

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO PARA EL CENTRO DE ENERGÍA DEL HOSPITAL  
CARLOS ANDRADE MARÍN**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO**

**REINA BEDÓN EDISON RAÚL**

reinaedison@yahoo.com

**VILLEGAS MORALES EDWIN ALEJANDRO**

villegas\_edwin@hotmail.com

**DIRECTOR: ING. FERNANDO JÁCOME**

luis.jacome@epn.edu.ec

**Quito, Agosto 2009**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Reina Bedón Edison Raúl y Villegas Morales Edwin Alejandro, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Reina Bedón Edison Raúl

---

Villegas Morales Edwin Alejandro

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por: Reina Bedón Edison Raúl y Villegas Morales Edwin Alejandro, bajo mi supervisión.

---

Ing. Fernando Jácome

**DIRECTOR DE PROYECTO**

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Francisco Díaz Coordinador de Mantenimiento del Hospital Carlos Andrade Marín, por su apertura para la realización del presente proyecto.

A los Ingenieros: Homero Yanchapaxi y Jaime Zanipatín por su apoyo y consejos brindados en la realización del presente proyecto.

A todo el personal que labora en el centro de energía del Hospital Carlos Andrade Marín por sus experiencias y conocimientos compartidos con nosotros.

Al Ing. Fernando Jácome, por su dirección para la realización del presente proyecto.

Al todo el personal Docente y Administrativo, de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional, por los conocimientos adquiridos y el servicio prestado.

Edwin y Edison

## DEDICATORIA

Este trabajo, va dedicado a todas las personas que de una u otra manera colaboraron con su culminación, en especial a:

Mis padres, quienes con su apoyo y consejos supieron mantenerme en el camino del bien.

Mis hermanos, por su desinteresado apoyo.

A mis amigos y compañeros, que supieron darme ánimo en los momentos difíciles de mi vida estudiantil.

A todo el pueblo ecuatoriano, a quien debo mi formación profesional

Edison.

Dedico el presente trabajo especialmente a mis padres Alejandro y Poli, por todo el apoyo, paciencia, respeto y dedicación con el que han formado mi vida.

A mis hermanos Luis y Cristina, por que junto a ellos he compartido memorables momentos por estar presentes en las buenas y malas.

Finalmente a todas las personas que contribuyen en el desarrollo y mejoramiento del Ecuador y el mundo.

Edwin Alejandro

## CONTENIDO

RESUMEN

PRESENTACIÓN

### CAPÍTULO 1

#### ASPECTOS GENERALES DEL HOSPITAL

CARLOS ANDRADE MARÍN. (HCAM)

1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 RESEÑA HISTÓRICA.....	1
1.3 GENERALIDADES .....	2
1.3.1 VISIÓN .....	2
1.3.2 CATEGORÍA DEL HOSPITAL.....	3
1.3.3 SERVICIOS AUXILIARES.....	3
1.3.4 CAPACIDAD DEL HOSPITAL.....	4
1.3.5 LOCALIZACIÓN .....	4
1.4 ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....	5
1.4.1 ORGANIGRAMA ADMINISTRATIVO.....	5
1.4.2 SITUACIÓN ADMINISTRATIVA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO.....	6
1.5 DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS MÉDICAS Y DE SERVICIOS.....	7
1.6 HISTORIA DE LOS HOSPITALES.....	8
1.6.1 ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA MEDICINA .....	9
1.6.2 ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS HOSPITALES .....	9

### CAPÍTULO 2

#### TEORÍA DE MANTENIMIENTO

2.1 INTRODUCCIÓN.....	13
2.2 DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO .....	14
2.3 PROPÓSITO DEL MANTENIMIENTO.....	14
2.4 FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO .....	15
2.4.1 FUNCIONES FUNDAMENTALES.....	15

