



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

**DISEÑO DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO,
PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE,
DEL HOSPITAL GENERAL “SAN JUAN DE DIOS”**

Luis Fernando Cuyan Culajay

Asesorado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Guatemala, julio de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO,
PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE,
DEL HOSPITAL GENERAL “SAN JUAN DE DIOS”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS FERNANDO CUYAN CULAJAY

ASESORADO POR LA INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Ing. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Baten Esquivel
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO,
PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE,
DEL HOSPITAL GENERAL “SAN JUAN DE DIOS”,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, en agosto de 2005.

Luis Fernando Cuyan Culajay

AGRADECIMIENTO A

Dios	Por ser la fuente de sabiduría que iluminó mis pasos, darme la fuerza para cumplir mis objetivos, y permitir disfrutar de este momento junto a mi familia y amigos.
Universidad de San Carlos de Guatemala y Facultad de Ingeniería	Por permitir mi formación profesional al servicio de la sociedad.
Departamento de Física	Por constituirse en una parte fundamental en mi desarrollo ético y profesional durante los últimos años de mi carrera.
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	Por su apoyo en la realización del programa de EPS, y en especial a la Inga. Norma Ileana Sarmiento, por su apoyo y colaboración, sin el cual no hubiese podido cumplir este logro.
Hospital General “San Juan de Dios”	Por permitir la realización de este proyecto y el apoyo brindado durante el desarrollo del mismo.

ACTO QUE DEDICO A

Mis padres

Juan Pablo Cuyan y María Anita Culajay, porque sin el apoyo brindado durante todos estos años, no se hubiese concretado la meta que hoy termina y sólo les puedo decir que lo logramos; !GRACIAS!

Mis hermanos

Byron, Lucía y Francisco, por estar siempre a mi lado y compartir mis logros y fracasos.

Mis amigos

Y a todos aquellos con quienes compartí agradables e inolvidables momentos durante mi estancia en la Universidad, y cuya amistad incondicional me motivaron a seguir adelante.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VI
RESUMEN.....	VIII
OBJETIVOS.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	XI

1 GENERALIDADES DEL HOSPITAL GENERAL

“SAN JUAN DE DIOS”.....	1
1.1 Reseña histórica.....	1
1.2 Estructura organizacional.....	3
1.3 Departamento de mantenimiento.....	5
1.3.1 Organización.....	6
1.3.2 Recurso humano.....	8
1.4 Servicios de apoyo médico.....	8
1.4.1 Sección generadora de vapor.....	9
1.4.2 Sección generadora de agua caliente.....	9
1.4.3 Bombas.....	10

2 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....

2.1 Departamento de mantenimiento.....	11
2.1.1 Administración del mantenimiento.....	11
2.1.2 Personal a cargo del mantenimiento.....	15
2.1.3 Rutinas actuales de mantenimiento.....	15

2.1.4	Compra de repuestos y contratación de servicios.....	17
2.1.4.1	Orden de compra.....	17
2.1.4.2	Caja chica.....	19
2.2	Sección generadora de vapor.....	22
2.2.1	Calderas.....	23
2.2.2	Tuberías y accesorios.....	24
2.3	Bombas.....	26
2.3.1	Bombas de agua fría.....	26
2.3.2	Bombas de agua caliente.....	26
2.3.3	Bombas de recirculación.....	26
2.4	Sección generadora de agua caliente.....	30
2.4.1	Red de distribución de agua caliente.....	30
2.4.2	Calentadores.....	32
2.4.3	Tuberías.....	34
2.4.4	Revestimientos.....	34
2.4.5	Sistema de recirculación.....	35
2.4.6	Accesorios.....	36
2.5	Generalidades del almacén de insumos y suministros.....	37
2.5.1	Antecedentes.....	37
2.5.2	Organización.....	38
2.6	Procedimiento actual de compras y control de existencias.....	40
2.6.1	Despacho a servicios.....	41
2.6.2	Órdenes de compras.....	41
2.7	Análisis del problema de escasez de artículos de limpieza.....	42
2.7.1	Diagrama causa y efecto.....	42

3	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A DESARROLLAR EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE.....	45
3.1	Mantenimiento.....	45
3.1.1	Mantenimiento preventivo.....	46
3.1.2	Fases del mantenimiento preventivo.....	46
3.1.3	Organización.....	48
3.1.4	Personal a cargo del mantenimiento.....	48
3.2	Administración del mantenimiento preventivo.....	49
3.2.1	Fichas de especificaciones del equipo.....	49
3.2.2	Fichas de control de repuestos más utilizados.....	49
3.2.3	Fichas de registro de reparaciones.....	45
3.2.4	Fichas de registro histórico de reparaciones.....	50
3.2.5	Órdenes de trabajos de mantenimiento.....	50
3.2.6	Órdenes de reparaciones no programadas.....	51
3.3	Mantenimiento preventivo para la red de distribución de agua caliente.....	52
3.3.1	Mantenimiento preventivo para los componentes del suministro de vapor al calentador.....	52
3.3.1.1	Componentes del suministro de vapor.....	52
3.3.1.2	Mantenimiento a realizar.....	53
3.3.1.3	Repuestos más utilizados.....	57
3.3.1.4	Fallas más comunes.....	58
3.3.1.5	Programación del mantenimiento preventivo.....	60
3.3.2	Mantenimiento preventivo para calentadores.....	62
3.3.2.1	Mantenimiento a realizar.....	63
3.3.2.2	Repuestos más utilizados.....	65
3.3.2.3	Fallas más comunes.....	65

3.3.2.4	Programación del mantenimiento preventivo.....	67
3.3.3	Bombas de agua.....	70
3.3.3.1	Mantenimiento a realizar.....	71
3.3.3.2	Repuestos más utilizados.....	74
3.3.3.3	Fallas más comunes.....	75
3.3.3.4	Programación del mantenimiento preventivo.....	76
3.3.4	Tuberías y revestimientos.....	78
3.3.4.1	Mantenimiento a realizar.....	78
3.3.4.2	Repuestos más utilizados.....	80
3.3.4.3	Fallas más comunes.....	81
3.3.4.4	Programación del mantenimiento preventivo.....	82
3.3.5	Accesorios.....	83
3.3.5.1	Mantenimiento a realizar.....	84
3.3.5.2	Repuestos más utilizados.....	89
3.3.5.3	Fallas más comunes.....	92
3.3.5.4	Programación del mantenimiento preventivo.....	93
3.4	Supervisión del mantenimiento preventivo.....	94
3.5	Capacitación.....	95
3.6	Costos de implementación.....	96

4	CÁLCULOS PARA EL CONTROL DE MÁXIMOS Y MÍNIMOS, PARA ARTÍCULOS DE LIMPIEZA EN EL ALMACÉN DE INSUMOS Y SUMINISTROS.....	97
4.1	Propuesta para el control de máximos y mínimos para artículos de limpieza.....	97
4.1.1	Artículos de limpieza.....	97
4.1.2	Control de inventarios.....	99
4.1.2.1	Definición.....	99

4.1.2.2	Pronóstico de consumo.....	100
4.1.2.3	Control de inventarios.....	118
4.1.2.4	Nivel mínimo de existencia.....	121
4.1.2.5	Nivel máximo de existencia.....	123
4.1.2.6	Nivel teórico de consumo.....	124
4.1.2.7	Nivel de reorden.....	125
4.1.2.7	Pedido óptimo.....	126
4.1.3	Costos de implementación.....	132
4.1.4	Programación de pedidos.....	132
CONCLUSIONES.....		133
RECOMENDACIONES.....		135
BIBLIOGRAFÍA.....		137
APÉNDICE.....		139
ANEXOS.....		147

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Organigrama del Hospital General “San Juan de Dios”	4
2	Organigrama de la Gerencia de Mantenimiento y Servicios Generales del Hospital General “San Juan de Dios”	7
3	Tuberías y accesorios de vapor	25
4	Ficha técnica de bomba de agua potable	27
5	Ficha técnica de bomba de agua caliente	29
6	Ficha técnica de un calentador de agua	33
7	Válvula de compuerta	36
8	Organigrama del almacén de insumos y suministros del Hospital General “San Juan de Dios”	39
9	Diagrama causa y efecto para la escasez de artículos de limpieza	44
10	Principales componentes del calentador de agua	62
11	Gráfica de tendencia de despachos de bolsas 20x23x4	103
12	Cuadros de pronósticos	105
13	Cuadros de pronósticos por el método del último período	108
14	Cuadros de pronósticos por el método de promedio aritmético	109
15	Cuadros de pronósticos por el método del promedio móvil	110
16	Cuadros de pronósticos aplicando ponderación	111
17	Cuadro de pronóstico por el método de promedio móvil ponderado	112
18	Error acumulado para diferentes ponderaciones en el método de promedio móvil ponderado	113
19	Cuadro de errores acumulados de los métodos de pronósticos	113
20	Cuadro de despachos en trimestres	115

21	Pronóstico de demanda por el método del último período	116
22	Cuadro de pronósticos para el trimestre octubre a diciembre 2005, utilizando el método de promedio móvil ponderado	117
23	Cuadro de comparación entre valores reales y pronósticos de despachos	114
24	Control de inventarios	119
25	Cuadro resumen del control de inventarios	127
26	Control de inventarios para bolsas de basura rojas de 20x23x4	128
27	Cuadro de resultados de aplicar el control de inventarios a varios artículos de limpieza	130
28	Cuadro de lote de pedidos a proveedores	131

TABLAS

I	Procedimiento de solicitud de servicios de mantenimiento correctivo	15
II	Procedimiento de ejecución de rutina de mantenimiento preventivo	16
III	Procedimiento para compra de repuestos o insumos “orden de compra”	18
IV	Procedimiento para compra de repuestos o insumos “caja chica”	19
V	Problemas, causas y soluciones en trampas de vapor	58
VI	Problemas, causas y soluciones en componentes del suministro de vapor	59
VII	Problemas, causas y soluciones en bombas de agua	75
VIII	Código de colores de tuberías de agua y vapor	80
IX	Artículos de limpieza a los cuales se les puede aplicar un control de inventarios	98
X	Datos de despachos de bolsas de color rojo de 20x23x4 agrupados en quincenas	102

RESUMEN

El Hospital General “San Juan de Dios” es una institución dedicada al servicio del pueblo guatemalteco, se encuentra ubicado en la 1ª. Avenida entre 9ª. Calle "A" y 11 Calle de la zona 1, las instalaciones actuales fueron construidas en 1978; por su antigüedad y falta de mantenimiento, algunos de los servicios que se prestan son de mala calidad o incluso han sido suspendidos.

En el presente trabajo se encuentra el análisis y solución hechos a dos problemas que se presentaban en el hospital, siendo éstos la falta de mantenimiento en la red de distribución de agua caliente y la escasez de artículos de limpieza en el almacén de insumos y suministros.

En el capítulo uno se presentan las generalidades del Hospital General “San Juan de Dios”, esto se realizó con el fin de familiarizarse con la institución; en el capítulo dos se muestra el análisis técnico hecho a los equipos que forman la red de distribución de agua caliente y la situación actual del departamento de mantenimiento y el almacén de insumos y suministros; en el capítulo tres se diseña el manual de mantenimiento preventivo, que incluye las rutinas de mantenimiento preventivo a realizar, los períodos en los que se deben realizar estas rutinas y las herramientas administrativas para el control del mantenimiento, esto se hace para solucionar el problema de falta de mantenimiento de la red de distribución de agua caliente. Por último, en el capítulo cuatro se realizan los cálculos para el control de los niveles mínimos y máximos y el lote de pedido óptimo de artículos de limpieza que se deben tener en el almacén de insumos y suministros para evitar la escasez.

OBJETIVOS

- **GENERALES**

1. Diseñar el manual de mantenimiento preventivo, para la red de distribución de agua caliente del Hospital General “San Juan de Dios”.
2. Calcular los valores para el control de máximos y mínimos, de artículos en el almacén de insumos y suministros.

- **ESPECÍFICOS**

1. Diseñar y programar rutinas de mantenimiento preventivo para cada equipo y accesorios de la red de distribución de agua caliente, con el fin de mejorar las condiciones en las que prestan el servicio.
2. Identificar el estado actual de los equipos y accesorios que componen la red de distribución de agua caliente del hospital.
3. Diseñar las boletas de administración y control del mantenimiento preventivo, para los equipos de la red de distribución de agua caliente.
4. Identificar y clasificar la información sobre los artículos de limpieza a los cuales se les puede diseñar un control de máximos y mínimos.

5. Pronosticar la demanda de artículos de limpieza para un período no conocido, utilizando como referencia la demanda en períodos anteriores.
6. Proponer un control de máximos y mínimos para los artículos de limpieza que se manejan en el almacén de insumos y suministros.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento preventivo es importante para prolongar la vida útil de los equipos, pero sobre todo para mantener una calidad adecuada en el servicio que prestan. En el presente trabajo se diseñan las actividades de mantenimiento preventivo, para los componentes de la red de distribución de agua caliente del Hospital General “San Juan de Dios”, dividiéndolo de la siguiente manera: en primer lugar, se diseñaron las fichas de control que servirán para la administración y control del mantenimiento preventivo, luego se diseñaron las rutinas de mantenimiento preventivo (actividades y programación) para los equipos y accesorios, elaborando para cada uno de ellos una existencia mínima de repuestos e insumos necesarios en almacenes, se identificaron las fallas que ocurrían con mas frecuencia y sus posibles soluciones, con el objetivo final de garantizar la calidad y el servicio que los equipos prestan.

También se presenta el análisis hecho al almacén de insumos y suministros del Hospital General “San Juan de Dios”, para calcular los valores de máximos y mínimos de artículos de limpieza, ya que por la importancia de estos artículos dentro del hospital, no se puede permitir escasez, como sucede actualmente. El análisis comienza con un pronóstico de la demanda que estos artículos tendrán en el futuro, utilizando para esto los datos de demanda de períodos anteriores, una vez calculan la demanda que se tendrá de estos artículos se calcularán los valores de niveles mínimo y máximo de existencia, el nivel teórico de consumo, nivel de reorden y el lote de pedido óptimo que debía realizarse para garantizar la existencia de artículos entre períodos de compras.

1. GENERALIDADES DEL HOSPITAL GENERAL

“SAN JUAN DE DIOS”

1.1. Reseña histórica

“El Hospital General “San Juan de Dios” es un centro de asistencia que contribuye a la salud de la población guatemalteca en general. Con más de veintiséis años de existencia, es el hospital más grande a nivel nacional contando aproximadamente con 2100 empleados entre personal administrativo, médico, operativo, técnico y de limpieza, situado en la 1ª. Avenida entre 9ª. Calle "A" y 11 Calle de la zona 1.

Las instalaciones con las que cuenta actualmente el hospital fueron construidas después del terremoto acaecido el 4 de febrero de 1976 ya que las instalaciones antiguas del Hospital General "San Juan de Dios" fueron seriamente dañadas haciéndose necesario demolerlo y necesitándose su construcción, a efecto de prestar un servicio adecuado a los pacientes que demandan sus servicios.

Habiendo una necesidad de subsanar situaciones de emergencia según acuerdo del 8 de mayo de 1978 el Presidente de la República declara de emergencia nacional la construcción y equipamiento del Hospital General "San Juan de Dios", situado en la 1ª. Avenida entre 9ª. Calle "A" y 11 Calle de la zona 1, el que tendría una capacidad no menor a la que contaba con anterioridad al terremoto, por lo que autorizó al Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, para que exonerado de los requisitos de Licitación Pública y Cotizaciones efectuará la contratación de la construcción del referido hospital.

Finalmente el 3 de noviembre de 1978 se aprobó y firmó el anteproyecto del Hospital iniciándose la construcción de las actuales instalaciones del Hospital General "San Juan de Dios".

La consulta externa general del centro fue inaugurada el 10 de agosto de 1979 con las variantes hechas al edificio y necesarios para su acoplamiento a la funcionalidad del complejo hospitalario. También a mediados de este año se inició la construcción del edificio de Servicios de Apoyo (cocina, lavandería, comedor, mantenimiento, etc.). El último servicio en entrar en funcionamiento dentro del hospital fue el de odontología en el área de consulta externa que inició sus actividades el día 26 de agosto del año 2002 y continúa prestando este servicio a la población en la actualidad.”¹

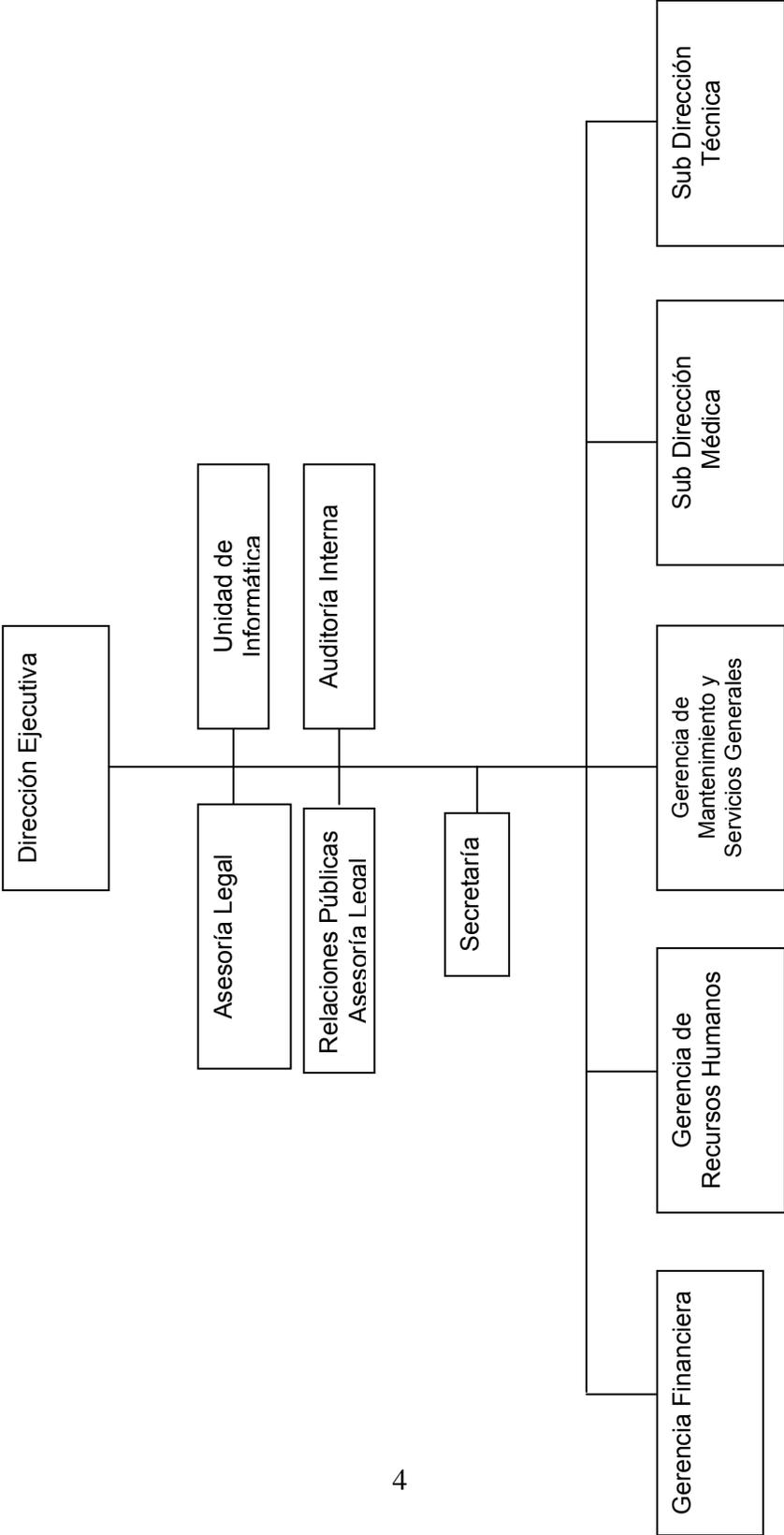
¹ Hospital General "San Juan de Dios" Departamento de mantenimiento. **Manual de Funciones** (Guatemala. 2005)

1.2. Estructura organizacional

Actualmente en el hospital se utiliza una departamentalización funcional como se muestra en la figura 1, ya que la organización se encuentra dividida según las funciones que se realizan dentro del hospital, para el apoyo en el trabajo de dirección se encuentran la unidad de informática, asesoría legal, relaciones públicas, auditoría interna y la secretaría, bajo su dirección se encuentran las gerencias y sub direcciones divididas de la siguiente forma:

- Gerencia financiera: Esta se encarga del pago de salarios, compras, pago de servicios, etc.
- Gerencia de recursos humanos: Es la encargada de la selección contratación de personal.
- Gerencia de mantenimiento y servicios generales: Se encarga de la dirección y control de los departamentos de limpieza, seguridad, almacenes, lavandería, costura y mantenimiento.
- Sub dirección médica: Esta se encarga de todo lo referente al personal médico, practicantes, compra de medicinas, equipo médico y control de servicios que se prestan en el hospital.
- Sub dirección técnica: Se encarga de lo referente a capacitaciones, biblioteca, conferencias, etc.

Figura 1. Organigrama del Hospital General “San Juan de Dios”



1.3. Departamento de mantenimiento

Como toda institución el hospital General “San Juan de Dios” cuenta con un departamento de mantenimiento que agrupa sus actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de la siguiente forma:

- Mantenimiento de instalaciones
- Mantenimiento de equipo industrial
- Mantenimiento de equipo médico

El mantenimiento a las instalaciones y los equipos lo realiza conjuntamente el personal del departamento de mantenimiento y empresas externas de las cuales se contrata servicios de mantenimiento para algunos equipos, sobre todo equipo médico. El mantenimiento de las instalaciones y equipo se realiza bajo los siguientes aspectos:

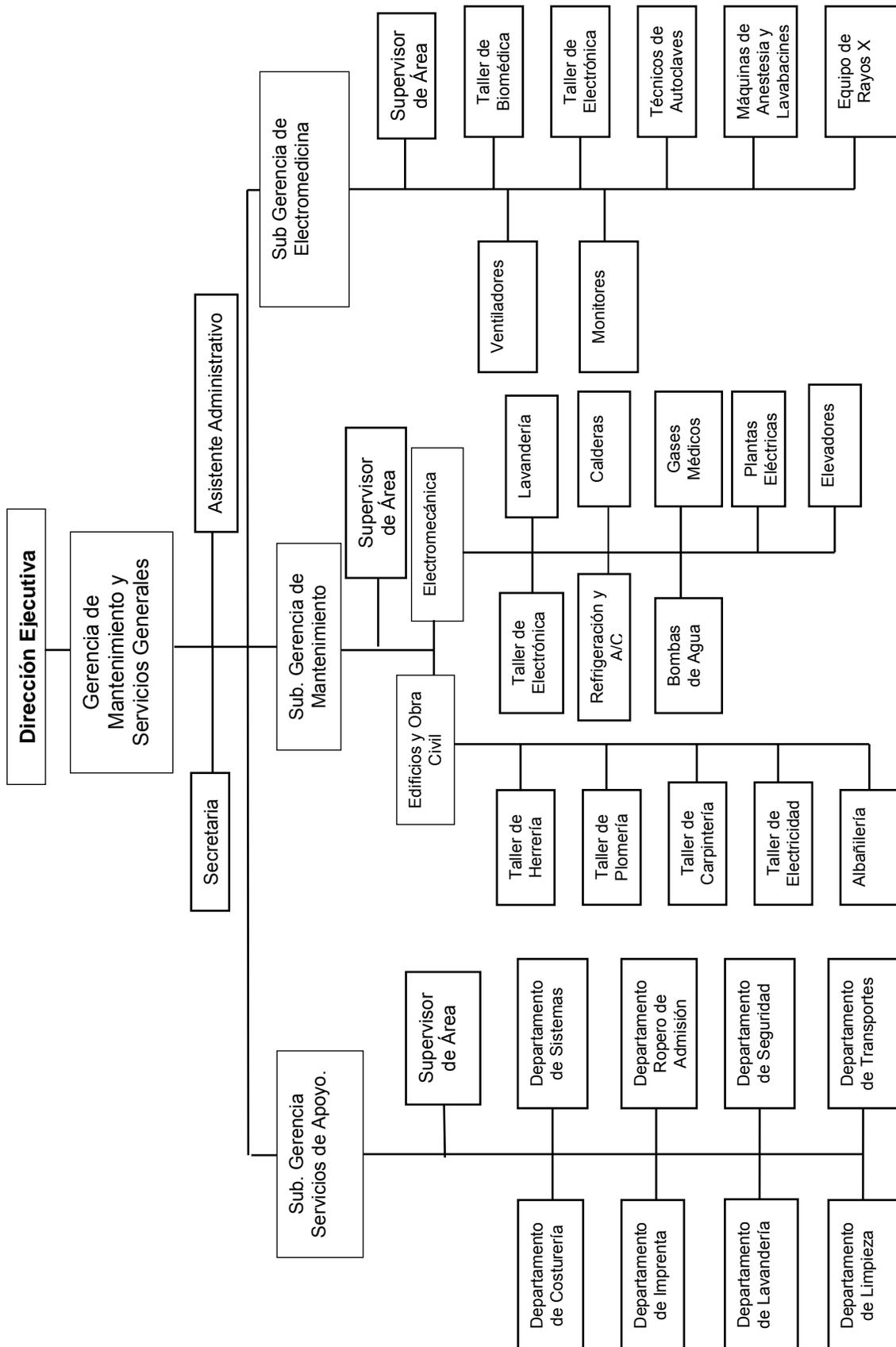
- Aspecto Técnico, con el cual se llega a cumplir el objetivo inmediato de conservar la infraestructura y equipamiento del hospital en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y confiable, para no interrumpir los servicios que con ellos se prestan.
- Aspecto Económico, para alargar la vida útil de los equipos e instalaciones y reducir el costo por reparaciones.
- Aspecto Social, dada la importancia que tiene un centro asistencial como los es un hospital, las instalaciones y los equipos que lo componen deben mantenerse en condiciones aceptables de funcionamiento para garantizar la calidad de los servicios que se prestan con ellos.

