
2. Los instrumentos de medición de temperatura y vapor poseen alto índice de desgaste en el cuerpo del mismo, pero la mayoría de esos elementos ya no son operables por sus pésimas condiciones.
3. Las trampas de vapor y la tubería pueden generar pérdidas termostáticas constantemente por las fisuras y por las malas condiciones en los entre roscados, eso genera caída calorífica al llegar a la zona de planchado.
4. Los mantenimientos registrados en las pocas bitácoras del departamento de Mantenimiento fueron de tipo correctivo muy pocos fueron registrados como mantenimientos preventivos y en su mayoría los mantenimientos correctivos fueron realizados por empresas externas.
5. Se identificó que el proceso para autorizar los mantenimientos externos es por medio de licitaciones, pero los mantenimientos que se autorizan internamente son de menor complejidad por lo que no se sustituyen piezas, equipos y tubería, solamente se corrigen fallas o se sellan fugas de vapor.
6. La mesa de trabajo como la maquinaria colocada en la lavandería ya posee un estudio ergonómico previo donde se basaron en tallas y medidas estándar del personal que laboraba hace 40 años en el hospital.

7. Los costos de los mantenimientos autorizados para empresas externas podrían oscilar en los rangos de Q 195.00 a Q 215.00 la hora hombre contratada, pero los costos de los equipos, maquinaria, tuberías, insumos u otros recursos empleados se fijarán por el departamento de Compras.

RECOMENDACIONES

1. Sustituir la tubería en mal estado de toda la red de vapor, sus 450 metros ascienden a un costo de Q 60,800.00 según los valores de la Tabla 18.
2. Actualizar y mejorar todos los instrumentos de medición para obtener valores reales de temperatura y vapor que se despacha en la caldera y se recepciona en el área de Lavandería.
3. Identificar las fisuras y las trampas de vapor en toda la red de distribución de vapor para corregirlas y sellarlas para evitar la caída calorífica en la zona de planchado.
4. Incorporar las bitácoras propuestas en los mantenimientos preventivos y así generar un nuevo archivo histórico de las acciones realizadas a los equipos, a la red de vapor y los equipos auxiliares.
5. Promover la solicitud hacia junta directiva y hacia las autoridades superiores necesarias para brindar cierta independencia y autonomía al departamento de Mantenimiento en los procesos de compras de repuestos y en los procesos de contratación de empresas externas en los mantenimientos correctivos.
6. Respetar los límites ergonómicos existentes en el área de Lavandería, el personal que allí labora no ha presentado quejas por fatiga, por cansancio extremo o por daños corporales por malas condiciones físicas en la planchadora de rodillos.

7. Capacitar y certificar al personal de mantenimiento del Hospital Roosevelt para aprovechar el recurso humano interno en realizar los mantenimientos correctivos que suelen ser tercerizados.

REFERENCIAS

- Benavides, L. (2017). *Salud laboral: conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales*. McGraw-Hill.
- Cardona, A. (2014). *Mantenimiento preventivo industrial*. Brasil: Coromant.
- Cengel, B. (1996). *Termodinámica*. AENOR.
- Cruz, F. (2019). *Control numérico y programación*. McGraw-Hill.
- Cumes, C. (2012). *La falta de regulación de los mantenimientos y sus consecuencias en los equipos*. McGraw-Hill.
- Domínguez, M. (2015). *Contaminación ambiental*. AENOR.
- Hemeroteca. (14 de diciembre de 2017). 1955: comienza a funcionar el entonces resplandeciente Hospital Roosevelt. *Prensa Libre*. <https://www.prensalibre.com/hemeroteca/el-resplandeciente-hospital-roosevelt/>
- Hospital Roosevelt. (2016). *Inicios del Hospital Roosevelt*. Hospital Roosevelt. <https://hospitalroosevelt.gob.gt/historia/>
- Progressive Energy Services [Servicios de Energía Progesiva]. (2008). *Innovative Technologies to Exploit Untapped Waste Energy* [Tecnologías innovadoras para explotar energía residual sin explotar]. PES.

APÉNDICE

Apéndice 1.

Instructivo propuesto para cuando ingresan al área de Caldera y Lavandería

**INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD PARA
CONTRATISTAS Y PROVEEDORES**

Acciones obligatorias para ingresar a las instalaciones



Toma de
temperatura



Botas con
punta de acero



Vestimenta
adecuada



Lavado de
manos



Toma de
temperatura



Uso de
alcohol en gel



Distanciamiento
social



Cascos de
seguridad

Prohibiciones dentro de las instalaciones



Uso de teléfono
celular



Prendas sueltas,
relojes, pulseras,
collares



Pantalones cortos



Zapatos no
industriales,
tacones, sandalias

Continuación del Apéndice 1.

| INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD PARA CONTRATISTAS Y PROVEEDORES | |
|---|---|
| <p><u>Normas y medidas de seguridad para realizar los siguientes trabajos</u></p> | |
| <p>Trabajo en altura Contar con el equipo de protección necesario</p>  <ul style="list-style-type: none">• Vestimenta adecuada• Botas industriales• Tapones auditivos• Arnés de seguridad• Casco de seguridad• Guantes de seguridad | <p>Trabajos eléctricos Contar con el equipo de protección necesario:</p>  <ul style="list-style-type: none">• Vestimenta adecuada• Botas industriales• Tapones auditivos• Guantes de seguridad• Lentes de seguridad• |
| <p>Trabajo en confinamiento Contar con el equipo de protección necesario</p>  <ul style="list-style-type: none">• Vestimenta adecuada• Botas industriales• Tapones auditivos• Arnés de seguridad• Casco de seguridad• Guantes de seguridad• Cinturón para herramientas | <p>Trabajos de soldadura Contar con el equipo de protección necesario</p>  <ul style="list-style-type: none">• Vestimenta adecuada• Botas industriales• Tapones auditivos• Guantes de carnaza• Gabacha de carnaza• Protección visual |
| <p>Nota: Para trabajos de soldadura debe contar con un extintor cerca en todo momento.</p> | |
| <p><u>¿Qué hacer en caso de emergencia?</u></p> | |
| <p>Si la alarma de emergencia suena durante su estadía en nuestras instalaciones debe:</p> <ul style="list-style-type: none">• Mantener la serenidad para evitar la histeria colectiva• Seguir las instrucciones del personal de brigada en todo momento.• En caso de movimiento sísmico debe ubicarse en lugares alejados de ventanas u objetos que puedan caer.• Y si la situación lo amerita debe buscar el punto de reunión más cercano. | |

Nota. El instructivo contiene lineamientos y los riesgos comunes que se pueden suscitar en la caldera y lugares cercanos, es importante que los visitantes y contratistas respeten los lineamientos de seguridad para no comprometer su salud física y la de los trabajadores del hospital. Elaboración propia, realizado con Visio.