2.4.2	FUNCIONES EVENTUALES.....	15
2.5	MANTENIMIENTO HOSPITALARIO .....	16
2.5.1	ENTORNO DEL TRABAJO .....	16
2.5.2	DIVERSIDAD DE EQUIPOS .....	16
2.5.3	RECURSOS ECONÓMICOS .....	17
2.6	EVOLUCIÓN Y ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO	
2.6.1	INTRODUCCIÓN.....	17
2.6.2	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	
2.6.2.1	Definición.....	19
2.6.2.2	Ventajas .....	19
2.6.2.3	Desventajas.....	19
2.6.3	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
2.6.3.1	Definición.....	20
2.6.3.2	Características .....	20
2.6.3.3	Ventajas .....	21
2.6.3.4	Desventajas.....	22
2.6.4	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	
2.6.4.1	Definición.....	23
2.6.4.2	Técnicas utilizadas en el Mantenimiento Predictivo .....	23
2.6.4.2.1	Análisis de Vibraciones.....	23
2.6.4.2.2	Endoscopia Industrial .....	28
2.6.4.2.3	Líquidos Penetrantes.....	29
2.6.4.2.4	Partículas Magnéticas.....	31
2.6.4.2.5	Radiografía Industrial.....	32
2.6.4.2.6	Termografía Infrarroja Industrial .....	34
2.6.4.2.7	Ultrasonido Industrial .....	36
2.6.4.3	Ventajas .....	39
2.6.4.4	Desventajas.....	40
2.6.5	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	
2.6.5.1	Definición.....	40
2.6.5.2	Ventajas .....	41
2.6.5.3	Desventajas.....	41

2.6.6	MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD	
2.6.6.1	Definición.....	41
2.6.6.2	Ventajas .....	42
2.6.6.3	Desventajas.....	43
2.7	GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	
2.7.1	INTRODUCCIÓN.....	43
2.7.2	DEFINICIÓN.....	43
2.8	PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO	
2.8.1	INTRODUCCIÓN.....	45
2.8.2	DEFINICIÓN.....	45
2.8.3	MÉTODO DE PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO	
2.8.3.1	Análisis del personal de mantenimiento .....	46
2.8.3.2	Inventario y Codificación .....	46
2.8.3.3	Recopilación de Información Prioritaria.....	47
2.8.3.4	Creación del Libro de Bitácora .....	48
2.8.3.5	Hoja de Recopilación de datos.....	48
2.8.3.6	Empleo de herramientas estadísticas y de gestión de mantenimiento .....	49
2.8.3.6.1	Histograma .....	49
2.8.3.6.2	Diagrama de Pareto.....	49
2.8.3.6.3	Diagrama de La Espina de Pescado .....	51
2.8.3.6.4	Las 9S para el Mantenimiento .....	53
2.8.3.6.5	Las Seis Sigma para El Mantenimiento .....	57
2.8.3.6.6	Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) .....	59
2.9	COSTOS DE MANTENIMIENTO .....	59
2.9.1	COSTOS FIJOS .....	59
2.9.2	COSTOS VARIABLES .....	60
2.9.3	COSTOS DE CAPITAL .....	60
2.9.4	COSTOS DE FALLA .....	60
2.9.5	COSTOS TOTALES DE MANTENIMIENTO .....	61
2.10	EXIGENCIAS HOSPITALARIAS.....	61
2.10.1	FUNCIONAMIENTO .....	61

2.10.2	EQUIPAMIENTO .....	61
2.10.3	RECURSOS ECONÓMICOS.....	61

### CAPÍTULO 3

#### EQUIPAMIENTO DEL CENTRO DE ENERGÍA DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN

3.1	INTRODUCCIÓN.....	62
3.2	DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS Y SU FUNCIONAMIENTO.....	62
3.2.1	SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE.....	62
3.2.2	SISTEMA CONTRA INCENDIOS.....	64
3.2.3	CALDERAS .....	65
3.2.3.1	Calderos Cleaver Brooks CB 101-250 .....	67
3.2.3.2	Caldero Cleaver Brooks CB 100-60 .....	67
3.2.3.3	Caldero Power Master 3L.....	68
3.2.4	BOMBAS DOSIFICADORAS DE QUÍMICO .....	69
3.2.5	BOMBAS DE AGUA PARA LOS CALDEROS .....	69
3.2.6	ABLANDADORES DE AGUA.....	70
3.2.7	BOMBAS DE VACÍO .....	72
3.2.8	TANQUES DE AGUA CALIENTE.....	73
3.2.9	TANQUES DE CONDENSADO.....	74
3.2.10	TANQUE DIARIO DE COMBUSTIBLE .....	74
3.2.11	BOMBA DE POZO PROFUNDO .....	74
3.2.12	BOMBA CLORIFICADORA .....	75
3.2.13	BOMBA DE RECEPCIÓN DE COMBUSTIBLE .....	75
3.2.14	CONTADOR DE COMBUSTIBLE.....	75
3.2.15	COMPRESOR DE AIRE .....	76
3.2.16	GENERADORES ELÉCTRICOS .....	76
3.3	CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS.....	77
3.3.1	JUSTIFICACIÓN DE CÓDIGOS DE MÁQUINAS Y EQUIPOS.....	78