1.3.1. Organización

El mantenimiento preventivo, correctivo y de falla de todo el hospital esta bajo el control y dirección de la Gerencia de Mantenimiento y Servicios Generales que tiene su propia organización que al igual que el hospital esta dividida según las funciones que realiza cada taller o departamento, el organigrama de esta gerencia se muestra en la figura 2.

La Gerencia de Mantenimiento y Servicios Generales se divide en tres sub gerencias siendo la primera la sub gerencia de servicios de apoyo cuya función es la dirección de los departamentos de sistemas, costurería, imprenta, ropero, lavandería, seguridad, limpieza y transportes. Las otras dos sub gerencias mantenimiento y electromedicina son las que se encargan de la administración y control del mantenimiento que se aplica a los equipos e instalaciones del hospital. La sub gerencia de mantenimiento es la que se encarga del mantenimiento de las instalaciones y equipo industrial que se encuentra dentro del hospital a si mismo supervisa a las empresas que son contratadas por el hospital para el mantenimiento de equipos especiales. La sub gerencia de electromedicina es la que se encarga del mantenimiento del equipo médico y el asesoramiento en la compra de repuestos o nuevo equipo médico.

Figura 2. Organigrama de la Gerencia de Mantenimiento y Servicios Generales del Hospital General “San Juan de Dios”



1.3.2. Recursos humanos

El personal a cargo del mantenimiento se puede dividir en: personal contratado por el hospital para trabajar en la administración y en los diferentes talleres y que forman parte del departamento de mantenimiento y el personal de empresas privadas cuyos servicios de mantenimiento han sido contratados por el hospital, como es el caso de los elevadores y algunos equipos médicos. El personal que realiza el mantenimiento a los elevadores se encuentra permanentemente en las instalaciones del hospital y en el caso del mantenimiento al equipo médico las empresas mandan al personal en períodos establecidos en los contratos.

1.4. Servicios de apoyo médico

Se refiere al conjunto de equipos industriales con los que cuenta el hospital, estos equipos se encuentran en un edificio del mismo nombre y son los encargados de brindar los servicios de generación de vapor y agua caliente. En este edificio también se encuentran la planta eléctrica, los servicios de lavandería y costura, la operación y mantenimiento del equipo industrial que se encuentra en este edificio depende directamente del departamento de mantenimiento y su función principal es brindar los servicios que se mencionan de una forma adecuada y constante ya que el mal servicio o suspensión de actividades afectaría todas las áreas del hospital.

1.4.1. Sección generadora de vapor

Esta es el área encargada de generar y distribuir vapor a todos los equipos que utilizan vapor como elemento motriz como por ejemplo: calentadores, lavadoras, secadoras, planchadoras, marmitas, autoclaves, etc. Esta sección la forman dos calderas piro tubulares, una bomba de diesel, un tanque de diesel, tanques de tratamiento de agua para las calderas y tanque de captación de condensado.

1.4.2. Sección generadora de agua caliente

Es el área encargada de generar y distribuir agua caliente a los servicios del edificio del hospital, la forman dos calentadores de agua cuyo elemento de calefacción es un serpentín sumergido en agua en cuyo interior circula vapor proveniente de las calderas, el agua aumenta su temperatura por transferencia de calor entre el vapor y agua, cuando el agua alcanza la temperatura deseada (85 °C) es enviada al los servicios por una bomba centrífuga situada a la salida del calentador.

1.4.3. Bombas

Estas se encuentran en un área separada del edificio de servicios de apoyo médico, su operación y mantenimiento también dependen del departamento de mantenimiento, en esta área se encuentran todas las bombas y sus respectivos motores que abastecen de agua a todas las áreas del hospital entre ellas los calentadores de agua y las calderas que se encuentran en el edificio de servicios de apoyo médico. También se debe mencionar dos bombas de agua caliente que se encuentran a la salida de los calentadores y son las encargadas de hacer circular el agua caliente a los servicios del hospital.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Departamento de mantenimiento

El departamento de mantenimiento se encuentra en una transición para prestar un mejor servicio ya que en la actualidad la oficina del gerente de mantenimiento y servicios generales así como su asistente se encuentran dentro del departamento de mantenimiento lo cual hace que los trámites para la compra de repuestos sean mas rápidos, se le de seguimiento a los programas de mantenimiento y los trámites administrativos sean mínimos.

2.1.1. Administración del mantenimiento

La administración del mantenimiento está totalmente a cargo del departamento de mantenimiento. Es responsabilidad del jefe del departamento y sus supervisores programar, aplicar y dar seguimiento a las rutinas de mantenimiento preventivo que se aplican a los equipos e instalaciones del hospital. Es importante mencionar que en la actualidad son pocos los equipos que cuentan con programas de mantenimiento preventivo, estos son por ejemplo: algunos equipos médicos y elevadores cuyo mantenimiento está a cargo de empresas subcontratadas por el hospital.

A los equipos del hospital, en su mayoría, se les aplica solo mantenimiento correctivo, las actividades y personal de mantenimiento centran su atención en mayor proporción al mantenimiento de las instalaciones que por su antigüedad son las que más problemas presentan, siendo los problemas más comunes fugas en la distribución de agua potable, cortes en la energía eléctrica, teléfonos, plomería, aire acondicionado, y fallas en equipos industriales por falta de mantenimiento.

Por ser pocos los equipos que cuentan con programas de mantenimiento preventivo no se tienen historiales de las fallas que han tenido los equipos, cuándo se les ha prestado servicio y que materiales se han utilizado. El control del mantenimiento correctivo que se realiza en el departamento de mantenimiento se administra elaborando reportes mensuales de trabajos realizados por cada taller, estos trabajos son los solicitados por las diferentes unidades del hospital a través de vales al departamento de mantenimiento.

2.1.2. Personal a cargo del mantenimiento

El departamento de mantenimiento cuenta con el siguiente personal el cual esta dividido de siguiente manera:

- a. Puestos superiores
- b. Puestos administrativos
- c. Técnicos operarios de mantenimiento
- d. Operarios de equipo a cargo del departamento de mantenimiento

a. Puestos superiores

1. Gerente de Mantenimiento y de Servicios Generales.
2. Asistente de la Gerencia de Mantenimiento y Servicios Generales.
3. Jefe de Departamento.
4. Arquitecto (a).
5. Supervisores de área.

b. Puestos administrativos

1. Asistente administrativo.
2. Secretaria de la Gerencia de Mantenimiento y Servicios Generales.
3. Secretaria del Jefe de Departamento de Mantenimiento.

c. Técnicos operarios de mantenimiento

1. Técnicos en electricidad y encargado de taller.
2. Técnicos en electrónica y telefonía.
3. Técnicos en equipo médico (biomédica).
4. Técnicos en equipo de lavandería.
5. Técnicos en Refrigeración y Aire Acondicionado.
6. Herreros.
7. Técnico de equipo de esterilización.
8. Carpinteros.
9. Plomeros.
10. Albañiles.

d. Operarios de equipo a cargo del departamento de mantenimiento

1. Operadores de calderas.
2. Operadores de equipo de bombeo de agua.
3. Operadores de plantas eléctricas.
4. Operadores de gases médicos.

Al analizar la distribución del personal de mantenimiento se pudo identificar lo siguiente:

Los puestos superiores son los encargados de gestionar ante la dirección ejecutiva la compra de nuevos equipos, compra de repuestos, reparaciones necesarias, supervisión del mantenimiento de las empresas contratadas y la dirección y control de mantenimiento preventivo y correctivo del hospital.

Los puestos administrativos son los que se relacionan directamente con el personal técnico de mantenimiento y los jefes de servicios que soliciten reparaciones al departamento de mantenimiento. Los técnicos operarios de mantenimiento son los encargados de realizar las rutinas de mantenimiento preventivo y reparaciones de emergencia a los equipos e instalaciones del hospital. Este personal se encuentra contratado en jornadas siendo estas: jornada matutina y vespertina. Los operarios de equipo a cargo del departamento de mantenimiento son los operarios de calderas, gases médicos, plantas eléctricas y bombas de agua, los cuales trabajan en turnos de 24 horas y se encargan sólo de la operación de los equipos y reparaciones pequeñas.

2.1.3. Rutinas actuales de mantenimiento

Es importante mencionar que actualmente en el Hospital General “San Juan de Dios” la mayoría de equipos que brindan los servicios de apoyo no cuentan con programas de mantenimiento preventivo, lo cual ha ocasionado el deterioro de los equipos y del servicio que prestan. Como se mencionó anteriormente el control del mantenimiento correctivo se realiza utilizando vales de mantenimiento en los cuales se anotan los trabajos que las unidades del hospital desean que el departamento de mantenimiento realice, en la tabla I. se observa el procedimiento para solicitar un trabajo de mantenimiento al departamento de mantenimiento.

Tabla I. “Procedimiento de solicitud de servicios de mantenimiento correctivo”².

Responsable	Actividad
Departamento o Servicio solicitante	<ol style="list-style-type: none">1. Llenar un vale de Solicitud de Servicio de Mantenimiento, un original y dos copias con firma y sello del área, departamento o servicio y especificando el trabajo solicitado.2. Envía el vale y las dos copias al departamento de Mantenimiento, solicitando el trabajo en la unidad específica.
Asistente Administrativo	<ol style="list-style-type: none">3. Recibe el vale de Solicitud de servicio de mantenimiento, asignando número correlativo al vale, sellando y firmando de recibido, anotando la fecha en que fue recibida la solicitud.4. Devuelve al departamento o unidad solicitante una de las copias del vale debidamente sellada y firmada, garantizando que fue recibida por el departamento de mantenimiento.5. Clasifica previamente los vales, según al área o taller que realizará la tarea solicitada, según las tareas diarias programadas y entrega el o los vales al supervisor del área técnica respectiva.
Supervisor de Área	<ol style="list-style-type: none">6. Traslada el vale al taller específico asignado para la realización del trabajo solicitado y determina la prioridad de los trabajos solicitados para asignar al técnico u operario y los materiales necesarios para cada trabajo.
Técnico operario	<ol style="list-style-type: none">7. Realiza el trabajo solicitado en el vale de Solicitud de servicio de mantenimiento y detalla al reverso de este documento, los materiales utilizados, tiempo de realización y el nombre de las personas que realizaron el trabajo.

² Hospital General “San Juan de Dios” Departamento de mantenimiento. **Manual de Normas y Procedimientos** (Guatemala. 2005)

En la tabla II. se muestra el procedimiento para realizar una rutina de mantenimiento que se utiliza para los equipos a los cuales si se les da mantenimiento preventivo como por ejemplo, bombas de agua, autoclaves, planta eléctrica, compresores y aire acondicionado.

Tabla II. “Procedimiento de ejecución de una rutina de mantenimiento preventivo”³

Responsable	Actividad
Jefe del departamento de mantenimiento	1. Realizar orden de trabajo de mantenimiento preventivo.
Técnico de Mantenimiento	2. Revisar orden de trabajo referida 3. Consultar ficha técnica del equipo para verificar historial de trabajos realizados. 4. Prepara el material, herramientas, equipo y repuestos necesarios para ejecutar el mantenimiento preventivo. 5. Identificar el servicio y ambiente en que se encuentra el equipo, para evaluar el traslado del mismo. 6. Evaluar si es necesario el traslado del equipo al taller. 7. Sí es necesario el traslado al taller, solicita al servicio o área responsable del equipo la autorización respectiva y continua con la operación no. 9 8. Sí el equipo no puede ser trasladado, llevar al lugar lo necesario para realizar el mantenimiento preventivo y desarrollar la rutina de mantenimiento preventivo que indique la orden. 9. Verificar el funcionamiento mediante pruebas del equipo. 10. Anotar cualquier anomalía o dato de interés en el espacio de observaciones de los documentos técnicos. 11. Llenar debidamente los documentos técnicos requeridos, historial de mantenimiento, historial de lubricación, historial de repuestos, etc. 12. Hacer la prueba de funcionamiento ante el jefe del servicio. 13. Solicitar firma del jefe del servicio respectivo. 14. Notificar al supervisor de mantenimiento las observaciones encontradas en el desarrollo del mantenimiento preventivo y solicitar firma de aprobación del trabajo. 15. Agregar a la ficha de vida del equipo, el historial de mantenimiento, hojas de lubricación o historial de repuestos y la descripción del trabajo realizado. 16. Archivar en el expediente del equipo la documentación técnica y la orden de trabajo.

³ Hospital General “San Juan de Dios” Departamento de mantenimiento. **Manual de Normas y Procedimientos** (Guatemala. 2005)

2.1.4. Compra de repuestos y contratación de servicios

Al analizar la falta de mantenimiento a los equipos de la red de distribución de agua caliente se detectó que uno de los principales problemas es la forma en que se realizan las compras de los repuestos o contratación de servicios externos de reparación o mantenimiento de equipos ya que esto influye en que las reparaciones se realicen en tiempos cortos o se lleve meses para realizar la compra de un repuesto o se realice el pago de un servicio de mantenimiento que no se puede realizar en el departamento de mantenimiento y que son necesarios para el funcionamiento de algún equipo. Las dos formas en las que se realiza una compra en el departamento de mantenimiento son:

- Por orden de compra
- Por caja chica

2.1.4.1. Orden de compra

El departamento de mantenimiento utiliza esta forma de compra o pago de servicios cuando el valor del pago es superior a los Q: 4,000.00. Que podría ser por ejemplo la compra de fluxómetros para sanitario, químico para tratamiento de aguas de calderas, el pago de un servicio de mantenimiento o reparación de una pieza de algún equipo, entonces se realiza una orden de compra siguiendo los pasos que se mencionan en la tabla III. el modelo de este documento se muestra en el Anexo I.

Tabla III. Procedimiento para compra de repuestos o Insumos “orden de compra”⁴

Responsable	Actividad
Asistente Administrativo	1. Elabora una orden de compra según solicitud y detallando el repuesto o material necesario utilizando el formato “Orden de Compra” la cual debe ser llenada completamente y adecuadamente como indique este formulario. 2. Procede a realizar las cotizaciones del material o repuesto solicitado, que se adjuntaran a la orden de compra. 3. Se traslada la orden de compra al Jefe de departamento para su visto bueno.
Jefe de departamento	4. Revisa y da su visto bueno a la Orden de Compra con nombre y firma, autorizando seguir con el procedimiento. 5. Si la solicitud es errónea se realizan las correcciones sugeridas por el Jefe de mantenimiento a la Orden de compra, retornando al numeral 3.
Asistente Administrativo	6. Se muestra la orden de lo solicitado al Gerente de Mantenimiento para su visto bueno.
Gerente de Mantenimiento	7. Da el visto bueno a la “Orden de Compra” y autoriza continuar con el procedimiento. 8. Si la solicitud es errónea se realizan las correcciones sugeridas por el Gerente de Mantenimiento a la Orden de compra, retornando al numeral 3.
Asistente Administrativo	9. Se remite la orden de compra al Almacén de Suministros donde se verifica existencia de lo solicitado.
Jefe Almacén de Suministros	10. Verifica la existencia de los repuestos o materiales en el almacén solicitados en la orden de compra; si hay existencias la orden de compra es rechazada y se sugiere llenar un formulario “Pedido de Materiales y Suministros” y si confirma la falta de estos materiales en el Almacén de Suministros se continúa con el proceso.
Jefe Almacén de Suministros	11. Llena la orden compra donde se hace constar que no se tiene en inventario los materiales o repuestos solicitados.
Asistente Administrativo	12. Remite la Orden de compra al Departamento de Compras adjuntando las cotizaciones respectivas para que se realicen los trámites correspondientes.
Asistente Administrativo	13. Se aprueba la orden de compra de los materiales o repuestos solicitados. Si está es rechazada, se concluye con el proceso.
Jefe de Mantenimiento	14. Firma la orden definitiva para realizar la compra.
Departamento de compras	15. El departamento de compras es el responsable y realiza los trámites correspondientes de la compra requerida.
Departamento de Mantenimiento	16. Los materiales y repuestos comprados ingresan al almacén de suministros y se notifica al departamento de mantenimiento para obtener el visto bueno de los materiales y repuestos que ingresaron.

⁴ Hospital General “San Juan de Dios” Departamento de mantenimiento. **Manual de Normas y Procedimientos** (Guatemala. 2005)

El procedimiento para compra de repuestos o contratación de servicios realizando una “orden de compra” también lo realiza el departamento de mantenimiento para mantener en almacén insumos necesarios para el mantenimiento correctivo de las instalaciones y equipos del hospital, siendo estos insumos: lámparas, fluxómetros de sanitarios, llaves de lavamanos, chapas, balastos, tubería y accesorios, etc.

2.1.4.2. Caja chica

Cuando se realiza una compra por caja chica, la compra se realiza en un menor tiempo, este procedimiento se utiliza para compras de emergencia, contrato de reparaciones, compra de repuestos o materiales que no excedan de Q. 4,000.00. El procedimiento se describe en la tabla IV. este documento se muestra en el Anexo II.

Tabla IV. Procedimiento para compra de repuestos o insumos “caja chica”⁵

Responsable	Operación
Técnico de mantenimiento	1. Informa al asistente administrativo de las características de un repuesto necesario.
Asistente Administrativo	1. Llena un “Vale por Caja Chica” detallando el material y repuestos necesarios, según el formato estipulado en el documento. 2. Realiza las cotizaciones respectivas del material y/o repuestos necesarios, las cuales se adjuntaran al “Vale por Caja Chica”. 3. Remite y traslada el documento al Jefe del departamento para su revisión y visto bueno.

⁵ Hospital General “San Juan de Dios” Departamento de mantenimiento. **Manual de Normas y Procedimientos** (Guatemala. 2005)

Continuación Tabla IV.

Jefe del departamento	<p>4. Revisa que los materiales y/o repuestos sean los necesarios y que “vale por Caja Chica” este correctamente llenado.</p> <p>5. Si rechaza el documento, el procedimiento regresa al numeral 3, se realizan las correcciones sugeridas por el Jefe de mantenimiento y continúa con el procedimiento.</p>
Asistente Administrativo	<p>6. Remite el pedido realizado con el “Vale por Caja Chica” con el visto bueno del jefe del área al Gerente de mantenimiento para obtener su visto bueno.</p>
Gerente del departamento.	<p>7. El gerente de mantenimiento revisa el pedido y da su visto bueno.</p> <p>8. Si rechaza el documento, el procedimiento regresa al numeral 3, se realizan las correcciones sugeridas por el Gerente de mantenimiento y continúa con el procedimiento.</p>
Asistente Administrativo	<p>9. Remite el pedido realizado con el “Vale por Caja Chica” con el visto bueno del Gerente del área al almacén de suministros donde se verifica la existencia de lo solicitado.</p>
Almacén de suministros	<p>10. Revisa la existencia de los materiales y/o repuestos en el almacén.</p> <p>11. Si hay existencia de los materiales y/o repuestos en el almacén se rechaza el vale de caja chica y se sugiere realizar un pedido de materiales y suministros.</p> <p>12. Si los materiales solicitados faltan en el almacén de suministros, sellan y firman el vale de caja chica, haciendo constar que no se tiene en existencia lo solicitado en la orden.</p>
Asistente Administrativo	<p>13. Se remite la orden de caja chica a la Dirección Ejecutiva, para verificación y visto bueno.</p>
Dirección Ejecutiva	<p>14. Revisan lo solicitado en la orden “Vale por caja Chica”.</p> <p>15. Si es aprobada, solicitan la realización de más cotizaciones por parte del asistente administrativo, retornando el procedimiento al numeral 13 del procedimiento.</p>
Asistente Administrativo	<p>16. Realiza las nuevas cotizaciones, requeridas por la Dirección Ejecutiva retornando al proceso.</p>
Dirección Ejecutiva	<p>17. Aprueban la compra de lo solicitado en el Vale por Caja chica, firmando y sellando el vale y se remite al departamento de mantenimiento para la realización de recibo.</p>
Asistente Administrativo	<p>18. Elabora un recibo de Caja Chica.</p> <p>19. Se remite el vale de Caja Chica a presupuestos donde se asigna renglón de financiamientos.</p> <p>20. Se remite el vale de caja chica gerente de financiero para obtener su visto bueno para solicitar cheque.</p>

Continuación Tabla IV.

	21. Se remite el vale de caja chica a la sección de contabilidad donde se realiza el trámite par extender el cheque con base a la cotización seleccionada.
Departamento de Contabilidad	22. Extiende el cheque con base al monto de lo solicitado y lo remite al departamento de mantenimiento adjuntando el vale de caja chica y la papelería correspondiente.
Asistente Administrativo	23. Se comunica con la empresa a la que se le comprará el pedido, según el vale de caja chica autorizado para que esta entregue el material y reciban el cheque correspondiente.
Empresa Surtidora	24. Trasladan y entregan el material y/o repuesto solicitado al departamento de mantenimiento y firman de recibido el cheque correspondiente según la compra.
Asistente Administrativo	25. Entrega el original de la factura y el vale de caja chica al jefe de departamento para que justifique el uso del material y/o los repuestos y coloque su visto bueno. 26. Remite el original de la factura y el vale de caja chica al gerente financiero para obtener su visto bueno respecto a la compra realizada con base a la cotización. 27. Remite el original de la factura y el vale de caja chica al departamento de contabilidad para obtener su visto bueno respecto a la compra realizada con base a la cotización. 28. Se realizan cinco copias de la factura original de lado a lado, utilizadas para el registro, obtención de los materiales y liquidación del vale de caja chica. 29. Realiza un pedido de materiales, especificando el material y/o repuestos contenidos en la factura original. 30. Se remite el original de la factura, sus cinco copias, el Vale de caja chica, el Pedido de materiales y los materiales recibidos al almacén de suministros.
Almacén de Suministros	31. Da ingreso oficialmente de los materiales al almacén de insumos y suministros y coloca su visto bueno en la papelería mencionada anteriormente (numeral 30).
Asistente Administrativo	32. Remite la papelería firmada por el almacén de suministros al departamento de Contabilidad, para la liquidación del Vale de caja chica. 33. Remite el original de la factura y el Vale de caja chica al Gerente financiero para obtener su visto bueno, respecto a la liquidación de Vale de caja chica. 34. Se remite el original de la factura y el Vale de caja chica al departamento de Contabilidad para obtener su visto bueno

2.2. Sección generadora de vapor

La sección generadora de vapor la componen dos calderas piro tubulares, cuyo combustible principal es diesel, un tanque y bomba de diesel, tanques de tratamiento de agua para las calderas y tanque de captación de condensado. Las calderas se encuentran en el edificio de servicios de apoyo, el área que ocupan junto con los calentadores se encuentra descuidada por la falta de mantenimiento a las instalaciones y equipos. Al realizar el análisis se encontraron equipos abandonados, los recipientes de químicos para tratar el agua de caldera no se desechan, tubos y repuestos tirados, drenajes de agua expuestos y fugas en la línea de vapor y condensado.

En esta área trabajan cuatro personas en turnos de 24 x 72 horas se encargan de la operación de los equipos pero no de su mantenimiento las funciones que realizan no están estandarizadas en manuales pero se pueden resumir de la siguiente manera:

- Encender y apagar las calderas
- Encender y apagar los calentadores
- Agregar los químicos de tratamiento al agua de caldera
- Limpieza superficial de las calderas y calentadores
- Elaborar listado de repuestos para reparaciones
- Realizar reparaciones pequeñas a los equipos
- Monitorear funcionamiento de calderas y calentadores

2.2.1. Calderas

En el Hospital General “San Juan de Dios” actualmente existen dos calderas piro tubulares que son las encargadas de generar el vapor que se utiliza como fuente de energía en los calentadores, lavandería, marmitas de cocina y autoclaves. Por el tipo de calderas (piro tubulares) la generación de vapor se da de la siguiente manera: el combustible diesel es atomizado y quemado formando llamas que se transportan en los tubos que forman un serpentín en el interior de la caldera, estos tubos están sumergidos en agua que previamente ha sido tratada, en el intercambio de energía calorífica entre las llamas del combustible diesel y el agua se produce el vapor que luego es recolectado en el interior de la caldera y enviado por las tuberías a los equipos que lo utilizan como fuente de energía.

Actualmente solo una de las calderas se encuentra funcionando ya que la otra se encuentra en mantenimiento y por falta de un repuesto no se ha puesto en funcionamiento. La caldera trabaja en horario de 4:00 a 18:00 horas a una presión de 85 Psi. el único mantenimiento preventivo que se realiza actualmente es el tratamiento químico del agua, el funcionamiento general de la caldera es aceptable sin embargo existe un problema con el sistema de captación de condensado ya que por la falta de mantenimiento a las trampas de vapor de los equipos, estas dejan pasar vapor a la tubería de condensado ocasionando que la presión en la tubería de condensado se eleve y al tanque de condensado regrese gran cantidad de vapor, que luego ingresa a la caldera elevando la presión y temperatura de trabajo de la caldera y las bombas de condensado.

2.2.2. Tuberías y accesorios

Las tuberías por donde se conduce el vapor y retorna el condensado son de acero sin costura en dimensiones de 2", 4" y 6", estas tuberías están cubiertas con cañuela que es un aislante térmico a base de fibra de vidrio, actualmente la mayor parte de las tuberías ya no tienen aislante o se encuentra dañado, lo que ocasiona que los niveles de condensado en el vapor sean elevados por la transferencia de calor que existe entre los tubos que conducen el vapor y el ambiente, también algunas de las tuberías se encuentran corroídas o dañadas ocasionando fugas de vapor o condensado.

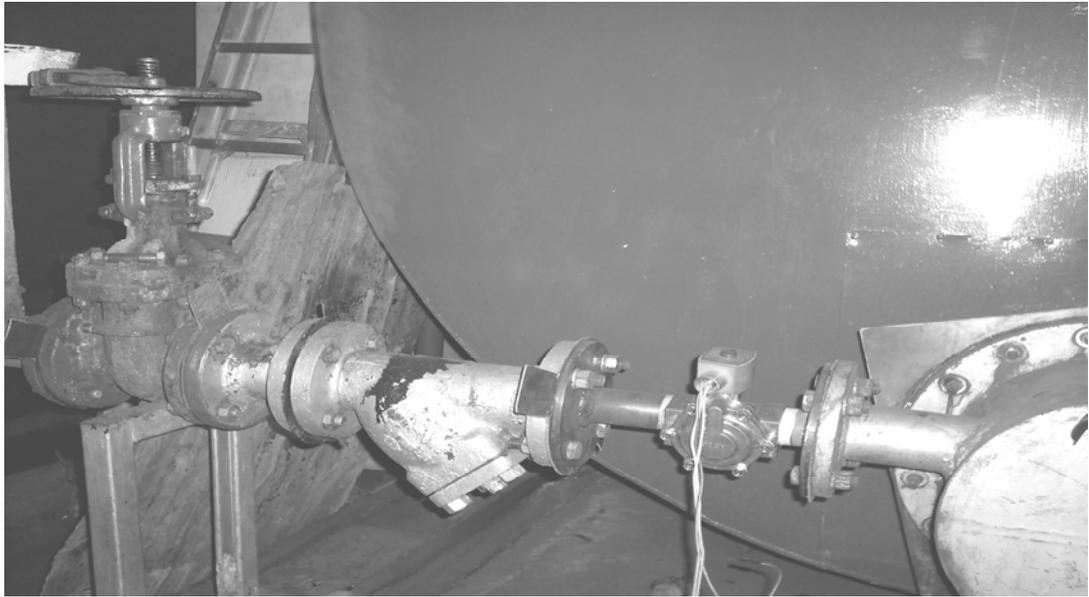
Los accesorios que se encuentran en las tuberías de conducción de vapor y retorno de condensado son:

- Llaves de paso (válvulas de globo).
- Llaves de regulación (válvulas de compuerta).
- Trampas de vapor (cubeta invertida y termodinámicas).
- Juntas de expansión.
- Manómetros.
- Filtros de vapor y cheques.

Las válvulas, manómetros y juntas de expansión se encuentran a una distancia determinada en toda longitud de la tubería de conducción de vapor y retorno de condensado, en el caso de los filtros, trampas y cheques se utilizan en conjunto a la salida de los equipos que utilizan vapor y son los encargados de separar el condensado del vapor y mantener la presión adecuada en la tubería de retorno de condensado.

En la figura 3 se muestran secciones de tubería y accesorios de vapor que se encuentran en el Hospital General “San Juan de Dios”.

Figura 3. Tuberías y accesorios de vapor



2.3. Bombas

Actualmente en el hospital se utilizan bombas de agua del tipo centrífugas las cuales utilizan el sistema de impulsores centrífugos para elevar la presión del agua y hacerla circular por las tuberías hasta los servicios. Estas bombas se pueden agrupar de la siguiente forma.

2.3.1. Bombas de agua fría

Existen dos tipos de bombas que trabajan con agua fría, las primeras son las que se utilizan para extraer el agua de los pozos y la depositan en una cisterna. El segundo tipo de bombas forman el sistema de distribución de agua potable compuesto por 6 bombas centrífugas que extraen el agua de la cisterna, la hacen circular por purificadores y la distribuyen a las instalaciones del edificio entre ellas, calderas, calentadores, lavandería, cocina, lavamanos, sanitarios y lava trapeadores. Las 6 bombas centrífugas que impulsan el agua al edificio del hospital funcionan como un conjunto en un sistema sincroflo, esto significa que las bombas están divididas en dos grupos cada uno con dos bombas de 60 Hp. y una de 40 Hp. las bombas no funcionan al mismo tiempo, si no solo funciona una de ellas y al existir un aumento en la demanda de agua entra a funcionar otra de las bombas, si la demanda disminuye la bomba deja de funcionar. El funcionamiento de las bombas de agua es aceptable pero carecen de mantenimiento preventivo, por esta razón al fallar una de ellas es retirada de funcionamiento para su reparación pero esto no afecta el servicio.

En la figura 4 se muestra la ficha técnica de una de las bombas de agua potable.

Figura 4. Ficha técnica de bomba de agua potable

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO					
NOMBRE DEL EQUIPO: BOMBAS DE AGUA FRÍA					
Marca	ITT ALLIS CHALMERS		Modelo	100	
Etapas	1		Flujo	720 gpm.	
MOTOR					
Marca	U.S.		Modelo	S/M	
Potencia	60 Hp.		Fases	3	
INTERRUPTOR					
Marca	ITE		Tamaño	3 x 100 A	
Voltaje	600 v		Fusibles	100 A	
ARRANCADOR					
Marca	GOULD	Tamaño	Nema IV	Calentador	T58



2.3.2. Bombas de agua caliente

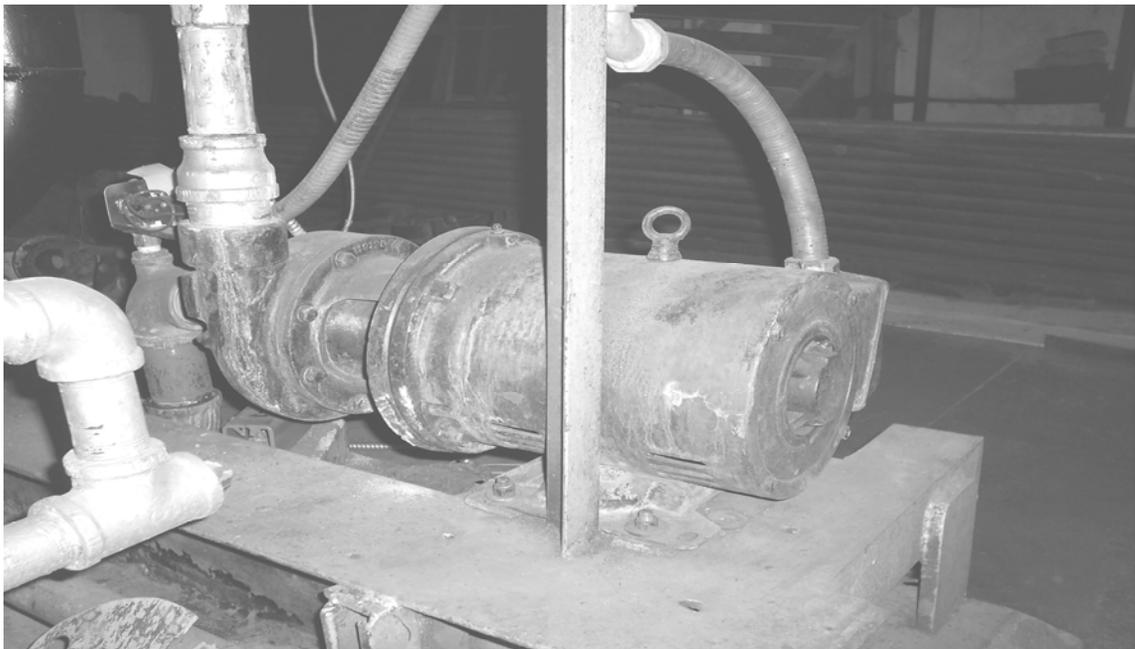
Estas bombas también son del tipo centrífugas, existen 2 y están localizadas en el calentador a la entrada de agua caliente de retorno, son las que agregan presión al agua caliente para que esta pueda llegar a todos los servicios del hospital con la presión necesaria, su estado general es aceptable aunque por la cercanía en la que están con los calentadores se exponen a derrames de agua que pueden ocasionar accidentes con el suministro eléctrico o corrosión a las bombas y sus componentes. En la figura 5 de la página 29 se muestra la ficha técnica de una de las bombas de agua caliente.

2.3.3. Bombas de recirculación

Estas bombas también son del tipo centrífugas, en conjunto con manómetros y válvulas de compuerta forman el sistema de recirculación de agua caliente que está localizado en la tubería de retorno de agua caliente y su función es agregar presión al agua de retorno para que esta llegue al calentador, pueda calentarse y enviarse nuevamente a los servicios del hospital. Estos sistemas de recirculación no serán tomados en cuenta en las rutinas de mantenimiento ya que por falta de mantenimiento, se encuentran anulados y su puesta en funcionamiento no es recomendable.

Figura 5. Ficha técnica de una de las bombas de agua caliente

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO: BOMBAS DE AGUA CALIENTE			
MARCA: GE Motors		No. DE SERIE: N671	
MODELO: 5K182JB120		No. DE INVENTARIO:	
Voltaje	200/230/460 V.	Fases	3
Amperaje	134,13/65 Amp.	Frecuencia	50 Hertz
Potencia	5 Hp	r.p.m	3460 rpm



2.4. Sección generadora de agua caliente

La sección generadora de agua caliente la forman los calentadores, las tuberías, revestimiento y accesorios. Para comprender de mejor manera el suministro de agua caliente se comenzara por analizar el conjunto de todos los equipos y accesorios mencionado que forman la red de distribución de agua caliente y que se detalla a continuación.

2.4.1. Red de distribución de agua caliente

Cuando se habla de la red de distribución de agua caliente se incluyen todos los equipos y accesorios que intervienen en la generación, distribución y consumo de agua caliente agrupados bajo los términos de:

- a. Sistema de distribución
- b. Método de distribución

a. Sistema de distribución: el sistema de distribución de agua se refiere al volumen de consumo de agua caliente que se requiere y a la temperatura de uso que por ejemplo para un sistema doméstico es de 60 °C (140 °F) la cual será utilizada en baños de terapia, lavado y limpieza, para un sistema de lavandería la temperatura es de 80 °C (176 °F) la cual se utilizara principalmente para aparatos de cocina y lavandería.

Para un edificio hospitalario con número de camas superior a 70 se debe tener los dos sistemas de distribución de agua (doméstico y de lavandería) sin embargo en el caso del hospital se dispone de un solo sistema cuya temperatura de servicio del agua caliente es de 80 °C (176 °F) y es utilizado principalmente en limpieza de utensilios médicos, duchas y lavamanos, para los baños de terapia se utilizan calentadores eléctricos en sistemas aislados a los calentadores de vapor, Se debe mencionar que la temperatura de operación de los calentadores es de 80 °C por el mal estado de las tuberías y sus revestimientos el agua reduce bastante su temperatura al llegar a los servicios.

b. Método de distribución: el método de distribución se refiere a la forma en que está distribuida la tubería de agua caliente y cómo circula el agua por ella, por ejemplo los métodos de distribución más utilizados son:

- Sistema central con circulación ascendente
- Sistema central con circulación descendente
- Sistema central con circulación mixto

El método de distribución que se utiliza en el Hospital General “San Juan de Dios” es el de calentamiento central con circulación ascendente, en este método los calentadores forman el origen del sistema los cuales calientan y almacenan el agua caliente que es impulsada constantemente a las tuberías por una bomba centrífuga, las tuberías de agua caliente forma una red cerrada donde el agua circula al edificio por una tubería principal de la cual salen los ramales de tuberías secundarias y de éstas salen las tuberías que llegan a las duchas y lavamanos, sin embargo como este sistema es cerrado la tubería principal retorna a los calentadores para aprovechar la temperatura del agua caliente que no se ha utilizado en las duchas y lavamanos.

2.4.2. Calentadores

Los calentadores son los equipos de mayor importancia en la red de distribución de agua caliente, ya que, son la fuente que utilizando la energía calorífica del vapor calientan el agua que luego será distribuida al edificio, de modo que de su correcto funcionamiento dependerá la calidad o deficiencia del servicio de agua caliente. El funcionamiento de los calentadores es sencillo pues se utiliza en principio de transferencia de energía calorífica en superficies en contacto ya que el calentador no es más que un cilindro lleno de agua en cuyo interior existe un serpentín de cobre o hierro negro en el cual circula vapor, el vapor por su alta temperatura calienta los tubos del serpentín que a su vez elevan la temperatura del agua que está en contacto directo con él.

Actualmente el hospital cuenta con dos calentadores que son diferentes tanto en la capacidad ya que uno es de 2,030 galones y el otro de 2,300 galones; y en el material del serpentín de vapor ya que el primero posee un serpentín de cobre y el segundo un serpentín a base de hierro negro. El calentador que tiene el serpentín de hierro negro fue habilitado recientemente ya que se encontraba fuera de servicio, por causa de su serpentín que por ser de hierro al contacto con el agua caliente se corroe fácilmente lo cual ocasionaba que el agua se filtrara por los tubos reduciendo la temperatura del vapor y bajando la eficiencia del calentador, el otro calentador se encuentra funcionando pero su serpentín se encuentra dañado lo que ocasiona mala transferencia de calor y exceso de agua en la tubería de retorno de condensado de la línea de vapor.

El la figura 6. se muestra la ficha técnica de uno de los calentadores de agua del Hospital General “San Juan de Dios”.

Figura 6. Ficha técnica de un calentador de agua

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO: CALENTADORES DE AGUA			
MARCA: AcE Buehur. Inci		No. DE SERIE: 55238	
MODELO: FBG66-10 ^a -2-372		No. DE INVENTARIO:	
Capacidad: 2300 galones			
Presión en hojas	125 Psi.	Presión en Tubos	125 Psi.
Presión de Operación	85 Psi	Temperatura de Operación	130 F°



2.4.3. Tuberías

Las tuberías no son más que el medio de conducción por donde circula el agua caliente. En la red de distribución de agua caliente que se está analizando existen tuberías de dos materiales diferentes, el primero es acero en medidas de 2" y 6", del cual están hechos los tubos que conducen el agua fría a los calentadores, la tubería que lleva el agua caliente al edificio y la tubería de retorno de agua caliente, estas dos últimas se encuentra cubiertas con una aislante térmico hecho de fibra de vidrio con espesor de 25 mm. para impedir la pérdida de temperatura del agua que conducen. El segundo material de las tuberías es cobre en medidas de 1 ½", 1", ½", ¾" este tipo de tubería es la utilizada para la distribución de agua caliente dentro del edificio y es la que llega a los equipos que la utilizan (regaderas, lavamanos, etc.). Toda la red de tuberías se encuentra suspendida con cargadores empotrados en el techo, como no existen tramos largos no poseen juntas de dilatación.

2.4.4. Revestimientos

El revestimiento es un aislante térmico entre la tubería y el ambiente. Se utiliza para que la tubería transporte el agua hasta las unidades de servicio con la mínima pérdida de temperatura y esto se logrará solo si el revestimiento de las tuberías se encuentra en perfecto estado para impedir que la energía calorífica del agua se trasfiera al ambiente y el agua caliente llegue a las unidades o servicios con la temperatura adecuada para su uso.

En la actualidad el revestimiento de las tuberías de agua caliente en su mayoría se encuentran en mal estado lo que ocasiona que la pérdida de energía sea excesiva, esto se ve reflejado en el consumo de vapor y el combustible diesel necesario para generarlo ya que el calentador debe funcionar por mayor tiempo y a más alta temperatura para que el agua que llega a los servicios tenga la temperatura adecuada. El aislante utilizado recibe el nombre de cañuela, que es un revestimiento con base de fibra de vidrio con un espesor de 25 a 30 mm. según el diámetro de la tubería que aíslan. Este tipo de revestimiento se hace con base a fibra de vidrio fundido y se aglutina con resinas orgánicas. Se fabrican en molduras de una sola pieza para abrirlos y cerrarlos alrededor del tubo. Su temperatura máxima es de 400 a 500 °F.

2.4.5. Sistema de recirculación

El sistema de recirculación de agua caliente tiene la función de agregar presión al agua caliente de retorno para enviarla de nuevo al calentador y de este modo aprovechar la temperatura y presión del agua caliente que no fue utilizada en los servicios, los sistemas de recirculación de agua caliente están colocados en la tubería de retorno de agua caliente, se componen de los siguientes accesorios:

- 2 válvulas de compuerta de ½"
- 2 manómetros de ½"
- 1 bomba de agua caliente

2.4.6. Accesorios

Los accesorios son todos los equipos auxiliares que se encuentran en la red de distribución y retorno de agua caliente, siendo los principales:

- Válvula de globo

Es de cierre en varias vueltas, corta el paso del fluido en un asiento paralelo con la circulación de la tubería, se utiliza en estrangulación o regulación, accionamiento frecuente y ocasiona resistencia a la circulación.

- Válvula de compuerta

Esta válvula es de cierre en múltiples vueltas en la cual se cierra el orificio de conducción con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento, estas se utilizan en servicio poco frecuente, apertura o cierre total. En la figura 7 se muestra una de estas válvulas

Figura 7. Válvula de compuerta



2.5. Generalidades del almacén de insumos y suministros

En el hospital existen tres almacenes que son los encargados de recibir, almacenar y distribuir todos los artículos que ingresan al hospital bajo el concepto de compra o donación. Actualmente en el hospital se presenta el problema de escasez de artículos de limpieza, específicamente las bolsas que se utilizan para depositar los desechos hospitalarios y para poder proponer una solución a este problema se analizará la situación actual del almacén de insumos y suministros incluyendo sus antecedentes, organización y las políticas que se utilizan actualmente para manejo de inventarios.

2.5.1. Antecedentes

El almacén de insumos y suministros es el encargado de abastecer a todas las unidades del hospital con artículos de consumo diferente a medicina y alimentos ya que de estos se encarga exclusivamente el almacén de farmacia y almacén de cocina respectivamente, los artículos que despacha el almacén de insumos y suministro son:

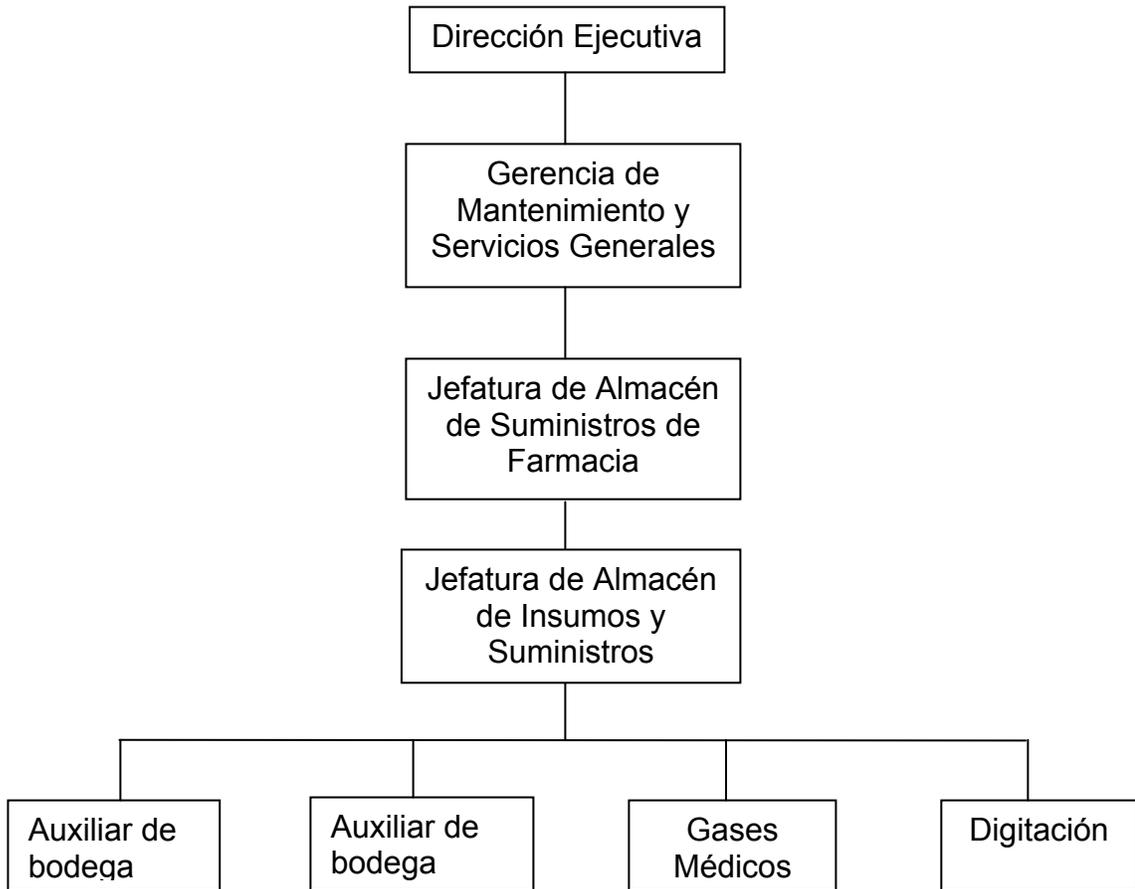
- Artículos de limpieza.
- Útiles de oficina.
- Mobiliario y equipo.
- Equipo de seguridad.
- Suministros para mantenimiento.