## CAPÍTULO 4

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

4.1 INTRODUCCIÓN.....	82
4.2 REQUERIMIENTOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO .....	82
4.2.1 INVENTARIO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS DEL CENTRO DE ENERGÍA DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN.....	83
4.2.2 BITÁCORA (LIBRO DIARIO DE ACTIVIDADES).....	83
4.2.3 CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS.....	83
4.2.4 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA. ....	84
4.3 HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	84
4.3.1 DIAGRAMA DE PARETO.....	84
4.3.2 MATRICES PARA LA SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO .....	88
4.3.2.1 Matriz de Priorización.....	89
4.3.2.2 Matriz de Perfil Competitivo para Mantenimiento. ....	89
4.4 SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO. ....	90
4.5 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO SELECCIONADA.....	90
4.5.1 ANÁLISIS AMFE .....	91
4.6 R.C.M. PARA LAS MÁQUINAS SELECCIONADAS .....	94
4.6.1 GENERACIÓN DE VAPOR.....	94
4.6.1.1 Funcionamiento y Operación de la Generación de Vapor.....	95
4.6.1.2 Diagramas sistemático y funcionales de la Generación de Vapor (Caldero modelo CB 101–250 CLEAVER – BROOKS).....	96
4.6.1.3 Cuadros AMFE para el Sistema de Generación de Vapor (Caldero modelo CB 101–250 CLEAVER – BROOKS) .....	106
4.6.1.4 Cuadro de correctivos .....	119
4.6.1.5 Actividades de Mantenimiento.....	125

## CAPÍTULO 5

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.....	149
5.2 RECOMENDACIONES.....	152
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	154
A N E X O 1	
ORGANIGRAMA ADMINISTRATIVO.....	156
A N E X O 2	
RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	157
A N E X O 3	
FOTOGRAFÍAS DE LAS MÁQUINAS DEL CENTRO DE ENERGÍA DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN.....	164
A N E X O 4	
RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO .....	174
A N E X O 5	
INVENTARIO DEL CENTRO DE ENERGÍA DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN.....	192
A N E X O 6	
MODELO DE BITÁCORA .....	197
A N E X O 7	
SERVICIOS MÉDICOS QUE BRINDA EL HCAM.....	201
A N E X O 8	
DISTRIBUCIÓN DE PLANTA CENTRO DE ENERGÍA DEL HCAM .....	216

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. 1 FOTOGRAFÍA SATELITAL DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN.....	4
FIGURA 1. 2 ESQUEMA DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN.....	7
FIGURA 2. 1 VIBRACIONES PERIÓDICAS Y NO PERIÓDICAS.....	25
FIGURA 2. 2 VIBRACIONES SIMPLE Y COMPUESTA .....	26
FIGURA 2. 3 SEÑALES ANALÓGICAS Y ESPECTRO DE FRECUENCIAS.....	27
FIGURA 2. 4 ESPECTRO DE FRECUENCIAS OBTENIDAS DE UNA SEÑAL ALEATORIA POR APLICACIÓN DE LA TRANSFORMADA COMPLEJA DE FOURIER .....	27
FIGURA 2. 5 MEDIDOR DE VIBRACIONES.....	28
FIGURA 2. 6 ENDOSCOPIO INDUSTRIAL .....	29
FIGURA 2. 7 PRUEBA DE LÍQUIDOS PENETRANTES.....	31
FIGURA 2. 8 ENSAYO CON PARTÍCULAS MAGNÉTICAS .....	32
FIGURA 2. 9 RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL .....	34
FIGURA 2. 10 CÁMARA TERMOGRÁFICA.....	36
FIGURA 2. 11 INSPECCIÓN POR ULTRASONIDO .....	39
FIGURA 2. 12 EJEMPLO DE HISTOGRAMA .....	49
FIGURA 2. 13 EJEMPLO DE DIAGRAMA DE PARETO .....	51
FIGURA 2. 14 EJEMPLO DE DIAGRAMA DE ESPINA DE PESCADO .....	53
FIGURA 2. 15 VALOR PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR .....	58
FIGURA 3. 1 EFECTOS A CAUSA DE AGUA NO ABLANDADA .....	71
FIGURA 4. 1 DIAGRAMA DE PARETO .....	87
FIGURA 4. 2 CALDERO CLEAVER-BROOKS MODELO CB 101-250 .....	95
FIGURA 4. 3 DIAGRAMA SISTEMÁTICO DE LA GENERACIÓN DE VAPOR ...	97
FIGURA 4. 4 DIAGRAMA FUNCIONAL DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE AGUA (SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA) .....	98