Todos los artículos comprados por el hospital o donados a este, deben ingresar al almacén de insumos y suministros, esto hace que el almacén se encuentre saturado de artículos de diferentes tipos haciendo difícil el control y almacenaje de las existencias. Los problemas encontrados en el almacén se pueden resumir de la siguiente manera, existe desorden en el almacenaje de artículos por lo pequeño del almacén, los volúmenes grandes de compras y la acumulación de artículos que no son retirados por los servicios que los solicitan. Los trámites para retirar los artículos del almacén ocasionan que estos permanezcan largo tiempo en el almacén. La falta de códigos para los artículos y la inexistencia de controles de existencia ocasionan desorden, acumulación e inexistencia de artículos.

2.5.2. Organización

La organización interna del almacén de insumos y suministros se muestra en la figura 8 de la página 39. aquí se puede observar que en el almacén trabajan cinco personas y dependen directamente de la jefatura del almacén de farmacia. El personal de almacén esta integrado por: un jefe de departamento, que es el responsable de autorizar o rechazar los nuevos pedidos de suministros, elaborar las órdenes de pedidos cada vez que se realizan las compras regulares (cada tres meses) y supervisar el ingreso de artículos comprados; dos auxiliares de bodega, encargados de los despachos y recepción de nuevos artículos; una persona encargada de administrar lo referente a gases médicos y combustibles, y una encargada de digitalizar todas los ingresos y despachos que el almacén realiza a los servicios.

Figura 8. Organigrama del Almacén de Insumos y Suministros Hospital General “San Juan de Dios”



2.6. Procedimiento actual de compras y control de existencias

Actualmente no se cuenta con una política definida para el control de inventarios y los dos factores que influyen a que no exista ni se aplique una política de inventarios en el almacén son:

- a. Procedimiento de compra: por ser una institución del Estado las compras se realizan por “Orden de Compra” utilizando cotizaciones o licitación, según el monto de la compra, pro procedimientos internos los períodos en los que se realizan las compras son de tres meses, se pueden realizar ordenes de compras en períodos diferente a tres meses pero esto generalmente no se hace a menos que la compra sea urgente, de modo que si algún artículo se consume antes del período de tres meses no habrá existencia sino hasta el próximo trimestre cuando se haga nuevamente la orden de compra.

- b. Lotes de pedido: cuando se realizan las compras de artículos en los períodos mencionados, la cantidad a comprar no se calcula si no se pide según las compras anteriores y un cálculo rápido de las existencia de dicho artículo, por ejemplo si en el primer trimestre se compraron 50,0000 bolsas rojas de 23x24x4 en el segundo trimestre se comprará la misma cantidad, a menos que el almacén aún tenga existencia entonces se compra la mitad o no se compra. Esto ocasiona que de algunos artículos la existencia sea excesiva y de otros la existencia se agote antes de finalizar el trimestre.

2.6.1. Despacho a servicios

Los despachos que realiza el almacén se hacen bajo un documento llamado “Requisición de insumos o materiales” el cual se muestra en el Anexo III. Este documento lo llenan los diferentes servicios solicitando la cantidad y descripción de los suministros que necesiten. En el almacén se procede de la siguiente manera, el encargado de despachos revisa que el documento se encuentre correctamente realizado si es así revisa si hay existencia suficiente para despachar la totalidad del pedido, si la existencia es mínima se despacha una parte de lo solicitado no así el total del pedido, esto lo hace para mantener una existencia mínima y abastecer a todos los servicios aunque no sea con la totalidad del pedido, si no se tienen existencias se devuelve la requisición. La solicitud de suministros al almacén no está estandarizada en períodos, sin embargo la mayoría de servicios hacen los pedidos en períodos semanales.

2.6.2. Órdenes de compras

Las órdenes de compra como se mencionó, es uno de los métodos que se utilizan en el hospital para realizar las compras. Servicios como mantenimiento, cocina, lavandería y otros, también pueden realizar órdenes de compra y solicitar al almacén su aprobación esto ocasiona que el almacén no tenga el control exacto sobre los artículos que ingresaran y las fechas en las cuales lo harán, haciendo difícil la distribución de los artículos dentro del almacén.

2.7. Análisis del problema de escasez de artículos de limpieza

Actualmente en el almacén de insumos y suministros se presenta el problema de la escasez de artículos de limpieza ya que el número de unidades de diferentes artículos que se compran actualmente no satisfacen las necesidades reales del departamento de limpieza y unidades que hacen uso de estos artículos. Dada la importancia que tienen los artículos de limpieza en una institución hospitalaria se presenta la necesidad de solucionar este problema.

2.7.1. Diagrama causa y efecto

El diagrama de causa y efecto se utiliza cuando se necesita identificar y analizar las causas de un problema, al aplicar esta herramienta de análisis se pueden plantear soluciones que toman en cuenta los orígenes del problema lo cual la hace de mucha utilidad. Después de identificar el problema de escasez de artículos de limpieza se decidió utilizar el diagrama de causa y efecto para identificar posibles soluciones. El análisis realizado se describe a continuación:

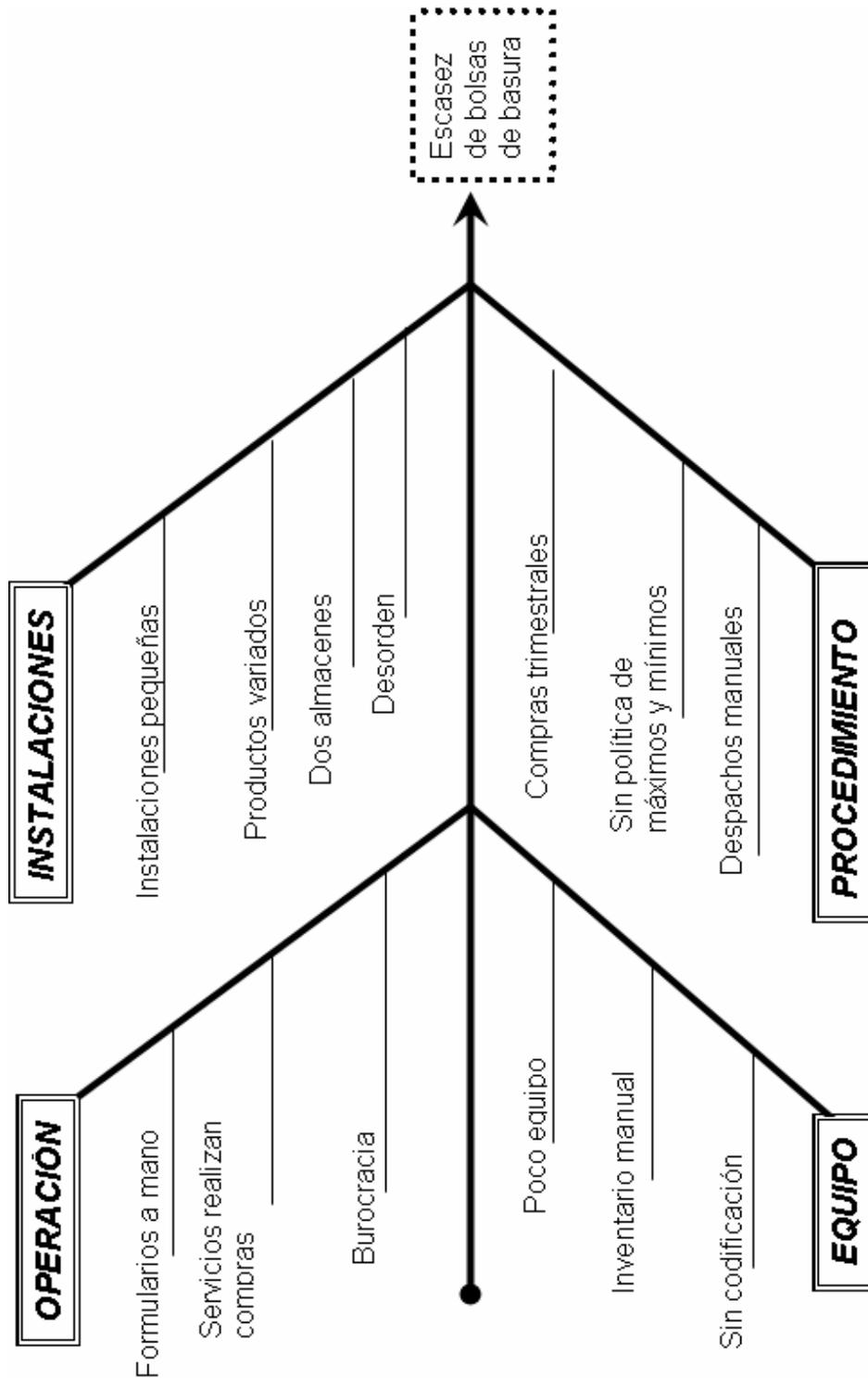
Para realizar un diagrama de causa y efecto se trabaja de atrás hacia delante ya que el problema es conocido y con la información que se tiene del problema se estudian los factores que lo ocasionan. Generalmente las causas que ocasionan problemas se agrupan bajo las siguientes categorías: mano de obra, métodos, máquinas, materiales, ambiente y políticas.

Después de observar el trabajo del personal del almacén; las instalaciones y los procedimientos para realizar las compras y despachos a los servicios se identificaron como posibles causas de la escasez:

- a) Las operaciones que se realizan dentro del almacén, que por ser una institución del Estado los trámites para solicitar suministros son extensos, se llenan formularios a mano y con 6 copias.
- b) Las instalaciones físicas; ya que estas son pequeñas para la cantidad grande y variada de artículos que se almacenan, lo cual ocasiona desorden y poco control sobre las existencias.
- c) El equipo; actualmente el inventario se realiza de forma manual en tarjetas kardex y sólo se cuenta con una computadora que es utilizada por la encargada de llevar el control de salidas y entradas de artículos al almacén, esto dificulta el control de las existencias
- d) Los procedimientos; esta es la causa principal del problema de escasez ya que actualmente en el almacén de insumo y suministros no se aplica una política de inventarios para mantener niveles máximos y mínimos de existencia. Las compras se realizan en períodos trimestrales y el volumen de la compra siempre es el mismo sin tomar en cuenta la variación de la demanda de estos artículos.

En la figura 9. se muestra el diagrama causa y efecto que resultó al analizar el problema de escasez, con este diagrama se concluye que la mejor solución al problema de escasez es diseñar un sistema de control que incluya los niveles máximos, mínimos y de seguridad que son permitidos según la demanda que se presenta en el almacén, así mismo se debe calcular el lote de pedido óptimo para garantizar el suministro entre períodos de compra. El diseño de la política de inventarios se muestra más adelante en el capítulo 4.

Figura 9. Diagrama causa y efecto al analizar el problema de escasez de artículos de limpieza



3. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A DESARROLLAR EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE

3.1. Mantenimiento

Después de realizar el diagnóstico a los equipos de la red de distribución de agua caliente del hospital se concluyó que la principal causa de su deterioro y servicio inadecuado es la falta de programas de mantenimiento preventivo.

El hospital cuenta con su propio departamento de mantenimiento pero sus actividades se encuentran orientadas al mantenimiento de avería y reparaciones sobre todo de las instalaciones del edificio. Para lograr prolongar la vida útil de los equipos y mejorar las condiciones en las que prestan el servicio los equipos de la red de distribución de agua caliente, las actividades del departamento de mantenimiento se deben orientar al mantenimiento preventivo, siguiendo las rutinas de mantenimiento que se diseñaron para cada uno de los equipos y accesorios, tomando en cuenta los stock de repuestos e insumos que se deben mantener en el almacén de mantenimiento y llenar correctamente las fichas de control que servirán para administrar el mantenimiento preventivo.

3.1.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se refiere a todas las actividades de limpieza, inspección, revisión, análisis, calibración, lubricación, ajustes y reparaciones que se realizaran a los equipos e instalaciones de forma periódica siguiendo los programas establecidos en el manual de mantenimiento. Las rutinas de mantenimiento se diseñaron tomando en cuenta las condiciones generales de equipos e instalaciones y las posibilidades de la institución, apoyándose en manuales y programas de mantenimiento que existen actualmente en el departamento de mantenimiento, con el objetivo principal de prever las fallas en los equipos y accesorios de la red de distribución de agua caliente y de esta forma asegurar el servicio y prolongar la vida útil de los equipos.

3.1.2. Fases del mantenimiento preventivo

Las actividades de mantenimiento preventivo fueron diseñadas tomando en cuenta las necesidades del hospital, las condiciones de los equipos de la red de distribución de agua caliente, la capacidad del departamento de mantenimiento, la experiencia de los operarios de los equipos y supervisores de mantenimiento. Esto se logró siguiendo las fases que se describen a continuación:

- Inventario Técnico:

El inventario técnico fue de utilidad para identificar y cuantificar equipos y accesorios de la red de distribución de agua caliente, realizar el diagnóstico del estado en el que se encontraban y determinar si necesitaban reparaciones. El inventario técnico de los equipos se realizó con la ficha de especificaciones del equipo que se muestra en el Apéndice I.

- Actividades de mantenimiento:

En esta fase con ayuda del personal de operación y mantenimiento del hospital y la información de equipos y accesorios, se diseñaron las rutinas de mantenimiento preventivo que se realizarán a cada uno de los equipos y accesorios, también se determinó el stock mínimo de insumos y repuestos que se debía tener en almacén, las fallas que más comúnmente ocurrían, las causas y sus posibles soluciones.

- Control de frecuencias:

En esta fase se distribuyeron las actividades de mantenimiento preventivo en períodos por ejemplo: actividades diarias, semanales, mensuales y anuales. Así mismo se realizó la programación del recurso humano, técnico y material para el cumplimiento de los programas de mantenimiento.

3.1.3. Organización

El departamento de mantenimiento cuenta con una estructura organizacional que facilita la aplicación de las rutinas de mantenimiento preventivo que se proponen en el manual. Como se muestra en la figura 2. de la página 7 del capítulo 1, el mantenimiento esta a cargo de talleres especializados y agrupados en áreas de: edificios y obra civil, electromecánica y electromedicina cada uno con su jefe de área y supervisor, lo cual facilita la comunicación con la gerencia de mantenimiento.

3.1.4. Personal a cargo del mantenimiento

El personal que se relaciona directamente con la aplicación de las rutinas de mantenimiento propuestas en el manual son los operarios de mantenimiento del taller de plomería, el personal que trabaja en las áreas de calderas y bombas de agua además del personal administrativo del departamento de mantenimiento.

3.2. Administración del mantenimiento preventivo

Como complemento a las rutinas de mantenimiento se diseñaron fichas que se utilizarán para la administración de la información que se obtenga de las diferentes revisiones, reparaciones o cambios en los equipos y accesorios de la red de distribución de agua caliente. Las fichas que se utilizarán para la administración del mantenimiento preventivo son las siguientes:

3.2.1. Fichas de especificaciones del equipo

El modelo de esta ficha de control se muestra en el Apéndice I y se utilizó para realizar el inventario técnico de equipos y accesorios que se incluyeron en el manual de mantenimiento. En cada una de estas fichas se incluyó marca, diseño, número de inventario, proveedor, características especiales, ubicación, y observaciones que ayudaron a diseñar las rutinas de mantenimiento.

3.2.2. Fichas de control de repuestos más utilizados

El modelo de esta ficha de control se muestra en el Apéndice I. este tipo de ficha se diseñó para llevar el control de los insumos y repuestos que se utilizaron después de una reparación, esta ficha será de utilidad para tener un stock mínimo de insumos y repuestos o para controlar los presupuestos a partir del gasto en insumos y repuestos.

3.2.3. Fichas de registro de reparaciones

El modelo de esta ficha de control se muestra en el Apéndice I. en esta se llevara la información sobre las reparaciones programadas de mantenimiento y las reparaciones de emergencia que se realicen a cada equipo, se debe anotar la información referente al estado en el que se encuentra el equipo al momento de la reparación, las causas que ocasionaron la falla, consecuencias y las reparaciones que deban hacerse mas adelante.

3.2.4. Fichas de registro histórico de reparaciones

El modelo de esta ficha de control se muestra en el Apéndice I. este tipo de fichas se utilizara para control del mantenimiento preventivo por parte del departamento de mantenimiento ya que en ella se anotan las reparaciones que se han hecho a lo largo del tiempo ya sea como parte del programa de mantenimiento o reparaciones de emergencia, su principal función es servir de apoyo en la toma de decisiones que por ejemplo serian si es rentable reparar, reacondicionar o mejor comprar un nuevo equipo y si es conveniente comprar un equipo similar o diferente, etc.

3.2.5. Órdenes de trabajos de mantenimiento

El modelo de esta orden de trabajo se muestra en el Apéndice I. Estas órdenes de trabajos de mantenimiento son la parte más importante del mantenimiento preventivo ya que en ella se anotaran la descripción de las rutinas de mantenimiento, las personas a cargo de realizarlas, la herramienta, el equipo, los insumos y los períodos en los cuales se deben realizar estas rutinas de mantenimiento preventivo siguiendo la programación establecida en el manual de mantenimiento y bajo la coordinación del supervisor de mantenimiento.

3.2.6. Órdenes de reparaciones no programadas

El modelo de esta orden de reparación se muestra en el Apéndice I. se utilizarán cuando por condiciones que no se pueden controlar ocurra una falla en un equipo o accesorio, entonces se deberá realizar la reparación y anotar todas las observaciones que sean de utilidad para garantizar el servicio que prestan los equipos y accesorios. Esta información también se utilizara para programar nuevas rutinas de mantenimiento, determinar el estado del equipo, las fallas más comunes o programar reparaciones en las que se necesiten retirar de servicio los equipos o accesorios.

3.3. Mantenimiento preventivo para la red de distribución de agua caliente

Para describir las rutinas de mantenimiento que se aplicaran a los equipos y accesorios de la red de distribución de agua caliente estos se dividirán de la siguiente manera:

- Componentes del suministro de vapor al calentador
- Calentadores
- Bombas de agua
- Tuberías y revestimientos
- Accesorios

3.3.1. Mantenimiento preventivo para los componentes del suministro de vapor al calentador

3.3.1.1. Componentes del suministro de vapor

- Una trampa de vapor de tipo ficha (termodinámica) de 1" para 150 Psi.
- Un filtro de vapor de 1 ¼" para 150 Psi.
- Un cheque de 1" para 150 Psi.
- Un control de temperatura de vapor.
- Válvula de globo de 1" para vapor de 150 Psi.

3.3.1.2. Mantenimiento a realizar

Todos los accesorios del sistema de suministro de vapor al calentador tienen rutinas de mantenimiento preventivo pero al que debe dársele un mayor cuidado es la trampa de vapor ya que por la función que desempeña que es separar el vapor del condensado en la línea de vapor, de su buen funcionamiento depende el ahorro o gasto en exceso de vapor.

Para poder diseñar un buen programa de mantenimiento preventivo para trampas de vapor es necesario comprender el funcionamiento de estas que es de la siguiente manera: el objetivo principal de una trampa de vapor es retener el vapor en el sistema y permitir el paso de condensado hacia la tubería de retorno de condensado. Las trampas de vapor están colocadas a la salida de los equipos que utilicen vapor y se colocan junto a un filtro y un cheque. El funcionamiento y rutinas de mantenimiento dependerán del tipo de trampa que se encuentre en el equipo. En el manual se describirá el mantenimiento preventivo solo para un tipo de trampas la cual es, la trampa termodinámica de ficha ya que esta es la que se encuentra en el sistema de suministro de vapor al calentador de agua y sus características principales son :

- Sonido de descarga intermitente
- Vapor instantáneo en salida de trampa
- Temperatura alta en línea de vapor de entrada a la trampa

Las pruebas que se realizarán como parte del mantenimiento preventivo a las trampas de vapor termodinámicas son las siguientes:

a) Prueba visual de condensado

Si se conoce el comportamiento de la trampa de vapor a examinar este tipo de prueba es de mucha utilidad para comprobar su operación o para detectar fugas de vapor o condensado, la prueba se realiza de la siguiente manera:

- I. Asegurarse que el sistema esté funcionando a la presión correcta
- II. Abrir el sistema y observar el funcionamiento de la trampa, que por ser del tipo termodinámica debe existir un flujo intermitente de vapor instantáneo (baja velocidad y con presencia de condensado).
- III. Si el vapor que se observa es vapor vivo (chorro de vapor fuerte y definido), la trampa no funciona correctamente y se procederá al cambio de trampa de vapor.
- IV. Si no se observa vapor y existe vapor en la línea, la trampa fallo cerrada, también se procederá al cambio de trampa de vapor.

b) Prueba de temperatura

Este tipo de prueba se basa en la relación que existe entre la temperatura del vapor a alta presión del lado de entrada de la trampa que es mayor a la temperatura del condensado a baja presión del lado de salida de la trampa. La revisión de temperatura se realiza de la siguiente manera:

- I. Asegurarse que las presiones, temperaturas y materiales de operación de la trampa sean los correctos.
- II. Realizar la medida de temperatura a la entrada de la trampa (vapor a alta presión) y compararla con la temperatura a la salida (condensado a baja presión). La medida de temperatura se puede realizar con los siguientes equipos: Termómetro de contacto, pirómetro de radiación, pirómetro óptico o termógrafo.
- III. Si la temperatura a la entrada es mayor que la salida, la trampa funciona correctamente. Si el resultado fuera contrario, la temperatura es mayor en la salida, esto indicaría una sobre presión en la línea de retorno de condensado, se recomienda revisar válvulas antiretorno y realizar medidas de presión en la línea de retorno de condensado.
- IV. Si la temperatura aparenta ser la misma puede indicar que la trampa falló abierta (el flujo de vapor es constante a la línea de condensado), se recomienda realizar una limpieza a las partes internas de la trampa y mas pruebas para determinar el estado de la trampa.
- V. Si solo existe temperatura alta en la entrada y la salida se encuentra a temperatura ambiente, la trampa falló cerrada (el condensado no fluye a la línea de retorno de condensado, la trampa está cerrada), se recomienda realizar limpieza interna de la trampa y comprobar de nuevo su estado realizando otras pruebas.

c) Prueba de sonido

Para realizar esta prueba se necesita conocer los sonidos de operación de una trampa termodinámica normal.

La parte móvil de este tipo de trampas es un disco que cierra y libera el paso de condensado por efecto del cambio de temperatura sobre él, al realizar esta operación ocasiona un sonido de golpeteo al abrir y cerrar y el sonido del flujo de condensado se asemeja a un chorro a alta presión. Con esta información se procede a realizar la prueba de sonido siguiendo los pasos que se describen a continuación:

- I. Asegurarse que las presiones de operación de la trampa sean las correctas.
- II. Escuchar el sonido de operación de la trampa con cualquiera de los siguientes equipos: Estetoscopio, punta de prueba de amplificación con audífonos, puntas de prueba de ultrasonido.
- III. Comparar el sonido escuchado con la información de operación normal de la trampa. Si no se escucha el sonido de cierre y abertura de la trampa, puede que esta haya fallado cerrada. Al contrario, si el sonido es un flujo constante, la trampa ha fallado abierta y el vapor pasa libremente al retorno de condensado.
- IV. Si esta prueba indica el mal estado de la trampa es conveniente realizar la limpieza interna de la trampa y realizar nuevas pruebas para determinar su estado, si la trampa sigue fallando se recomienda su cambio.

Entre las actividades de mantenimiento preventivo que se realizaran a los demás accesorios del suministro de vapor a los calentadores se pueden mencionar las siguientes:

- I. Abertura y cierre completo de la válvula de globo para evitar que esta se pegue y en caso de servicio a los equipos o cambio de accesorios no se pueda cerrar el suministro de vapor.
- II. Drenaje diario de condensado acumulado en la tubería de vapor durante los períodos de inactividad de los equipos.
- III. Revisión visual de todos los accesorios para detectar fugas de vapor, presencia de suciedad o corrosión, escuchar ruidos extraños o detectar vibraciones,
- IV. Comprobar la temperatura de operación de los accesorios para detectar posibles sobrepresiones o fallas en suministro de vapor o retorno de condensado.

3.3.1.3. Repuestos más utilizados

- Trampa de vapor de tipo ficha (termodinámica) de 1" para 150 Psi.
- Válvula de globo de 1" para vapor de 150 Psi.
- Control de temperatura de vapor (0 a 250 °F)
- Bobina 110 V. para electro válvula
- Filtro de vapor de 1 ¼" para 150 Psi.
- Manómetro de 0 a 200 Psi.
- Asbesto grafitado de ¼"
- Cheque de 1" para 150 Psi.
- Rollos de teflón
- Estopa grafitada

3.3.1.4. Fallas más comunes

Luego de realizar las diversas pruebas a las trampas de vapor se debe tomar una decisión sobre su reparación o reemplazo, en la tabla V. se mencionan algunos problemas que se pueden presentar en las trampas de vapor, causas y soluciones para corregir estos problemas.

Tabla V. Problemas, causas y soluciones en trampas de vapor

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
Flujo continuo de vapor a la línea de retorno de condensado.	La trampa falló abierta, alta presión de vapor, trampa de menor capacidad.	Desarmar la trampa, comprobar sus condiciones de operación y limpiarla.
Sin flujo de condensado a la línea de retorno de condensado.	La trampa falló cerrada, presencia excesiva de suciedad o corrosión.	Desarmar la trampa, limpiarla y cambiar partes dañadas.
Flujo de condensado a la línea de vapor	Exceso de presión en la línea de retorno de condensado, daño en sellos o asientos de trampa	Revisar trampas de vapor en otros equipos, instalar válvulas anti-retorno en línea de condensado.
Presencia de suciedad en el interior de la trampa.	Filtros dañados o inadecuados para el trabajo efectuado.	Limpieza o cambio de filtros.
Presencia de corrosión en el interior o exterior de la trampa.	Presencia de aire en línea de vapor, vapor contaminado, mala purga de condensado.	Revisar calidad de vapor, purgar equipos de línea de vapor, revisar o cambiar filtros de vapor
Fuga de vapor o condensado visible desde el exterior.	Sellos desgastados, uniones dañadas, o sobre presión en línea de vapor o condensado.	Revisar sellos y uniones de la trampa a las tuberías, y comprobar que las presiones de trabajo de la trampa sean las adecuadas para las presiones en la línea de vapor.

El programa de mantenimiento debe abarcar todos los componentes del sistema de suministro de vapor a los calentadores de modo que también se deben mencionar las fallas que puedan ocurrir en los demás componentes de dicho sistema. En la tabla VI. se mencionan los problemas, causas y soluciones que se presentan en los diversos componentes que forman el sistema de suministro de vapor a los calentadores.

**Tabla VI. Problemas, causas y soluciones
en componentes del sistema de suministro de vapor**

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
Válvula de globo, sin giro cerrada o abierta.	Presencia excesiva de suciedad o corrosión en exterior o interior.	Revisar calidad de vapor en línea de suministro, evitar exposición de válvulas a polvo, agua o suciedad, si no se puede reparar realizar cambio.
Fuga de vapor en válvula de globo, cheque o filtro.	Sellos o uniones a tuberías dañados, alta presión de vapor.	Revisar presiones de trabajo, reparar sellos dañados o cambio total de los accesorios.
Alta temperatura en válvula de globo, cheque o filtro.	Alta presión de vapor, trampa de vapor cerrada, accesorios de capacidad menor.	Revisar funcionamiento de trampa de vapor, revisar presiones de trabajo.
Golpe de ariete o vibración en los accesorios del suministro de vapor.	Trampa abierta y alta presión en tubería de retorno de condensado, daño en trampa de otros equipos.	Revisar funcionamiento de trampa de vapor y accesorios cercanos al equipo inspeccionado, revisar funcionamiento del sistema de distribución de vapor y retorno de condensado.

3.3.1.5. Programación del mantenimiento preventivo

❖ DIARIO

- Purga de condensado en la línea de suministro de vapor y retorno de condensado en los calentadores antes de ponerlos en funcionamiento.
- Revisión visual de todos los accesorios de la línea de suministro de vapor a los calentadores para detectar fugas, ruidos o vibraciones.

❖ SEMANAL

- Revisión visual detallada de los accesorios de suministro de vapor al calentador para detectar fugas de vapor, fugas de condensado, acumulación de suciedad, corrosión, deterioro del revestimiento, etc.

❖ MENSUAL

- Realizar métodos de prueba de temperatura y sonido a las trampas de vapor para determinar su estado. Si estos métodos de prueba no proporcionan suficiente información para determinar el estado de la trampa se recomienda realizar la prueba visual de flujo de condensado.

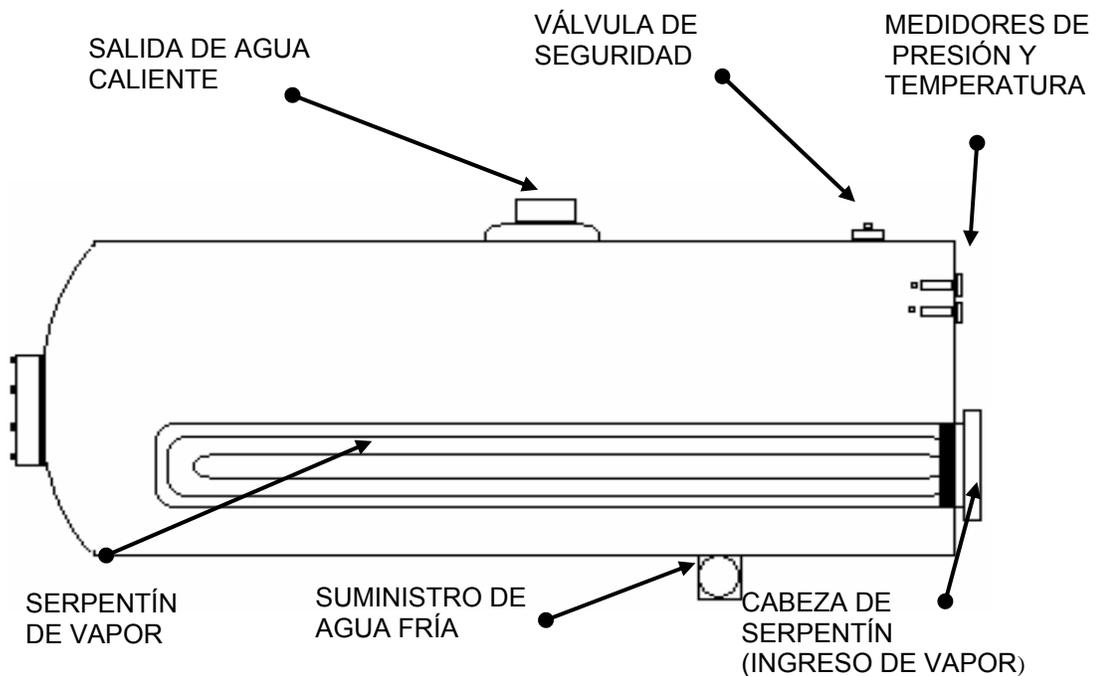
❖ SEMESTRAL

- Desarmar las trampas y realizar limpieza interna y externa, también comprobar el estado de sus piezas para determinar cambio o reparación de las mismas.
- Desarmar cheque y filtro para realizar limpieza interna, externa y comprobar su estado para determinar si es necesario cambiarlos.
- Realizar limpieza interior de las válvulas de compuerta que se encuentra en el sistema de suministro de vapor al calentador y revisar el estado de sus componentes, principalmente el prensa estopa, la estopa, el vástago y el asiento para determinar si pueden seguir funcionando o es conveniente realizar el cambio.

3.3.2. Mantenimiento preventivo para calentadores

En la figura 10. se muestra los componentes de uno de los calentadores que operan en el Hospital General “San Juan de Dios” Este tipo de calentador es libre de mantenimiento sin embargo si se pueden programar algunas actividades de control y mantenimiento para prolongar la vida útil del equipo y asegurar que la calidad y constancia del servicio que prestan.

Figura 10. Principales componentes del calentador de agua Hospital General “San Juan de Dios”



3.3.2.1. Mantenimiento a realizar

Para asegurar el servicio diario de agua caliente a los servicios se deben realizar correctamente los procedimientos de encendido y apagado del equipo y controlar los parámetros recomendados durante el funcionamiento. Los procedimientos que el encargado de operar los calentadores debe realizar para encender y apagar el equipo y los parámetros que se deben controlar durante el funcionamiento del calentador son:

a) Parámetros que se deben conocer para el correcto funcionamiento del calentador de agua del Hospital General “San Juan de Dios”.

- El calentador funciona en horario de 6:00 a 9:00 a.m.
- Funciona a base de vapor de dos calderas piro tubular de 3 pasos.
- La capacidad del calentador es de 2300 Litros.
- Presión máxima en tubos y hojas de 125 Psi.
- Temperatura de operación 130 °F.
- Presión de operación 85 Psi.

b) Puesta en operación del calentador

- 1) Verificar que la llave de purga de condensado de vapor en tubería de suministro de vapor al calentador esté cerrada y que no existan fugas.
- 2) Abrir llave de paso de agua fría al calentador.

- 3) Abrir válvula de paso de vapor al calentador (válvula de globo).
- 4) Revisar presión de vapor a la entrada de calentador.
- 5) Revisar la temperatura del agua caliente hasta que esta llegue a la temperatura de operación que es de 130 °F.
- 6) Revisar la presión del agua caliente dentro del cilindro del calentador hasta que esta llegue a la presión de operación que es de 85 Psi.
- 7) Encender bomba de circulación de agua caliente.

c) Durante la operación

- 1) Controlar presión de operación de 85 Psi. dentro del cilindro del calentador, si la presión aumenta se debe cerrar el suministro de vapor y el suministro de agua fría hasta que la presión se estabilice.
- 2) Controlar la temperatura de operación de 130 °F, si esta aumenta se debe reducir el suministro de vapor al calentador utilizando las válvulas reguladoras, hasta que la temperatura se estabilice.
- 3) Revisar que no existan fugas de vapor o condensado en las tuberías, válvulas y accesorios, así como también fugas de agua caliente en las respectivas tuberías y válvulas.
- 4) Revisar constantemente el funcionamiento de la bomba de agua caliente revisar fugas, vibraciones, presencia de olores extraños, etc.
- 5) Si la temperatura del agua alcanza los 165 °F. cerrar el suministro de vapor y abrir la válvula de paso de agua fría al calentador.

d) Para apagar el equipo

- 1) Cerrar suministro de vapor.
- 2) Cerrar llave de paso de agua fría.
- 3) Apagar bomba de circulación de agua caliente,
- 4) Supervisar el cierre correcto de todas las llaves.
- 5) Una vez que se han apagado las calderas debe abrirse la válvula de purga de condensado.

3.3.2.2 Repuestos más utilizados

- Empaque de tortuga Neolite 13 y 17"
- Cepillos de gusano
- Empaque de asbesto 1/8"
- Cepillos de alambre
- Rollos de teflón
- Pomos permatex

3.3.2.3. Fallas más comunes

En el caso de los calentadores las fallas que se pueden presentar son muy pocas ya que su estructura y funcionamiento son sencillos, sin embargo los problemas que pueden surgir durante la operación y la forma de identificarlos son los siguientes:

- Serpentín con fugas de vapor por presencia de corrosión

Esta falla se produce a causa del tiempo, falta de mantenimiento al serpentín y los químicos que se utilizan para purificar el agua ya que esto vuelve a los tubos mas susceptibles a la corrosión por el contacto con el agua a altas temperaturas provocando fisuras o agujeros en los tubos.

Esta falla se detecta cuando al abrir la válvula de purga de condensado de vapor a la salida del serpentín del calentador sale condensado con presencia excesiva de agua, esto indicara que el agua del calentador esta ingresando al serpentín. Si se presenta esta falla habrá que retirar el serpentín y realizar las soldaduras o cambio de tubos respectivos.

- Fuga en válvulas, medidores, salidas y entradas de agua

Las fugas son ocasionadas por corrosión o por las altas presiones del agua dentro del calentador (mayores a 85 Psi.). Una fuga se identifica por la presencia de corrosión en la unión de las tuberías de suministro o salida de agua o en las uniones de válvulas o medidores, cuando se detecta una fuga hay que desmontar la parte en donde se presenta la fuga, limpiar y corregir las partes dañadas por corrosión, cambiar empaques y utilizar teflón o permatex para sellar roscas o empaques en las uniones.

- Falla en medidores de presión o temperatura

Esta se detecta cuando en la carátula del termómetro o del manómetro no se marca la presión o temperatura correcta del agua en el interior del calentador, o no existe ninguna lectura, en estos casos se debe colocar un termómetro o manómetro en la tubería de salida de agua caliente o en la válvula de seguridad del calentador para comprobar el funcionamiento correcto del termómetro o manómetro del calentador.

Si se comprueba su mal funcionamiento, los equipos deberán desmontarse, limpiar las carátulas y los bulbos, comprobar de nuevo su funcionamiento, si no son reparables deben reemplazarse.

3.3.2.4. Programación del mantenimiento preventivo

❖ DIARIO:

- Realizar las operaciones de encendido, apagado y controlar los parámetros de operación correcta del calentador.
- Revisar estado general del calentador a la hora de encenderlo para detectar vibraciones o sonidos anormales.
- Revisar las entradas de vapor al serpentín para detectar fugas.
- Revisar la tubería de entrada de agua fría al calentador y salida de agua caliente para detectar fugas.

- Revisar funcionamiento del termómetro y manómetro del calentador, revisar que de cero lleguen a la temperatura y presión de operación.

❖ **SEMANAL**

Considerando la antigüedad de los calentadores y de las tuberías semanalmente se deben realizar las siguientes rutinas de mantenimiento:

- Realizar una revisión visual más cuidadosa del cilindro del calentador para observar deterioro por corrosión y fugas de agua.
- Realizar una revisión visual más detallada de tuberías en el ingreso de agua fría, la salida de agua caliente y la tubería del ingreso del retorno de agua caliente, para observar fugas de agua o deterioro excesivo de la tubería o el revestimiento si es que lo hubiera.
- Revisar la tubería de suministro de vapor para detectar fugas, ruidos o vibraciones así como el estado general de sus accesorios.
- Realizar limpieza superficial de las tuberías y accesorios propios del calentador, limpiar la carátula del termómetro y manómetro.

❖ SEMESTRAL

- Se debe realizar la purga de sedimentos que se acumulan en el interior del cilindro del calentador cuando este no esta funcionando y se realiza abriendo la válvula de drenaje que se encuentra en el fondo del cilindro para dejar salir los sedimentos acumulados.

❖ ANUAL

- Una vez al año debe retirarse el serpentín de vapor para realizar la limpieza interior de los tubos del serpentín, esto se hace para evitar la acumulación de hollín que daña los tubos e impide la transferencia de calor del vapor al agua. Esta limpieza interior se hará con un cepillo de cerdas en forma de gusano.
- Una vez que se ha realizado la limpieza interior de los tubos del serpentín se debe revisar el estado físico del exterior de los tubos ya que por el contacto con el agua caliente tienden a corroerse, en caso de que se observe alguna grieta o exceso de corrosión se debe limpiar y realizar la soldadura correspondiente o cambio de la sección del tubo si fuese necesario.
- Al armar de nuevo el calentador se deben cambiar los empaques tanto del suministro de vapor como los de ingreso y salida de agua.
- Anualmente debe comprobarse el funcionamiento de la válvula de seguridad asíéndola funcionar manualmente, para verificar su estado, si esta se encontrara en mal estado debe repararse o cambiarse.

3.3.3. Bombas de agua caliente

En el Hospital General “San Juan de Dios” existen dos tipos de bombas de agua, unas son para agua fría y otras para el agua caliente, las bombas de agua fría están colocadas en dos lugares la primeras son las encargadas de impulsar el agua de los pozos a un tanque de captación, las otras bombas se encuentran en el cuarto de bombas y se encargan de extraer el agua de tanque de captación e impulsarla a los servicios. El otro tipo de bombas que se encuentran en el hospital son las que mandan agua caliente a los servicios y están colocadas a la salida de los calentadores.

3.3.3.1. Mantenimiento a realizar

Las bombas de agua caliente y agua potable son similares en su constitución física y características de funcionamiento por lo que las rutinas de mantenimiento también son similares así que se describirán estas rutinas sin hacer especificaciones.

a) Revisión de condiciones de las instalaciones

La bomba de agua es un conjunto de un motor eléctrico y una turbina, el motor genera el movimiento giratorio y lo transmite a la turbina por medio de una unión flexible. Esta unión, cuando la bomba se encuentra funcionando, gira a altas velocidades por lo que debe asegurarse que en las instalaciones en las que se encuentran las bombas no exista objetos que interrumpan el giro de la unión flexible o se puedan enredar con esta. En las instalaciones también debe cuidarse que no exista agua o algún otro material que pueda dañar los cables eléctricos que alimentan los motores de las bombas.

b) Verificación de goteo, anclajes, tensión y estado de juntas

La principal función de las bombas de agua es elevar la presión del agua y hacerla circular por las tuberías hasta los servicios para su uso final.

Al cumplir su función las bombas de agua son susceptibles a fugas, las cuales deben ser corregidas inmediatamente ya que ocasionan el deterioro de los componentes de la bomba. Los principales lugares en donde se presentan fugas son las juntas flexibles y las uniones de las tuberías con la bomba.

También debe revisarse el estado de los anclajes y las juntas flexibles ya que si estos están dañados o flojos ocasionan vibración que daña las partes mecánicas internas y los componentes eléctricos de la bomba. En los anclajes y juntas debe revisarse que no exista corrosión, que no estén dañadas y que los tornillos estén apretados.

c) Lubricación y engrase de cojinetes y rodamientos

Para lubricar o engrasar los cojinetes se debe desarmar el motor de la bomba lo cual se hace de la siguiente manera:

- 1) Desconectar los componentes de alimentación eléctrica a la bomba realizando los diagramas respectivos para su posterior colocación.
- 2) Desmontar la bomba de su base retirando los tornillos de anclaje y separando la unión flexible de la bomba y el motor, retirar las tapas del motor, separar el rotor y el estator para revisar su estado físico.
- 3) Al tener al descubierto los cojinetes se deben revisar que no existan señales de desgaste, grietas o juego excesivo en los rodamientos, si existieran se recomienda el cambio de los cojinetes.

- 4) Si los cojinetes se encuentran en buenas condiciones solo deben limpiarse y aplicar la cantidad y tipo de grasa recomendada en los manuales de operación, teniendo en cuenta que las superficies a las cuales se aplicara grasa deben estar completamente limpias de polvo, humedad o residuos de grasa anterior.

d) Revisar empaques, sellos y anillos

Para realizar las siguientes rutinas de mantenimiento preventivo se debe desarmar la bomba y el motor, por esta razón se recomienda que estas actividades sean realizadas al mismo tiempo que el engrase de cojinetes.

- 1) Se recomienda que cuando se realice el engrase de cojinetes se cambien también los sellos y empaques de la bomba y el motor para asegurar que no ingrese agua o suciedad al motor o bomba.
- 2) También se debe revisar el estado de las tejas del impulsor para determinar si necesitan cambio o solo limpieza.

e) Alineación de la bomba

La revisión y alineación de la bomba y el motor eléctrico debe realizarse una vez cada año.

La alineación de la bomba es de mucha importancia ya que si el motor se encuentra desalineado con la bomba ocasionará que se dañen los demás componentes mecánicos de la bomba y el motor a causa de la vibración que se ocasiona. Para la revisión de la alineación se deben seguir los pasos que a continuación se describen.

- 1) Cuando el motor y la bomba están desalineados se presenta vibración al arrancar el sistema o en el funcionamiento, así mismo se puede medir el juego entre los acoples de la bomba y el motor, el cual debe indicar la misma abertura para todos los acoples de lo contrario indicaría que el motor se encuentra desalineado.
- 2) Cuando se ha confirmado la desalineación de la bomba se debe corregir moviendo los pernos de anclaje hasta que el motor quede alineado, si no se pudiera se debe desarmar la bomba y mandar a alinear el eje de la bomba y el rotor del motor.

3.3.3.2. Repuestos más utilizados

- Limpiador de contactos eléctricos
- Regulador de presión 150 – 50 Psi.
- Mangueras de abasto flexible ½”
- Aceite (según especificación)
- Estopa grafitada de ¼”
- Fusibles 100 A. 600 V.
- Empaque G 160
- Teflón de ½”
- Lija

3.3.3.3. Fallas más comunes

En la tabla VII. Se muestran los problemas que se presentan comúnmente en las bombas de agua, se analizan las causas y se proponen soluciones a estos problemas.

Tabla VII. Problemas, causas y soluciones que se pueden presentar en bombas de agua

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
La bomba no descarga liquido	Bolsa de aire en tubo de succión, velocidad baja, carga manométrica del sistema mayor a la de la bomba, conexión inadecuada para servicio, tubo o carcasa obstruido.	Cebar bomba, revisar condiciones de servicio, presión, velocidad, conexiones eléctricas, limpieza de componentes.
Capacidad inadecuada	Bolsas de aire en tubo o liquido, válvula de pie pequeña, obstruida o no sumergida en liquido baja velocidad, presión del sistema muy alta, mala viscosidad de liquido.	Cebar bomba, revisar componentes (válvula de pie, conexión eléctrica, revisar condiciones de servicio (viscosidad del fluido, presión del sistema, velocidad, etc.)
La bomba se para después de arrancar	Entrada de aire a la bomba por tubo de succión o estopero, sello de agua del estopero obstruido, anillos de estopero mal colocados.	Cebar bomba, revisar o cambiar sellos de bomba, cambiar anillos de estopero.
Bombas requiere demasiada potencia	Velocidad alta, carga manométrica del sistema mayor o menor a la de la bomba, bomba desalineada, eje torcido, viscosidad inadecuada.	Revisar presiones del sistema, alineación de la bomba o el eje, viscosidad del liquido y estado físico de la bomba.

Continuación Tabla VII.

Fugas por el estopero	Anillos del estopero mal colocados, eje o camisa dentro del estopero gastados, eje desalineado, bomba incorrecta para el liquido.	Revisar, ejes, anillos, empaquetadoras o camisas del estopero, revisar alineación de la bomba y condiciones de uso.
La bomba vibra o es ruidosa	Válvula de pie o tubo de succión obstruida o semi-sumergida, eje, cojinetes o impulsor desalineado dañados o gastados, malos cimientos.	Revisar alineación de los componentes de la bomba, revisar cojinetes o cimientos para comprobar su estado.
Calentamiento de cojinetes	Eje o impulsor desalineado, mala elección de cojinetes gastados, mal colocados, lubricación excesiva o deficiente o con impurezas.	Cambio de cojinetes, revisar uso de lubricante, alinear eje o impulsor.
La bomba trabaja forzada o se pega	Bomba funciona a baja capacidad, lubricante con impurezas, cojinetes mal ajustados, impulsor desalineado.	Revisar condiciones de operación de la bomba, estado de cojinetes, impulsor desalineado, condiciones de lubricante.

3.3.3.4. Programación del mantenimiento preventivo**❖ SEMANAL:**

- Realizar la revisión de las instalaciones y los alrededores donde se encuentran las bombas de agua para identificar riesgos de accidentes.
- Realizar limpieza superficial del motor, la bomba y sus componentes.

- Revisar los elementos de la instalación eléctrica de los motores (interruptores, fusibles y cables de conexión), para determinar su estado.
- Realizar revisión visual de tanque y uniones de las tuberías para detectar fugas, corrosión o daños físicos que requieran cambios.

❖ **MENSUAL**

- Revisar cámara de lubricación de cojinetes y engrasar, revisar estado físico de sellos, empaques y revisar niveles de aceite de las bombas.
- Revisar y comprobar estado del switch de presión.
- Revisar estado de uniones flexibles y ajustar pernos de anclaje.

❖ **SEMESTRAL**

- Revisar y limpiar filtro de agua si es que existe
- Desarmar la bomba y limpiar partes interiores
- Revisar sellos, juntas flexibles y cojinetes
- Soplar con aire comprimido el ventilador del motor

❖ **ANUAL**

- Limpieza de electrodos de bomba
- Revisar y comprobar alineación de la bomba

3.3.4. Tuberías y revestimientos

Cuando se menciona las tuberías es importante hacer algunas aclaraciones respecto a los tipos de tubos que se utilizan en la red de distribución de agua caliente del Hospital General “San Juan de Dios”, por ejemplo se puede mencionar que las tuberías de suministro de vapor a los calentadores son tubos HN de 1” cedula 40 sin costura cubiertos con aislante térmico del tipo cañuela (fibra de vidrio) de 25 mm. de espesor, la tubería de suministro de agua fría la forman tubos de acero de 6”, la tubería de suministro y retorno de agua caliente esta compuesta por tubos de acero negro de 6” y 4” con revestimiento y los tubos que conectan la tubería principal de agua caliente con los accesorios en los que se utiliza el agua caliente (duchas y lavamanos) son tubos de cobre en medidas de ½”, ¾”, 1”, 1 1/2” y 2”.

3.3.4.1. Mantenimiento a realizar

Aunque las tuberías y el aislante térmico están libres de mantenimiento preventivo, se programaran rutinas de revisión para determinar el estado físico de los tubos y su aislante, evitando el deterioro excesivo de las tuberías, sus accesorios o las instalaciones del edificio y garantizar el servicio de agua caliente a las unidades del hospital. Las rutinas de mantenimiento preventivo que se aplicaran a las tuberías y revestimientos son las siguientes:

a) Revisión visual de las tuberías

- Se deben hacer recorridos para observar si existe alguna fuga de agua en las tuberías. Si la tubería no tiene revestimiento la fuga se podrá observar directamente sobre la superficie del tubo o en sus cercanías. Si la tubería esta recubierta una fuga se notara por presencia de humedad en la superficie del revestimiento.
- En los recorridos debe observarse el estado del revestimiento en la tubería que lo posea ya que por el tipo de materia del que esta hecho (fibra de vidrio) no se puede permitir que el revestimiento esté expuesto al tacto, también porque una sección de revestimiento en mal estado representa una perdida de energía al transferirse el calor del agua caliente al ambiente.
- En los recorridos también se debe observarse el estado físico de la tubería ya que por transportar agua caliente es susceptibles a la corrosión y la presión que las bombas agregan al agua las tuberías tienden a aflojarse de sus cargadores, por lo que se debe revisar la estabilidad de estas cuando el agua esta fluyendo a traves de ellas.

- Otra rutina que debe realizarse durante las revisiones de la tubería es verificar la existencia y legibilidad del código de colores de las tuberías ya que este es importante para la seguridad de los trabajadores y facilita la identificación del tipo de fluido que circula por la tubería, el código de colores de las tuberías que se encuentran en el Hospital General “San Juan de Dios”, se muestra en la tabla VIII.

Tabla VIII. Código de colores de las tuberías de agua y vapor del Hospital General “San Juan de Dios”

COLORES	TIPO DE FLUIDO
Azul	Agua potable
Azul con amarillo	Agua caliente
Azul con naranja	Retorno de agua caliente
Amarillo	Vapor
Amarrillo con naranja	Retorno de condensado

3.3.4.2. Repuestos más utilizados

En el caso de las tuberías es recomendable que siempre se mantenga en existencia tubos de todos los tipos y medidas ya que pueden ocurrir emergencias en las cuales se necesite reemplazar un sección de tubería, también se puede utilizar en una ampliación del servicio de agua potable, agua caliente o vapor, los principales tipos y medidas de los tubos y el aislante térmico que se utilizan en el Hospital General “San Juan de Dios” para agua y vapor, y que es recomendable tener existencia en los almacenes son:

- Empaquetadura de cañuela (fibra de vidrio) 25 mm. de espesor
- Tubos de 1", 4", 6" HN cedula 40 sin costura
- Tubos de acero de 2", 4", 6"
- Tubos de cobre de ½" - 2"
- Tubos de PVC de ½" - 2"

3.3.4.3. Fallas más comunes

- Las fallas que se presentan en las tuberías se deben a las fugas de agua ya que estas ocasionan corrosión. Estos daños por corrosión se presentan generalmente en las uniones de los tubos o en donde se localizan los accesorios de la tubería. Si este es el caso se procederá a retirar el tubo dañado limpiar la parte corroída e instalar nuevamente los accesorios con sellos de teflón en las roscas para evitar fugas de agua, si el daño es en todo el tubo se recomienda reemplazar el tubo completo.
- Otro tipo de falla en las tuberías sería a causa del flujo de agua a presión que conducen en su interior, esto ocasiona que las tuberías se aflojen de sus soportes ocasionando vibración que afloja los accesorios y las uniones de los tubos, para estos casos se debe evitar las longitudes muy grandes de tuberías sin soportes y apretar constantemente las abrazaderas de los soportes.

3.3.4.4. Programación del mantenimiento preventivo

❖ SEMESTRAL

- Realizar recorridos para revisar las tuberías sobre todo en los puntos de unión entre tuberías o con accesorios para observar fugas y comprobar la estabilidad de las tuberías para determinar si se necesitan cambios en las tuberías, limpieza, apretar las abrazaderas, retirar el aislante térmico deteriorado, etc.
- Durante la revisión también deben aprovecharse para realizar una limpieza general de las tuberías y los accesorios de estas.
- En las tuberías que se encuentran identificadas con códigos de colores, revisar si estos aun son visibles, si no es así colocar identificación nueva.

3.3.5. Accesorios

Para facilitar la aplicación de las rutinas de mantenimiento del manual de mantenimiento los accesorios se dividieron de la siguiente forma:

a) Accesorios que forman parte de la tubería los cuales son:

- Llaves de paso
- Llaves de regulación
- Uniones soldadas
- Reductores
- Uniones universales
- Tee
- Codos 90°
- Vueltas
- Sujetadores

b) Los accesorios a los cuales llega el agua caliente:

- Grifos de lavamanos
- Duchas

3.3.5.1. Mantenimiento a realizar

Para describir las rutinas de mantenimiento preventivo que se realizarán a los accesorios de la red de distribución de agua caliente del hospital los accesorios se dividirán de igual forma en:

- a) Accesorios que forman parte de la tubería
- b) Accesorios a los cuales llega el agua caliente

- a) Rutinas de mantenimiento preventivo para accesorios que forman parte de la tubería.

Válvulas de compuerta y válvulas de globo:

- Lubricar a intervalos de 6 meses
- Corregir de inmediatos fugas en vástago
- No cerrar llaves con fuerza o con palanca
- Abrir con lentitud para evitar choque térmico
- Cerrar con lentitud para ayudar a descargar sedimentos
- Se recomienda el cierre o apertura total sobre todo en fluidos con presión.
- Si la válvula presenta fuga excesiva se recomienda cambiar el vástago, cambiar o ajustar el prensa estopa y cambiar los asientos que estén rayados.

Estas revisiones y comprobación del estado de los accesorios que se encuentran en la tubería deben hacerse cada 6 meses realizando un recorrido para observar la tubería y sus accesorios. Las actividades a realizar durante el recorrido son:

- Revisar todas las uniones de la tubería a los accesorios para detectar fugas de agua, daños o presencia de corrosión.
- Comprobar en el caso de las válvulas que estas cierren y abran completamente el paso de agua así como la suavidad o dureza del giro y el estado de los empaques para detectar fugas o daños que ameriten cambios.

b) Las rutinas de mantenimiento para los accesorios a los cuales llega el agua caliente son:

Si se toma en cuenta que en el hospital se encuentran cerca de 800 lavamanos sería imposible que el personal de mantenimiento revisara todos los accesorios por esta razón es necesario que el personal de limpieza que se encarga de la limpieza diaria de los lavamanos, duchas y sanitarios, colabore con el departamento de mantenimiento realizando las rutinas diarias de mantenimiento preventivo que se aplicaran a estos accesorios. Las rutinas de mantenimiento preventivo que realizaran el personal de limpieza a los accesorios son:

a. Lavamanos y fregaderos

- Revisar que el suministro de agua fría y caliente sea el adecuado.
- Observar que no exista fugas de agua en los sellos y bases de las llaves cuando estas estén cerradas.
- Comprobar que la llave gradué la mezcla de agua fría y caliente.
- Revisar los sifones y desagües de los lavamanos para detectar fugas de agua o corrosión en la tubería o uniones.

b. Duchas

- Revisar que el suministro de agua fría y caliente sea el adecuado.
- Observar que no exista fugas de agua en las llaves y en la cabeza de la ducha cuando esta no esté en uso.
- Comprobar que la llave gradué la mezcla de agua fría y caliente.
- Revisar el cuello y cabeza de ducha para detectar fugas o deterioro por corrosión o acumulación de suciedad.

Es importante aclarar que el personal de limpieza solo realizara las rutinas de mantenimiento diarias para comprobar el estado de los equipos, si alguno de estos equipos se encontrara en mal estado o se presentara una fuga de emergencia se debe comunicar al departamento de mantenimiento para que se mande al personal adecuado y se realicen las reparaciones correspondientes.

Como complemento a las rutinas de mantenimiento el personal del departamento de mantenimiento del área de plomería se encargara de realizar las rutinas de mantenimiento preventivo que se describen a continuación:

a. Lavamanos y fregaderos

- Limpieza de sifón: el sifón es la tubería por donde se desecha el agua que ha sido utilizada en el lavamanos o fregadero, por estar en contacto con agua sucia y otros líquidos forma suciedad y corrosión en su interior por lo que se debe retirar y limpiar para evitar su deterioro, así como reaplazar el teflón de las uniones para evitar fugas o corrosión.
- Limpieza de trampas: las trampas son las mallas que se encuentran en el desagüe de estos accesorios y son los encargados de impedir el paso de desperdicios o cualquier objeto al sifón, estas por estar en contacto con agua tiende a corroerse y tapan el paso de agua, estas trampas deben retirarse y limpiarse con un cepillo de alambre sobre todo en sus agujeros y asiento para alargar se vida útil.
- Prueba de funcionamiento de llaves: en las llaves se debe comprobar el cierre y apertura completa, suavidad de giro, ausencia de fugas, presencia de corrosión, estabilidad, suministro y mezcla adecuada de agua, presión de agua fría y caliente adecuado.

b. Duchas

- Limpieza de regadera: la regadera por estar en contacto con agua forma mohos que tapan sus orificios lo cual ocasiona que la dispersión de agua no sea uniforme, por esta razón la regadera debe ser retirada del cuello de regadera y limpiarla con un cepillo de alambre o con agua a presión y cambiar el teflón de la rosca para evitar fugas o corrosión.
- Prueba de funcionamiento de llaves: en las llaves de debe comprobar el cierre y apertura completa, suavidad de giro, ausencia de fugas, presencia de corrosión, estabilidad, mezcla de agua adecuada y suministro a presión adecuada.
- Limpieza de desagüe de piso: en las duchas se presenta el problema que los desagües se tapan por la acumulación de suciedad, por lo cual estos deben ser limpiados tanto físicamente como con químicos para retirar la suciedad y garantizar la evacuación de agua.

c. Revisión de instalaciones

Ya que las revisiones las hará uno de los plomeros a todos los lavamanos, fregaderos y duchas del hospital se debe aprovechar para revisar las instalaciones en donde están ubicados estos accesorios, los principales puntos que se deben observar son:

- Azulejos, paredes, techos y pisos: debe realizarse una revisión visual del techo, las paredes, azulejo, pisos, puertas e instalación eléctrica para determinar su estado general, limpieza o presencia de humedad, y elaborar un reporte para un posterior mantenimiento o reparación por el personal adecuado.
- Accesorios: también deben observarse todos los accesorios que componen las instalaciones donde se encuentran los lavamanos o duchas, por ejemplo debe revisarse el estado de las ovalines, jaboneras, espejos, cortinas, muebles, etc. para elaborar un reporte y que sea asignado el personal de mantenimiento adecuado para reparación o cambio.

3.3.5.2. Repuestos más utilizados

Para diseñar el stock mínimo de insumos y repuestos que es necesarios mantener en el almacén de mantenimiento también los accesorios se dividieron de la siguiente forma:

- a. Accesorios de plomería
- b. Accesorios para tuberías
- c. Suministros varios

a. Accesorios de plomería

❖ Sanitarios

- Empaque de fluxómetro (sanitario y mingitorio)
- Llave de cierre para fluxómetro
- Contra llave al piso de ½"
- Sapo para baño (empaques)
- Manivela para baño
- Empaques planos y cónicos
- Jalador grande
- Arbolito de sanitario

❖ Lavamanos

- Vástago para mezcladora
- Contra llave a la pared de ½"
- Desagüe de 1 ¼" y 1 ½"
- Mezcladoras de 6" y 8"
- Sifón de 1 ½" y 1 ¼"
- Chorros de ½"

❖ Duchas

- Juego de ducha 208 H
- Mezcladora para ducha
- Vástago para regadera
- Regaderas

b. Accesorios para tuberías

- Adaptador macho y hembra de ½" - 2" PVC
- Adaptador macho de ½" de cobre
- Codos 90° ½", ¾", 2", 2 ½", 4" PVC
- Codos 90° ½" - 2" de cobre
- Codos 90° 1 ½", 2", 3", PVC y CPVC lisos
- Coplas de ½", ¾", 2", 2 ½", 4" PVC
- Coplas de ½", CPVC
- Coplas de ½" - 2", de cobre
- Codos 90° ½" - 3", PVC liso
- Válvulas de regulación (válvula de globo) de ½" – 3" (150 Psi.)
- Válvulas de paso (válvula de compuerta y de bola) ½" a 3"
- Reductores todas las medidas PVC y HG
- Tapón macho y hembra todas las medidas PVC y HG
- Tee todas las medidas PVC, PVC lisas y HG
- Uniones universales todas las medidas PVC y HG

c. Suministros varios

- Sierras acero plata
- Lija para metal 180
- Rollos de teflón ¾" y ½"
- Pomos de silicón rojo
- Pegamento CPVC y PVC
- Estaño 50/50

3.3.5.3. Fallas más comunes

Las fallas que más comúnmente ocurren en los accesorios son las siguientes:

- Fugas de agua en los accesorios, esto ocurre por acumulación de suciedad que ocasiona corrosión dañando los accesorios. Si se detecta una fuga de agua se debe retirar el accesorio para su limpieza y cambio de sellos, si no el accesorio no fuera reparable debe cambiarse.
- Accesorios obstruidos, esto ocurre por acumulación de suciedad en las tuberías en este caso se debe retirar el accesorio y limpiarlo físicamente y con solventes para limpiar la corrosión que haya formado.
- Deterioro del accesorio, por la antigüedad de las instalaciones los accesorios de las tuberías fallan fácilmente, presentando fugas de agua y obstruyendo el flujo de agua en estos casos es recomendable cambiar el accesorio para impedir el deterioro de la tubería.

3.3.5.4. Programación del mantenimiento preventivo

❖ DIARIO

- La revisión diaria esta a cargo del personal de los servicios que utilizan los accesorios a los cuales llega el agua fría o caliente y el personal del departamento de limpieza. Esta consiste en observar las conexiones de la tubería con el accesorio, los desagües y las llaves para detectar fugas y si estas existieran debe ser notificado al departamento de mantenimiento, especificando el tipo de accesorios y la falla para su pronta reparación.

❖ SEMESTRAL

- Semestralmente se deben programar recorridos por los sectores en donde se encuentren válvulas, para comprobar su estado realizando las pruebas de cierre y apertura completa y observando el estado de las uniones a los tubos o en las uniones de las llaves para verificar que no existan fugas o presencia de corrosión que ameriten la reparación o cambio del accesorio.

- También se deben programar recorridos por los servicios para revisar las duchas, lavamanos, sanitarios y lava trastos así como las instalaciones en general, siguiendo las especificaciones descritas en las rutinas de mantenimiento para accesorios a los cuales llega agua caliente.

3.4. Supervisión del mantenimiento preventivo

Para que se cumplan los objetivos del programa de mantenimiento preventivo que se aplicara utilizando el presente manual de mantenimiento debe existir un programa de supervisión constante de las actividades de mantenimiento preventivo realizadas por los operarios que dependen del departamento de mantenimiento. La supervisión del mantenimiento esta a cargo de los supervisores de cada área en especial el supervisor del área de plomería y el supervisor del área de calderas, ya que este es el personal relacionado directamente con el programa de mantenimiento, las actividades que realizaran los supervisores de mantenimiento para la dirección y supervisión del mantenimiento son:

- Programar las rutinas de mantenimiento.
- Entregar a los operarios de mantenimiento órdenes de trabajos.
- Entregar a los operarios de mantenimiento herramienta y suministros necesarios para cumplir las órdenes de mantenimiento.
- Verificar el cumplimiento de las órdenes de mantenimiento.

- Llevar el control de las fichas para administración del mantenimiento preventivo.
- Presentar informes a la gerencia de mantenimiento sobre trabajos realizados, problemas encontrados en los equipos, insumos y herramienta necesarios y proponer mejoras en la aplicación del mantenimiento preventivo de equipos e instalaciones.
- Gestionar la compra de herramienta, insumos, repuestos y la contratación de servicios de mantenimiento externos.
- Elaborar los listados de repuestos e insumos necesarios a mantener en el almacén de mantenimiento para garantizar el cumplimiento de las rutinas de mantenimiento preventivo y reparaciones de emergencia.
- Organizar capacitaciones para los operarios de mantenimiento.

3.5. Capacitación

Las rutinas de mantenimiento del manual de mantenimiento preventivo fueron diseñadas de modo que sean comprensibles para cualquiera que haga uso del manual por esta razón no se hace necesaria una capacitación sobre su uso, en la parte en la que si se necesita de una capacitación es en el uso de las fichas y ordenes de mantenimiento las cuales servirán para administrar el mantenimiento preventivo. Esta capacitación se realizará de la siguiente forma:

- 1º. Debe programarse una reunión con los operarios de mantenimiento en un horario que no afecte sus labores diarias.

- 2°. A cada uno de los operarios de mantenimiento debe dársele un juego con todas las fichas y ordenes de mantenimiento que se utilizaran para la administración del mantenimiento.
- 3°. Sería conveniente que en la exposición se contara con la participación del gerente de mantenimiento, para dar realce a la actividad, así mismo se podría dar una introducción sobre la importancia del mantenimiento preventivo en una institución hospitalaria.
- 4°. El encargado de explicar la forma en la que se llenaran las fichas y ordenes de mantenimiento será el supervisor de cada área. Este en su explicación debe hacer notar la importancia que tendrá la información que se obtenga de estas fichas.
- 5°. Por ultimo es importante escuchar la opinión de los participantes sobre los temas tratados, así mismo se podría pedir a los técnicos que propongan mejoras o ampliaciones a las fichas y ordenes de mantenimiento y aprovechar la experiencia que tienen en las diferentes áreas que ocupa el manual de mantenimiento.

3.6. Costos de implementación

Los únicos costos en los que incurrirá la implementación del programa de mantenimiento preventivo que se presenta en el manual son los de la impresión de fichas y ordenes que se utilizaran en la administración del mantenimiento preventivo. Este costo será mínimo ya que en el Hospital General se cuenta con una imprenta para impresión de documentos de utilidad para los diferentes servicios y esta será la responsable de la impresión de las fichas y órdenes de mantenimiento preventivo.

4. CÁLCULOS PARA EL CONTROL DE MÁXIMOS Y MÍNIMOS PARA ARTÍCULOS DE LIMPIEZA EN EL ALMACÉN DE INSUMOS Y SUMINISTROS

4.1. Propuesta para el control de máximos y mínimos para artículos de limpieza

Luego de analizar el problema que se presentaba con la escasez de bolsas para desechos hospitalarios, y concluir que la mejor solución era diseñar una política de control en la que se tomara en cuenta los niveles máximos y mínimos permitidos de existencia en el almacén de insumos y suministros, se procederá a realizar los cálculos para estos máximos y mínimos, iniciando con un cálculo de pronósticos de demanda de artículos de limpieza que se presentarán al almacén de insumos y suministros durante el trimestre octubre a diciembre del 2005.

4.1.1. Artículos de limpieza

Los artículos de limpieza que se utilizan en el Hospital General “San Juan de Dios” y que se incluirán en el análisis de pronóstico y política de máximos y mínimos se muestran en la IX. estos artículos son los más utilizados dentro del hospital y por la importancia que tienen no se puede permitir la escasez.

**Tabla IX. Artículos de limpieza a los cuales se les puede
Aplicar un análisis de pronósticos y control de inventarios**

Articulos del limpieza			
No.	ARTÍCULO	UNIDAD	UTILIDAD
1	Bolsa plástica negra de 20x23x4	Unidad	Para desechos comunes en oficinas y servicios
2	Bolsa plástica negra de 30x50x6	Unidad	Para desechos comunes en pasillos, jardinería, cocina, etc.
3	Bolsa plástica roja de 20x23x4	Unidad	Desechos hospitalarios peligrosos provenientes de unidades
4	Bolsa plástica roja de 30x50x6	Unidad	Desechos hospitalarios peligrosos provenientes de unidades, ropa contaminada,
5	Detergente en bolsa de 25 Lb.	Libras	Lavandería, uso común en servicios y unidades
6	Esponja limpiadora (verde)	Unidad	Utilizada para lavar utensilios, uso común en servicios y unidades
7	Jabón antiséptico tipo hotel	Unidad	Jabón común tipo pastilla que se utiliza en todas las unidades y servicios.
8	Jabón limpiador en polvo	Unidad	Limpieza de lavamanos, sanitarios y lavado de utensilios
9	Jabón liquido semi quirúrgico	Galón	Jabón liquido para manos, utilizado en todas las unidades expuestas a contaminación
10	Mechas para trapear 16 onz.	Unidad	Utilizadas para trapear pasillos, pisos de unidades, etc.
11	Toalla de algodón para trapear	Unidad	Utilizadas para trapear pasillos, pisos de unidades, limpieza de muebles, etc.
12	Desinfectante amonio	Galón	Utilizado para limpiar pasamanos, mesas, escritorios y muebles de utensilios médicos.
13	Pads de 20" color R/N/B c/u	Unidad	Accesorios de pulidora
14	Cera antideslizante	Galón	Encerar pisos
15	Guantes de látex para jardín	Pares	Utilizados para recolectar desechos, transportar basura o ropa y utensilios
16	Cloro liquido al 5 %	Galón	Utilizado para limpiar pasamanos, mesas, escritorios y muebles de utensilios médicos.
17	Escoba plástica	Unidad	Utilizada para barrer

4.1.2. Control de inventarios

Antes de realizar los cálculos necesarios para obtener los valores de niveles máximos y mínimos permitidos de existencias en almacén, se definirá la importancia de aplicar este control de inventarios en el almacén de insumos y suministros del hospital.

4.1.2.1. Definición

Al aplicar la política de máximos y mínimos en el almacén se optimizaran los recursos de espacio físico evitando la acumulación de existencias, reduciendo los costos de almacenaje, mantenimiento de inventarios. Y sobre todo se lograra evitar la escasez. Los principales componentes de inventarios sobre los cuales se aplicara un control son los siguientes:

- Pedido óptimo
- Nivel máximo de existencia
- Nivel mínimo de existencia
- Nivel teórico de existencia
- Nivel de reorden

Mas adelante, cuando se empiece a trabajar con estos conceptos del control de inventarios a aplicar, se explicarán y desarrollarán cada uno de ellos, así como la relación que tienen entre si y el comportamiento que tendrán las existencias dentro del almacén con respecto al tiempo.

4.1.2.2. Pronóstico de consumo

Para encontrar los valores necesarios para aplicar el control de máximos y mínimos a los artículos de limpieza del almacén, lo primero que se tiene que realizar es el pronóstico de demanda de dichos artículos durante un periodo de análisis que será de tres meses pues este es el período que existe entre compras de nuevos artículos a proveedores en el almacén de insumos y suministros del hospital. Para realizar los pronósticos de demanda se deben seguir los pasos que se describen a continuación.

- A. Análisis de tendencia.
- B. Determinar el mejor método de pronóstico de demanda a operar.
- C. Realizar pronósticos (pronóstico de riesgo).

Para que la comprensión sea mejor, el análisis de tendencia, la elección de un método de pronóstico y la aplicación de pronósticos se desarrollará, para un solo artículo de limpieza y al final del análisis se agregara una tabla con los resultados de aplicar los métodos desarrollados a los demás artículos de limpieza con los cuales se trabajará.

Para agrupar los datos del ejemplo que se desarrollará que es el de las bolsas para basura de color rojo 20x23x4 que se despachan en el almacén de insumos y suministros del hospital se realizaron los siguientes pasos:

- I. Recopilar información sobre los movimientos de los artículos de limpieza en el almacén de insumos y suministros, la cual fue proporcionada por el departamento de informática del hospital. Esta información consistía en el movimiento de los artículos (apertura, ingresos y despachos) dentro del almacén durante el período de enero a septiembre del 2005. Con esta información se identificó la demanda de bolsas durante este período, se estableció que las compras se realizaban en períodos de tres meses y las existencias en almacén reportadas a septiembre del 2005.

- II. Clasificar la información en períodos quincenales: esto se hizo ya que los datos de despachos no presentaban una tendencia clara y al observar que la mayoría de los servicios hacen pedidos una vez por semana los datos se podían agrupar en quincenas, como se muestra en la tabla X.

Tabla X. Datos de despachos de bolsas de color rojo 20x23x4 agrupados en quincenas

Observación (Quincenas)	Despacho (unidades)
1	2000
2	1200
3	1500
4	1560
5	1500
6	1520
7	1500
8	1506
9	1509
10	2000
11	1671
12	1727
13	1780
14	2000
15	1842
16	1874
17	2000
18	1500
19	1500

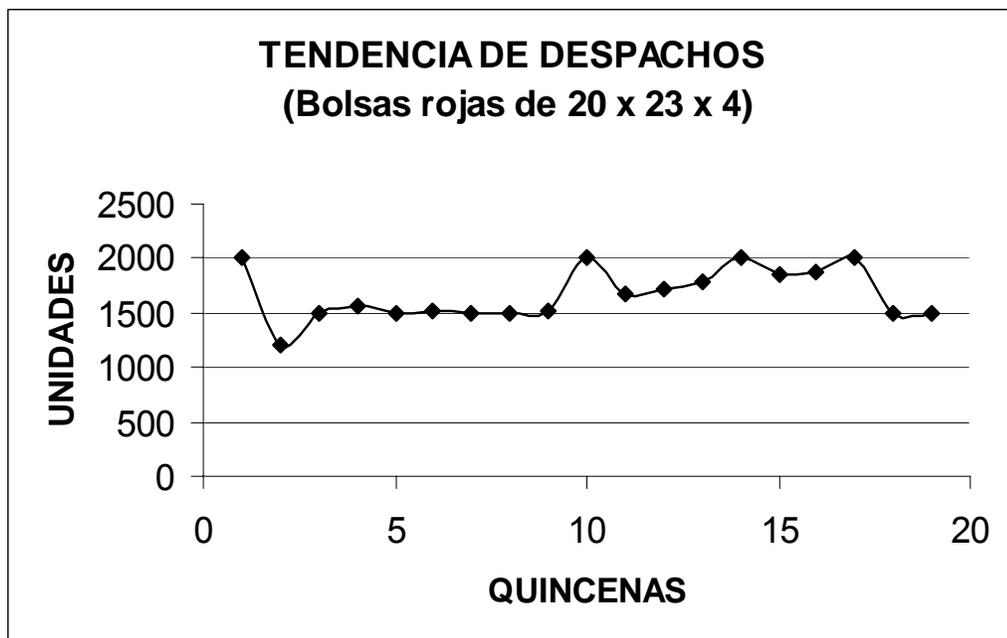
A Análisis de tendencia

En este análisis lo que se persigue es que al graficar los datos de despachos se logre identificar la tendencia que puede tener el movimiento de los despachos de artículos de limpieza en el almacén durante un período estudiado, las posibles tendencias que se pueden presentar son:

- Estable
- Ascendente
- Cíclica
- Combinada

En la figura 11. se muestra la gráfica de los despachos realizados por el almacén a los diferentes servicios durante el período de enero a septiembre del 2005, en esta se puede observar que la tendencia de los despachos es estable pues la mayoría de despachos se mantiene en el rango de 1500 a 2000 unidades.

Figura 11. Gráfica de tendencia de despachos de bolsas rojas de 20x23x4 en el almacén de insumos y suministros durante del período de enero a septiembre del 2005



B Método de pronóstico de demanda a operar

Cuando ya se tiene una tendencia definida para el despacho de artículos que se van a analizar se aplican los diferentes métodos de pronósticos que existen para cada tendencia. Para las familias estables a las cuales pertenece el artículo de limpieza que estamos utilizando como ejemplo se aplican los siguientes métodos de pronósticos:

- Método de demanda del último período
- Método del promedio aritmético
- Método del promedio móvil
- Método del promedio móvil ponderado

Antes de aplicar los diferentes métodos de pronósticos es necesario definir algunos conceptos sobre como se trabajarán los datos en las tablas de pronósticos para que la comprensión de los procedimientos y resultados sea mejor. En la figura 12. se muestra un ejemplo de los cuadros de pronósticos que trabajarán y los términos a utilizar, los cuales son:

- I. Períodos
- II. Despachos
- III. Pronósticos
- IV. Error
- V. Error acumulado

Figura 12. Cuadro de pronósticos

Periodo	Despacho			
1	1200			
2	1500			
3	1520			
4	1500			
5	1560			
6	1500			
7	1506			
8	1509			
9	1671	Pronostico	Error	Error acumulado
10	1727	1671	56	56
11	1780	1727	53	109
12	1842	1780	62	171
13	1874	1842	32	203
14	1500	1874	374	577

El menor error acumulado dará el mejor método de pronóstico

I. Períodos

Como su nombre lo indica son períodos que se utilizan para agrupar los despachos realizados por el almacén, en el ejemplo que se está trabajando para el almacén se utilizaron períodos de 15 días.

II. Despachos

Estos son los valores en unidades de los despachos que el almacén hizo a las diferentes unidades durante cada uno de los períodos de observación.

III. Pronóstico

Son los valores que resultan luego de aplicar los diferentes métodos de pronóstico, se calculan operando las fórmulas que existen para cada uno de los cálculos de pronóstico. Para poder calcular el error de los diferentes métodos, los pronósticos se calculan para una serie de datos conocidos, y el error será la diferencia entre los valores reales de despachos y los pronósticos.

IV. Error

El error es la diferencia entre el valor de despacho real y el valor del pronóstico, el error se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Error} = \text{Valor real} - \text{Valor del pronóstico} \quad (\text{Ec. 1})$$

V. Error acumulado

El error acumulado es la sumatoria de los valores absolutos de los errores que resultan de la diferencia entre el valor real y el pronóstico, se calcula con la ecuación dos, este valor es el que nos servirá para tomar la decisión sobre que método de pronóstico se trabajará, ya que se utilizará el método de pronóstico que tenga el menor error acumulado.

$$\text{Error acumulado} = [\text{error}_1] + [\text{error}_2] + \dots + [\text{error}_n] \quad (\text{Ec. 2})$$

Ahora que ya se tiene conocimiento de los términos utilizados en las tablas de pronósticos se procede a calcular los pronósticos de despachos para el artículo de limpieza que se está analizando en el ejemplo. El pronóstico se realizará con cada uno de los métodos de pronósticos de la familia estable y de esta forma encontrar el método de pronóstico que tenga el menor error acumulado y con este realizaremos el pronóstico de despachos. Los métodos de pronósticos a utilizar son:

- ❖ Método del último período
- ❖ Método del promedio aritmético
- ❖ Método del promedio móvil
- ❖ Método del promedio móvil ponderado

❖ Método del último período

Para calcular los pronósticos de demanda en este método se utiliza el supuesto de que el comportamiento de la demanda es constante y la demanda del artículo en el último período de observación se mantendrá para el siguiente y así sucesivamente. En la figura 13. se muestra el cuadro de pronósticos aplicando este método, en la cual se observa que el período que se utiliza para iniciar los pronósticos es el período de observación No. 9, para el cual se utiliza como pronóstico de demanda la cantidad demandada en el periodo No. 8, de igual forma para el pronóstico No. 10 se utiliza la demanda en el periodo No.9 y así utilizando siempre para el pronóstico de un período la cantidad demandada en el ultimo período. La desventaja de método de pronóstico es que solo se puede utilizar para calcular un pronóstico de despacho después del último conocido, o sea solo nos serviría para calcular el pronóstico de despacho en el periodo No. 11.

Figura 13. Cuadro de pronósticos por el método de último periodo

Periodo	Despacho			Error
1	1506			
2	1509			
3	2000			
4	1671			
5	1727			
6	1780			
7	2000			
8	1842	Pronostico	Error	Error acumulado
9	1874	1842	32	32
10	2000	1874	126	158
11	1500	2000	500	658
12	1500	1500	0	658

❖ Método del promedio aritmético

Este método, como su nombre lo indica, calcula el pronóstico de un período utilizando el promedio de los datos anteriores, de este modo el pronóstico refleja el comportamiento de la demanda del artículo al almacén en los períodos anteriores.

En la figura 14. se muestra el cuadro con los resultados al aplicar el método de promedio aritmético al ejemplo de demanda de bolsas de basura rojas de 20x23x4, nuevamente el primer período de pronóstico es el No. 9 y este pronóstico se obtiene con el promedio aritmético de los despachos realizados durante los períodos No. 1 al No. 8, luego el pronóstico para el período No. 10 es el promedio aritmético de los períodos No. 1 al No. 9.

Figura 14. Cuadro de pronósticos por el método de promedio aritmético

Periodo	Despacho			Error acumulado
1	1506			
2	1509			
3	2000			
4	1671			
5	1727			
6	1780			
7	2000			
8	1842	Pronostico	Error	
9	1874	1754.38	120	119.63
10	2000	1767.67	232	351.96
11	1500	1790.90	291	523.33
12	1500	1764.45	264	555.00

❖ Método del promedio móvil

En este método se utiliza el promedio de los despachos anteriores para pronosticar una demanda futura. Se utiliza una serie de datos por ejemplo, cuatro que se actualizarán conforme se pronostican los datos siguientes logrando con esto que el promedio sea actualizado con cada operación.

En la figura 15. se muestra el cuadro de resultados al aplicar el método de pronóstico al ejemplo que se está trabajando, estos resultados se obtuvieron de la de manera siguiente: El primer dato a pronosticar fue el No. 9 para los cual se realizó el promedio aritmético de los cuatro datos anteriores a este, siendo estos los despachos No. 5, No. 6, No. 7 y No. 8, luego el pronóstico del dato No. 10 se realizó con los despachos No. 6, No. 7, No. 8 y No. 9. y así para los siguientes despachos a pronosticar.

Figura 15. Cuadro de pronósticos por el método de promedio móvil

Periodo	Despacho			Error acumulado
1	1506			
2	1509			
3	2000			
4	1671			
5	1727			
6	1780			
7	2000			
8	1842	Pronostico	Error	
9	1874	1837.25	36.8	36.75
10	2000	1874	126	162.75
11	1500	1929	429	555
12	1500	1804	304	733

❖ Método del promedio móvil ponderado

Este método es un tanto más complicado ya que se utiliza el principio del promedio móvil y además se trabaja con una ponderación que nos actualiza la información del pronóstico ponderando los datos que se trabajarán para calcular el pronóstico, esta ponderación refleja la importancia que tienen los datos de demanda.

En las figuras 16. y 17. se muestran los cuadros con los resultados de los pronósticos con el método de promedio móvil ponderado con una ponderación de 0.5, 0.5, 1, y 2. Se calcula como sigue: el primer período de análisis el de los datos 5, 6, 7, y 8 estos valores de demanda se multiplican por su respectiva ponderación y se tiene los nuevos valores de demanda para los periodos 5, 6, 7, y 8, y el promedio de estos datos dará como resultado el pronóstico para el período 9.

Figura 16. Cuadros de pronósticos aplicando ponderación

Periodo	Despacho	Ponderacion	Pronostico
5	1727	0.5	863.5
6	1780	0.5	890
7	2000	1	2000
8	1842	2	3684

Promedio de pronósticos para el dato No. 9	1859.375
--	----------

Periodo	Despacho	Ponderacion	Pronostico
7	2000	0.5	1000
8	1842	0.5	921
9	1874	1	1874
10	2000	2	4000

Promedio de pronósticos para el dato No. 11	1948.75
---	---------

Periodo	Despacho	Ponderacion	Pronostico
6	1780	0.5	890
7	2000	0.5	1000
8	1842	1	1842
9	1874	2	3748

Promedio de pronósticos para el dato No. 10	1870
---	------

Periodo	Despacho	Ponderacion	Pronostico
8	1842	0.5	921
9	1874	0.5	937
10	2000	1	2000
11	1500	2	3000

Promedio de pronósticos para el dato No. 12	1714.5
---	--------

Figura 17. Cuadro de pronóstico por el método de promedio móvil ponderado

Periodo	Despacho			
1	1506			
2	1509			
3	2000			
4	1671			
5	1727			
6	1780			
7	2000			
8	1842	Pronostico	Error	Error acumulado
9	1874	1859	15	15
10	2000	1870	130	145
11	1500	1949	449	594
12	1500	1715	215	809

En la figura 17. se muestra la tabla con los resultados de los pronósticos de demanda utilizando el método de ponderación. Para que este método de pronóstico sea más confiable se deben utilizar por lo menos tres ponderaciones diferentes siguiendo las reglas que a continuación se mencionan:

- La suma de los valores de la ponderación no debe ser mayor al valor del ciclaje que se utiliza para el promedio móvil, en nuestro caso es igual a 4.
- No se puede tomar una ponderación igual a cero.

Para el ejemplo de pronósticos de despachos de bolsas de basura roja de 20x23x4 se utilizaron las siguientes ponderaciones: a) 0.5, 0.5, 1, y 2, b) 1.5, 0.5, 1.5, y 0.5 y c) 0.75, 1.25, 1, y 1. Los errores acumulados al aplicar el método de pronóstico se muestran en la figura 18.

Figura 18. Error acumulado para diferentes ponderaciones en el método de promedio móvil ponderado

Promedio Móvil Ponderado		
		Error
ponderación 1	0.5, 0.5, 1, 2	809
ponderación 2	1.5, 0.5, 1.5, 2	977
ponderación 3	0.75, 1.25, 1, 1	870

En la figura 19. se muestran los errores acumulados que resultaron al aplicar los diferentes métodos de pronósticos a los despachos durante el período enero a septiembre 2005. Se puede observar que el método que tiene el menor error acumulado es el de demanda del último período, con un error acumulado de 658 y seguido del método de promedio móvil ponderado con una ponderación de 0.5, 0.5, 1 y 2, con un error acumulado de 809.

Figura 19. Cuadro de errores acumulados de los diferentes métodos de pronóstico

MÉTODO DE PRONOSTICO		Error
Demanda del Ultimo Periodo		658
Promedio Aritmético		907
Promedio Móvil		896
Promedio Móvil Ponderado	Prueba 1	809
	Prueba 2	977
	Prueba 3	870

C Realizar los pronósticos (pronóstico de riesgo)

Ahora que ya se conoce el mejor método de pronóstico se procede a calcular los valores de demanda que se presentarán en el período siguiente (octubre a diciembre 2005), considerando lo siguiente:

Método a trabajar: Como se menciona en la página 108, el método de pronóstico que se utilizará para realizar el pronóstico de riesgo será el que tenga el menor error acumulado, como se observa en la figura 18. este método es el método de pronóstico del último período.

Trimestre: El período a pronosticar será de un trimestre, esto ya que según las normas internas para realizar compras en el hospital las compras se realizan en periodos de tres meses. Para el ejemplo que se está trabajando, se utilizaron los datos conocidos correspondientes a los trimestres de abril a junio y de julio a septiembre por lo tanto el trimestre a pronosticar será el de octubre a diciembre del 2005.

Comparación: Para dar una mayor veracidad a los resultados obtenidos en los pronósticos se realizara una comparación entre los valores de despachos de los dos trimestres conocidos y los valores de demanda esperada para el trimestre pronosticado, utilizando para este pronóstico en método del último período y el método del promedio móvil ponderado con una ponderación de 0.5, 0.5, 1 y 2 que tiene el siguiente menor error acumulado.

Una de las características de los métodos de pronósticos de las familias estables es que solo se puede pronosticar un período de demanda no conocido después de un período conocido, de modo que para pronosticar el trimestre octubre a diciembre del 2005 que necesitamos, lo primero que haremos es agrupar los datos de quincenas que veníamos trabajando en períodos de trimestres, para luego aplicar el método de pronóstico y de este modo pronosticaremos un período no conocido después de los trimestres conocidos, a este método de trabajo se le llama método de agrupación. En la figura 20. se muestra el cuadro con los resultados de agrupar los datos de despachos en trimestres.

Figura. 20. Cuadro de despachos en trimestres

Trimestre	Despacho (unidades)
Enero - Marzo	9280
Abril - Junio	11693
Julio - Septiembre	10689

Ahora que ya tenemos la información de despachos agrupados en trimestres se procede a calcular el pronóstico de riesgos para el trimestre octubre a diciembre del 2005. En la figura 20. se muestran los resultados del pronóstico de demanda para el trimestre octubre a diciembre del 2005 aplicando el método de pronóstico de último período.

Figura 21. Pronóstico de demanda por el método de último período

Trimestre	Despacho (unidades)
Enero - Marzo	9280
Abril - Junio	11693
Julio - Septiembre	10689
Pronostico	
Octubre - Diciembre	10689

Como se menciona anteriormente se realizará una comparación entre dos valores de pronósticos calculados con diferentes métodos, entonces se utiliza el método que tiene el segundo menor error acumulado el cual es el de promedio móvil ponderado con una ponderación de 0.5, 0.5, 1 y 2. Los resultados después de realizar el pronóstico para el trimestre de octubre a diciembre del 2005 se muestran en el cuadro de la figura 22.

Figura 22. Cuadro de pronósticos para el trimestre Octubre – Diciembre del 2005, utilizando el método de promedio móvil ponderado

Trimestre	Despacho (unidades)	Ponderación	Pronostico (unidades)
Octubre - Diciembre	10554	0,5	5277
Enero - Marzo	9280	0,5	4640
Abril - Junio	11693	1	11693
Julio - Septiembre	10689	2	21378
Promedio de pronósticos para el siguiente trimestre			
Octubre - Diciembre			10747

Ahora que ya se tiene dos valores de pronósticos de demanda para el trimestre octubre a diciembre de 2005, calculados con diferentes métodos de pronósticos se procede a compararlos con los valores de despacho real de los trimestres conocidos, enero a marzo, abril a junio y julio a septiembre para comprobar su veracidad y poder calcular los valores necesarios para elaborar la política de máximos y mínimos para artículos de limpieza en el almacén de insumos y suministros.

En la figura 23. se muestra la comparación entre los valores de despachos que se realizaron en los trimestres conocidos y los dos valores de pronósticos obtenidos con los métodos de pronósticos aplicados y al comparar los resultados se observa que los valores de pronóstico se acercan mucho a los valores reales de despacho, con lo cual se puede afirmar que el despacho de bolsas de basura de color rojo de 20x23x4 para el trimestre de octubre a diciembre del 2005 es de 10,689 unidades, que es el valor de pronóstico de despacho obtenido con el método de pronóstico del último período que es el que tiene el menor error acumulado.

Figura 23. Cuadro de comparación entre valores de despacho reales y pronósticos de despachos

Trimestre	Despacho (unidades)
Enero - Marzo	9280
Abril - Junio	11693
Julio - Septiembre	10689
Pronostico	
Ultimo periodo	10689
Promedio móvil ponderado	10747

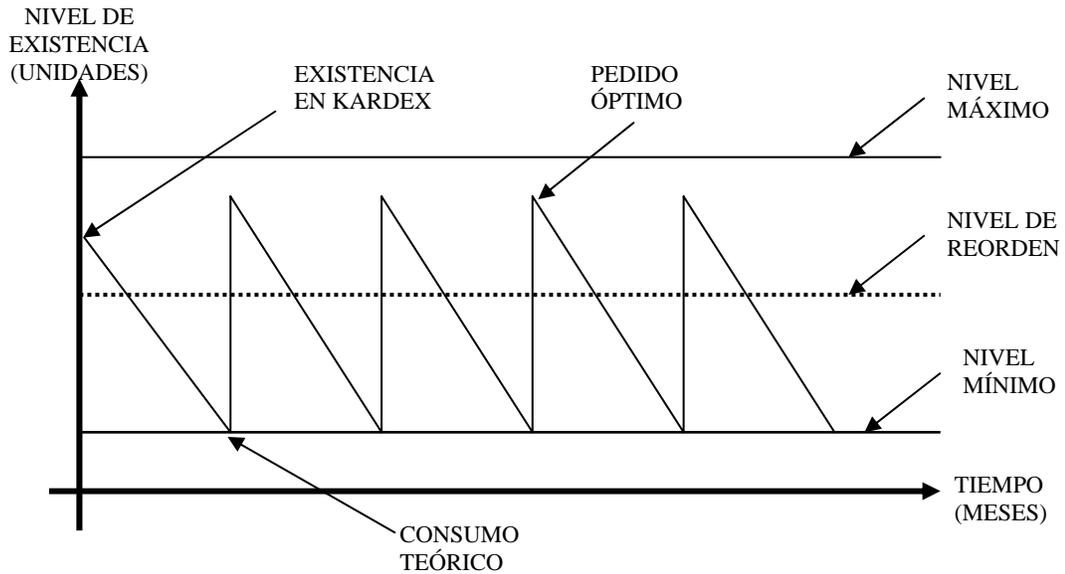
4.1.2.3. Control de inventarios

Ahora que ya se conoce el pronóstico para el trimestre octubre a diciembre del 2005, que llamaremos planificado, se procede a calcular los valores para el control de inventarios que incluya:

- Nivel mínimo de existencia
- Nivel máximo de existencia
- Nivel teórico de consumo
- Nivel de reorden
- Pedido óptimo

En la figura 24. se muestra el comportamiento que tiene la existencia de algún artículo para un período cuando se aplica el control de inventarios en un almacén, este comportamiento sería así: La existencia en kardex se consumiría hasta pasar por el nivel de reorden que nos indica que debemos realizar un pedido al proveedor por el total de unidades que indique el lote de pedido óptimo y este ingresará al almacén justo cuando las existencias han llegado a su nivel mínimo, dando un nuevo nivel de kardex, este ciclo se repetiría el tiempo que indica el consumo teórico, dando origen a un nuevo ciclo.

Figura 24. Control de inventarios



Antes de comenzar con los cálculos para los diferentes valores del control de inventarios es importante definir algunos términos que se utilizarán en las formulas y cálculos de modo que sean más comprensibles, los conceptos más importantes para el cálculo de los valores del control de inventario son:

Planificado: Es el nombre que le daremos al valor del pronóstico de demanda de bolsas de basura de color rojo de 20x23x4 del trimestre de octubre a diciembre del 2005 y que es de 10,689 unidades.

Ciclo: Es el período de agotamiento o sea es el período para el cual pronosticamos la demanda del artículo de limpieza, en nuestro caso utilizaremos un período de 3 meses.

Política: Es el factor que se utiliza para garantizar las existencias, optimizar los recursos económicos y de espacio, en los cálculos se utilizaran las siguientes políticas que dependen de las posibilidades del almacén o de los proveedores.

Entrega media: Es el promedio de los tiempos de entrega de artículos por parte del proveedor al almacén, desde que se realizó la orden de compra hasta que el artículo está listo para ser despachado.

Política de entrega: Es la diferencia entre el tiempo de entrega más largo del proveedor y el promedio de tiempos de entrega.

Política de nivel máximo de existencia: Este es el tiempo que el almacén de insumos y suministros está dispuesto a tener almacenado un cierto artículo, este tiempo depende de las características del artículo o la disponibilidad de espacio que se tenga para almacenar.

4.1.2.4. Nivel mínimo de existencia

Este nivel también es llamado de seguridad y es el nivel de existencia que se utiliza para cubrir el tiempo que tarda un proveedor en entregar un artículo al almacén, luego de realizar la compra, en otras palabras con el nivel mínimo de existencia se garantiza la existencia de artículos en el almacén mientras se abastece del proveedor nuevamente. Los cálculos para el nivel mínimo de existencia debe ser lo más exacto ya que la existencia de un volumen alto de artículos en los almacenes también representa un costo. El nivel mínimo de seguridad se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Nivel mínimo de existencia} = (\text{Planificado/Ciclo}) \times \text{Política de entrega} \quad (\text{Ec. 3})$$

$$\text{Política de entrega} = \text{Tiempo mayor de entrega} - \text{Promedio de entrega} \quad (\text{Ec. 4})$$

$$\text{Promedio de entrega} = (\text{Te}_1 + \text{Te}_2 + \text{Te}_n) / n \text{ obs.} \quad (\text{Ec. 5})$$

Cálculos para el nivel mínimo de existencia:

Promedio de entrega: En la siguiente tabla se muestra los datos obtenidos luego de una serie de observaciones y con información del personal de almacenes sobre los tiempos de entrega del artículo (bolsas rojas de 20x23x4) por parte del proveedor.

Es importante mencionar que estos tiempos de entrega fueron tomados desde el momento que se elabora la orden de compra hasta el momento en el que el proveedor entrega el artículo solicitado.

Observación	1	2	3	4	5
Tiempo de entrega (meses)	2,5	1,9	1,5	1,9	1,3

$$\bar{X} = \frac{\Sigma (2.5 + 1.9 + 1.5 + 1.9 + 1.3)}{5} = 1.82 \text{ meses} \quad (\text{Ec. 5})$$

$$\text{Política} = 2.5 - 1.82 \text{ meses} \approx 0.68 \text{ meses} \quad (\text{Ec. 4})$$

$$\text{Stock mínimo} = \left(\frac{10689}{3} \right) \times 0.68 \approx 2,423 \text{ Bolsas} \quad (\text{Ec. 3})$$

4.1.2.5. Nivel máximo de existencia

Este valor nos indica el volumen máximo de existencia que se debe tener en el almacén de algún artículo para garantizar que no exista agotamiento de existencias y evitar la acumulación de artículos, además en el calculo de la existencia se utiliza una política cuyo valor que dependerá de las condiciones físicas del almacén y las características del artículo analizado. El valor del nivel máximo de existencia se calcula de la siguiente manera.

$$\text{Nivel máximo de existencia} = (\text{Planificado/Ciclo}) \times \text{Política} \quad (\text{Ec. 6})$$

Política es el tiempo que el almacén esta dispuesto a almacenar un artículo según sus condiciones de espacio o de vida útil.

Es importante mencionar que la política que se utilizará para el calculo fue obtenida con ayuda del personal de almacén con el cual se llegó a la conclusión que por seguridad se esperaba que las bolsas a las cuales se refiere el ejemplo estén disponibles en almacén hasta que se haga la nueva solicitud de compra después de un trimestre normal (3 meses + 2 meses de seguridad).

$$\text{Política} = 5 \text{ meses}$$

$$\text{Nivel máximo} = \left(\frac{10689}{3} \right) \times 5 \text{ meses} \approx 17,815 \text{ Bolsas} \quad (\text{Ec. 6})$$

4.1.2.6. Nivel teórico de consumo

Es el número de períodos (semanas, meses, años) para los cuales se garantiza la existencia de un artículo en almacén, según lo planificado, con esto se logra tener una muestra del comportamiento del consumo respecto del tiempo y comprobar si el nivel de consumo real se aproxima a lo pronosticado. El nivel teórico de consumo se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Nivel teórico de consumo} = (\text{Existencia/Planificado}) \times \text{Ciclo} \quad (\text{Ec. 7})$$

Cálculos para el nivel teórico de consumo:

Este cálculo es sencillo como se muestra a continuación solo se divide las existencias que reporta el almacén hasta el último período de análisis que es el trimestre de julio a septiembre dentro de lo planificado y multiplicando este valor por el período de análisis que sigue siendo un trimestre, el resultado indica el tiempo en meses en el cual las existencias que tenemos en almacén se agotarán.

$$\text{Nivel teórico de consumo} = \left(\frac{24900}{10689} \right) \times 3 \text{ meses} \approx 6.99 \text{ meses} \quad (\text{Ec. 7})$$

4.1.2.7. Nivel de reorden

Este nivel es el mas importante de una política de inventario porque indica el momento preciso en el que debe realizarse un nuevo pedido, logrando con esto que la existencia en almacenes sea mínima sin sufrir escasez en los períodos de demanda máxima. Si los cálculos fueron hechos correctamente el pedido se hará en una fecha tal que el proveedor estará entregando los artículos justamente cuando la existencia este alcanzando el valor de nivel de seguridad. El nivel de reorden se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Nivel de reorden} = (\text{Planificado/Ciclo}) \times \text{Política de entrega} \quad (\text{Ec. 8})$$

$$\text{Política} = (\text{Te}_1 + \text{Te}_2 + \text{Te}_n) / n \text{ obs.} \quad (\text{Ec. 5})$$

Ten = Tiempo de entrega

A continuación se muestra los cálculos realizados para obtener el nivel de reorden, en este cálculo la política utilizada en la fórmula es igual al promedio de entrega calculado con las observaciones hechas de los tiempos de entrega del proveedor.

$$\text{Política} \approx 1.82 \text{ meses} \quad (\text{Ec. 5})$$

$$\text{Nivel de reorden} = \frac{(10689)}{3} \times 1.82 \text{ meses} \approx 6,485 \text{ Bolsas} \quad (\text{Ec. 3})$$

4.1.2.8. Pedido óptimo

Es el volumen adecuado de unidades que deben comprarse de un artículo, cuando la existencia en almacén haya llegado al nivel de reorden garantizando con esto que durante el trimestre no exista escasez y tampoco se acumulen existencias que no son utilizadas. El pedido óptimo se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Pedido óptimo} = 2(\text{Nivel mínimo de existencia}) + \text{Nivel de reorden} \quad (\text{Ec. 10})$$

Cálculos para obtener el valor en unidades del pedido óptimo

$$\text{Pedido óptimo} = (2 \times 2423) + 6486 \approx 11,330 \text{ Bolsas} \quad (\text{Ec. 10})$$

Luego de realizar los cálculos para los valores del control de inventarios en la figura 25. se muestra el cuadro resumen con los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros que se controlaran:

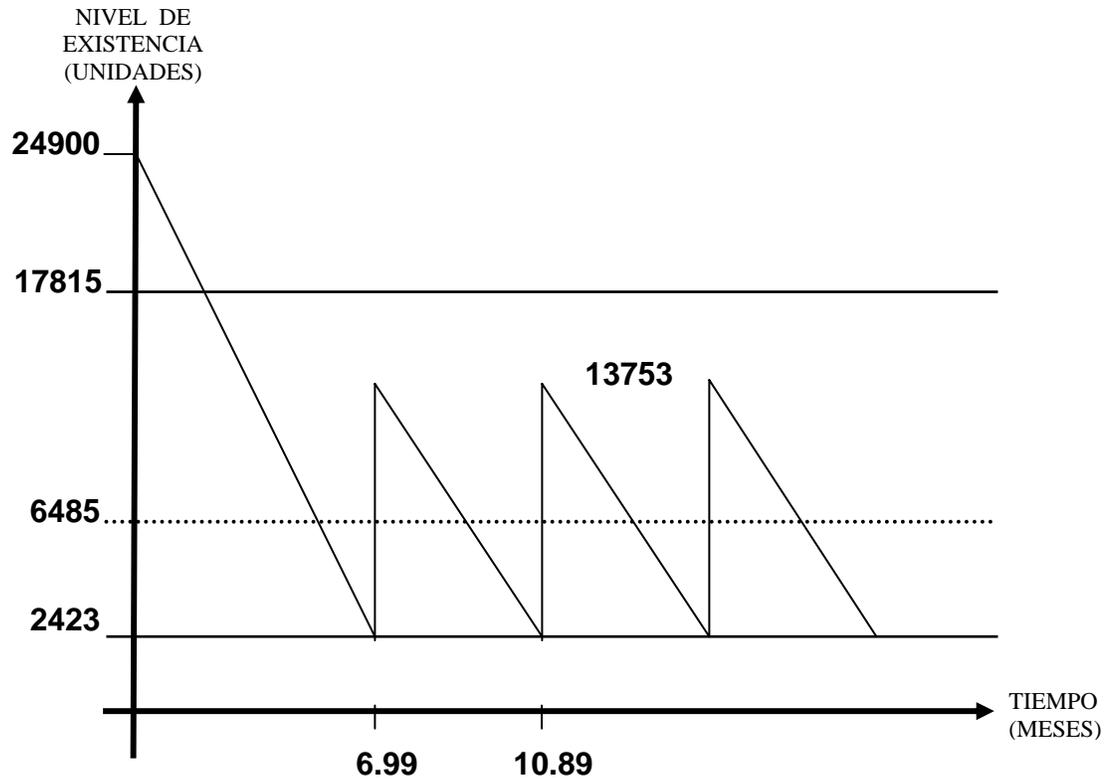
Figura 25. Cuadro resumen del control de inventarios

No.	Parámetro de control	
1	Nivel mínimo de existencia	2,423 Unidades
2	Nivel máximo de existencia	17,815 Unidades
3	Nivel de reorden	6,485 Unidades
4	Pedido óptimo	11,330 Unidades
5	Nivel teórico de consumo	6.99 meses

En la figura 26. de la página 128 se puede observar el comportamiento que se esperaría de la existencia en almacén de las bolsas rojas de 20x23x4 si se aplicara el control de inventarios, este comportamiento sería como se describe a continuación:

La existencia en kardex que es de 24,900 unidades se agotarían en 6.99 meses, pero cuando las existencias reporten un valor de 6,485 unidades debe realizarse un nuevo pedido de 11,330 unidades que ingresarían al almacén justamente cuando la existencia sea de 2,423 unidades que es la existencia mínima permitida, dando con esto un nuevo valor de existencia que sería de 13,753 unidades que es el valor de la existencia mínima mas el lote de pedido óptimo esta nueva existencia se consumirían en 3.9 meses, pero nuevamente al reportar existencia de 6,485 unidades se realiza un nuevo pedido y de aquí en adelante el ciclo de consumos y pedidos se vuelve constante.

**Figura 26. Control de inventarios para
bolsas de basura rojas de 20x23x4**



En la figura 27. de la página 130 se muestran los resultados de aplicar el control de inventarios a varios productos de limpieza, logrando con esto identificar los niveles mínimos y máximos de artículos permitidos en almacén, el nivel que nos indica cuando debemos realizar una compra y el lote de pedido óptimo que se debe comprar de cada uno de los artículos asegurando que no se presente escasez y que no exista acumulación de artículos en el almacén.

Es importante mencionar que el cálculo del lote de pedido óptimo se hizo para un período de tres meses como lo indica el consumo teórico, de modo que si las compras se quisieran realizar en períodos más grandes por ejemplo seis meses habría que multiplicar el lote de pedido por dos para tener el lote necesario para un semestre.

Otra observación que debe hacerse es sobre el número de unidades del lote óptimo que se deben comprar de cada uno de los artículos ya que los valores que se obtienen de los cálculos son valores que los proveedores no pueden surtir como despachos, por ejemplo no se podría realizar un compra de 14,933 unidades, lo correcto sería realizar la compra por 15,000 unidades ya que son valores que si trabajan los proveedores por esta razón en la figura 28 de la página 131. se muestra nuevamente los valores de lote pedido óptimo con valores que los proveedores de los artículos puedan despachar al almacén de insumos y suministros del hospital.

Figura 27. Cuadro de resultados de aplicar el control de inventarios a varios artículos de limpieza

	UNIDADES					CONSUMO TEÓRICO (meses)	
	Planificado Oct. - Dic.	Stock mínimo	Stock máximo	Nivel de reorden	Pedido óptimo	Existencia septiembre 2005	Pedido óptimo + stock mínimo
Bolsa plástica negra de 20x23x4	14000	3267	23333	8400	14933	0,6	3,90
Bolsa plástica negra de 30x50x6	10700	2497	17833	6420	11413	13	3,90
Bolsa plástica roja de 20x23x4	10689	2423	17815	6485	11330	6,9	3,86
Bolsa plástica roja de 30x50x6	13300	3103	22167	7980	14186	10	3,90
Detergente en bolsa de 25 Lb.	5300	1237	8833	3180	5653	0,9	3,90
Esponja limpiadora (verde)	943	220	1572	566	1005	14	3,90
Jabón antiséptico tipo hotel	2384	556	3973	1430	2543	4,6	3,90
Jabón limpiador en polvo	620	145	1033	372	661	22	3,90
Jabón líquido semi quirúrgico	289	67	482	173	308	5,5	3,89
Mechas para trapear 16 onz.	153	36	255	92	163	3,6	3,90
Toalla de algodón para trapear	653	152	1088	392	697	3,9	3,90
Desinfectante amonio	77	18	128	46	82	8,4	3,90
Pads de 20" color R/N/B c/u	5	1	8	3	5	3	3,60
Cera antideslizante	450	105	750	270	480	3,2	3,90
Guantes de látex para jardín	60	14	100	36	64	3,2	3,90
Cloro líquido al 5 %	500	117	833	300	533	3,1	3,90
Escoba plástica	50	12	83	30	53	3,2	3,90

Figura 28. Cuadro de lote de pedidos a proveedores

No.	Artículo	Unidad	Pedido óptimo
1	Bolsa plástica negra de 20x23x4	Unidad	15000
2	Bolsa plástica negra de 30x50x6	Unidad	15000
3	Bolsa plástica roja de 20x23x4	Unidad	15000
4	Bolsa plástica roja de 30x50x6	Unidad	15000
5	Detergente en bolsa de 25 Lb.	Bolsas de 25 Lb.	6000
6	Esponja limpiadora (verde)	Unidad	1000
7	Jabón antiséptico tipo hotel	Unidad	2600
8	Jabón limpiador en polvo	Unidad	700
9	Jabón liquido semi quirúrgico	Galón	310
10	Mechas para trapear 16 onz.	Unidad	170
11	Toalla de algodón para trapear	Unidad	700
12	Desinfectante amonio	Galón	85
13	Pads de 20" color R/N/B c/u	Unidad	5
14	Cera antideslizante	Galón	480
15	Guantes de látex para jardín	Pares	65
16	Cloro liquido al 5 %	Galón	600
17	Escoba plástica	Unidad	60

4.1.3. Costos de implementación

Para implementar el control de inventarios que se propuso en los incisos anteriores no se incurrirá en costos ya que solo se necesita reorganizar los períodos de compras que se utilizan en el hospital (tres meses) y los lotes en unidades que se compran actualmente. Las compras se deben realizar en los períodos que se obtienen en el consumo teórico de la existencia, y utilizando el volumen del lote de pedido óptimo, al aplicar correctamente este control de inventarios se espera que las existencias en almacén sean óptimas, evitando la acumulación y sobre todo la inexistencia para satisfacer la demanda que estos artículos tienen en el hospital.

4.1.4. Programación de pedidos

La programación de pedidos consiste en utilizar los resultados obtenidos en el cálculo del consumo teórico de la existencia para programar las fechas en las cuales se debe realizar un nuevo pedido. Para el artículo que estamos utilizando como ejemplo el de bolsas rojas de 20x23x4, las existencias en almacén a septiembre del 2005 son de 2,4900 unidades, según los análisis hechos en base a la demanda estas se agotaran en 6.99 meses (abril 2006), cuando las existencias reporten un valor de 6,413 se deberá realizar un compra por el valor del lote óptimo que se consumirá en 3.86 meses (julio 2006), este proceso se estabiliza de modo que la siguiente compra se realizaría 3.86 meses después (noviembre 2006). Esto nos sirve para programar compras en los meses de abril, julio y noviembre del 2006.

CONCLUSIONES

1. Al examinar el estado actual de los equipos y accesorios de la red de distribución de agua caliente del Hospital General “San Juan de Dios”, se observó que estos se encuentran bastante deteriorados por la falta de un programa de mantenimiento preventivo, lo cual ocasiona que el servicio que prestan sea deficiente.
2. También se observó que a la mayoría de equipos sólo se les aplica mantenimiento de tipo correctivo, esto debido a la inexistencia de programas de mantenimiento preventivo o manuales de mantenimiento; al aplicar sólo mantenimiento correctivo los equipos deben ser sacados de operación, lo cual ocasionaba interrupción en los servicios en los que son utilizados estos equipos.
3. Uno de los problemas observados en la administración del mantenimiento, es la falta de historiales de mantenimiento o reparaciones así como fichas e inventarios técnicos de los equipos, lo cual dificulta la toma de decisiones sobre mantenimiento, el control de inventarios de repuestos e insumos necesarios para reparaciones de emergencia, y sobre todo determinar el estado de los equipos o el servicio que prestan.

4. Uno de los problemas que ocasiona que las reparaciones sean lentas y que dificulta la compra de repuestos y suministros, para aplicar mantenimiento preventivo a los equipos, es la burocracia que existe para realizar dichas compras o para contratar servicios de reparaciones, que no pueden ser hechas en los talleres del departamento de mantenimiento.
5. Los problemas por los cuales no se puede llevar un control de las existencias que hay en el almacén de insumos y suministros del hospital, es el volumen grande de artículos que ahí se almacenan, y la falta de tecnología en el control de ingresos y despachos, pues actualmente todo este control se hace de forma manual.
6. La principal causa de la escasez de artículos de limpieza en el hospital es la inexistencia de una política de inventarios, ya que actualmente las compras se realizan sin tomar en cuenta la demanda real de artículos, ocasionando que los volúmenes comprados no satisfagan esta demanda y se agoten las existencias hasta que se realice una nueva compra.
7. El principal problema para aplicar el control de máximos y mínimos que se diseñó en el presente trabajo, son los períodos de compra que se utilizan actualmente en el hospital; estos períodos (tres meses) dificultan el uso de los niveles de reorden y el consumo teórico.

RECOMENDACIONES

1. Ya que la principal causa del deterioro de los equipos de la red de distribución de agua caliente es la falta de mantenimiento preventivo, se recomienda aplicar las rutinas de mantenimiento preventivo que fueron diseñadas en el manual de mantenimiento, y programar estas rutinas para mejorar el estado de los equipos y garantizar el servicio que prestan.
2. Es necesario que se utilicen las fichas diseñadas para la administración del mantenimiento, y de esta forma disponer de información actualizada sobre los equipos y accesorios, para facilitar la toma de decisiones sobre el mantenimiento y mantener existencias mínimas de repuestos y suministros en el almacén de mantenimiento.
3. Después de realizar recorridos en las instalaciones del hospital, y revisar los equipos que se mencionan en este manual, se recomienda realizar análisis a todos los equipos del hospital ya que la mayoría presentan un deterioro excesivo y condiciones de servicio pésimas, lo cual daña al equipo mismo y a las instalaciones.

4. Se observó que la principal causa del problema de escasez, es la falta de control de los inventarios, por lo que se recomienda utilizar los valores calculados de máximos y mínimos, así como los niveles de reorden y el lote de pedido óptimo, para garantizar la existencia de artículos de limpieza durante los períodos de compra, tomando en cuenta la demanda de estos artículos dentro del hospital.

5. Se recomienda reconsiderar los períodos que se utilizan actualmente para realizar las compras (tres meses), ya que este es uno de los principales obstáculos para aplicar un control de los inventarios que garantice la existencia de artículos, y se mantengan los niveles mínimos y máximos de existencias para optimizar los recursos físicos y económicos del hospital.

6. Se recomienda realizar los cálculos necesarios para aplicar el control de inventarios, a todos los artículos que se despachan en el almacén de insumos y suministros. Y que este control sea llevado de forma digital dotando al almacén con más computadoras y diseñar un código para cada uno de los diferentes artículos que ingresan al almacén, así como un lugar especial para su almacenaje.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bauymeisler, Theodore y otros. **Manual del ingeniero mecánico**. 9.ª ed. volumen 2. Colombia. Editorial Mc Graw-Hill, 1997.
2. Rosales C. Robert, Rice O. James. **Manual de mantenimiento industrial**. Tomo III. México. Editorial Mc Graw-Hill, 1988.
3. Newbrought, E.T. **Administración del mantenimiento industrial**. 2.ª ed. México: Editorial Diana. 1994.
4. Viejo Zubicaray, Manuel Álvarez. **Bombas Teoría, Diseño y Aplicación**. Mexico. Editorial Limusa, 2003.
5. Proyecto Sub Regional de Mantenimiento Guatemala/Holanda MSPAS. Oficina Panamericana Sanitaria OPS/OMS. División de Ingeniería y Mantenimiento. **RUTINAS DE MANTENIMIENTO HOSPITALARIO**. Guatemala, 1995.
6. Aguilar Vásquez, Abel Antonio, Control de inventario y pedidos para el puerto libre de la Sociedad Protectora del Niño. Tesis Ing. Industrial. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2000.

7. Hillier Frederick, S Liberman. **Investigación de Operaciones.** México: Editorial Mc Graw-Hill, 2002.

8. Narasimhan, Seetharama, Mc leavery, W Billington. **Planeación de producción y control de inventarios.** México: Editorial Prentice Hall, 1996.

9. Torres, Sergio. **Control de la producción.** Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2004.

APÉNDICE I

FICHAS DE ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

FICHA DE ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO

NOMBRE DEL EQUIPO: _____

MARCA: _____

MODELO: _____

No. DE SERIE: _____

No. DE INVENTARIO: _____

Capacidad: _____

Dimensiones: _____

Fecha de instalación: _____

Vendedor: _____

Manual de operación (S/N): _____

Manual de mantenimiento (S/N): _____

Ubicación: _____

Responsable: _____

Última fecha de mantenimiento: _____

Responsable del mantenimiento: _____

ENERGÍA Y COMBUSTIBLE:

Energía eléctrica: corriente: _____ voltaje: _____ resistencia: _____

Vapor: presión: _____ temperatura: _____

Fluidos: tipo: _____ presión: _____ temperatura: _____

Otras (especifique): _____

COMPONENTES AUXILIARES:

Arrancador _____
Interrupor _____
Censores _____
Cojinetes _____
Motores _____
Fajas _____
Otros (especifique) _____

MEDICIONES A REALIZAR:

Temperatura Presión Niveles de fluidos Voltaje
Censores Amperaje Otros (especifique) _____

ESTADO FÍSICO ACTUAL:

Fugas Ruidos Vibraciones Cortocircuitos
Sobre calentamiento Otros (especifique) _____

OBSERVACIONES:

Técnico Responsable

Supervisor

Jefe de Departamento

FECHA: _____

HOJA No. _____ de _____

HORA: _____

FICHA DE REGISTRO DE REPARACIONES

NOMBRE DEL EQUIPO: _____

MARCA: _____

MODELO: _____

No. DE SERIE: _____

No. DE INVENTARIO: _____

UBICACIÓN: _____

RESPONSABLE: _____

Tipo de trabajo realizado:

Duración: _____ Hrs.

Repuestos o Insumos Utilizados:

Observaciones o Recomendaciones:

Técnicos que realizaron el trabajo:

Supervisor

Jefe de Departamento

FICHA DE REGISTRO HISTÓRICO DE REPARACIONES

NOMBRE DEL EQUIPO: _____

MARCA: _____ MODELO: _____

No. DE SERIE: _____ No. DE INVENTARIO: _____

UBICACIÓN: _____ RESPONSABLE: _____

Primera reparación:

Fecha: _____ Duración: _____ Hrs.

Segunda reparación:

Fecha: _____ Duración: _____ Hrs.

Tercera reparación:

Fecha: _____ Duración: _____ Hrs.

Técnico Responsable

Supervisor

Jefe de Departamento

ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO

NOMBRE DEL EQUIPO: _____

MARCA: _____

MODELO: _____

No. DE SERIE: _____

No. DE INVENTARIO: _____

UBICACIÓN: _____

RESPONSABLE: _____

Descripción del trabajo a realizar:

Duración aproximada: _____ Hrs.

Rutinas previas al trabajo de mantenimiento:

Herramientas a utilizar:

Materiales e insumos a utilizar:

Hora de Inicio: _____

Hora de finalización: _____

Técnico Responsable

Supervisor

Jefe de Departamento

Hospital General "San Juan de Dios"
Departamento de Mantenimiento

FECHA: _____

HOJA No. _____ de _____

HORA: _____

ORDEN DE REPARACIONES NO PROGRAMADAS

NOMBRE DEL EQUIPO: _____

MARCA: _____

MODELO: _____

No. DE SERIE: _____

No. DE INVENTARIO: _____

UBICACIÓN: _____

RESPONSABLE: _____

Trabajo a Realizar:

Observaciones:

Vo.Bo. Solicitante del trabajo

Hora de Inicio: _____

Hora de Finalización: _____

Técnico Responsable

Supervisor

Jefe de Departamento