FIGURA 4. 5 DIAGRAMA FUNCIONAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA (SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA) .....	98
FIGURA 4. 6 DIAGRAMA FUNCIONAL DEL SISTEMA DE AIRE PARA LA COMBUSTIÓN (SISTEMA DEL QUEMADOR) .....	99
FIGURA 4. 7 DIAGRAMA FUNCIONAL DEL SISTEMA DE AIRE ATOMIZADO (SISTEMA DEL QUEMADOR) .....	100
FIGURA 4. 8 DIAGRAMA FUNCIONAL DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE (SISTEMA DEL QUEMADOR) .....	102
FIGURA 4. 9 DIAGRAMA FUNCIONAL DEL SISTEMA PARA LA IGNICIÓN (SISTEMA DEL QUEMADOR) .....	103
FIGURA 4. 10 DIAGRAMA FUNCIONAL DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE GASES (SISTEMA DEL RECIPIENTE DE PRESIÓN) .....	103
FIGURA 4. 11 DIAGRAMA FUNCIONAL DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE AGUA (SISTEMA DEL RECIPIENTE DE PRESIÓN) .....	105
FIGURA 4. 12 DIAGRAMA FUNCIONAL (SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO) .....	106
FIGURA A.3. 1 SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE.....	165
FIGURA A.3. 2 SISTEMA CONTRA INCENDIOS.....	165
FIGURA A.3. 3 CALDERO POWER MASTER 3L.....	166
FIGURA A.3. 4 CALDERO CLEAVER BROOKS CB 100-60 .....	167
FIGURA A.3. 5 CALDERO CLEAVER BROOKS CB 101-250 .....	167
FIGURA A.3. 6 BOMBA DOSIFICADORA DE QUÍMICO.....	167
FIGURA A.3. 7 TANQUE DE CONDENSADO N°1 Y BOMBAS DE AGUA PARA CALDEROS N°1, N°2 Y N°3.....	168
FIGURA A.3. 8 TANQUE DE CONDENSADO N°2 Y BOMBAS DE AGUA PARA CALDEROS N°4 Y N°5 .....	168
FIGURA A.3. 9 ABLANDADORES DE AGUA.....	169
FIGURA A.3. 10 COMPRESOR DE AIRE.....	169
FIGURA A.3. 11 BOMBAS DE VACÍO .....	170
FIGURA A.3. 12 TANQUES DE AGUA CALIENTE N°1 Y N°2 . .....	170
FIGURA A.3. 13 TANQUE DIARIO DE COMBUSTIBLE.....	171

FIGURA A.3. 14 GENERADOR ELÉCTRICO N°1 .....	171
FIGURA A.3. 15 GENERADOR ELÉCTRICO N°2 .....	172
FIGURA A.3. 16 GENERADOR ELÉCTRICO N°3 .....	172
FIGURA A.3. 17 CONTADOR DE COMBUSTIBLE Y BOMBA DE RECEPCIÓN DE COMBUSTIBLE .....	173
FIGURA A.3. 18 BOMBA CLORIFICADORA DE AGUA .....	173
FIGURA A.3. 19 BOMBA DE POZO PROFUNDO .....	173
FIGURA A.4. 1 REVESTIMIENTO REFRACTARIO DEL HORNO 1 .....	180
FIGURA A.4. 2 REVESTIMIENTO REFRACTARIO DEL HORNO 2 .....	180
FIGURA A.4. 3 PUERTA TRASERA ABIERTA .....	181
FIGURA A.4. 4 TANQUE RECEPTOR DE AIRE - ACEITE .....	186
FIGURA A.4. 5 FLUJO DE AIRE SECUNDARIO DE COMBUSTIÓN .....	187
FIGURA A.4. 6 TAMAÑOS MÁXIMOS RECOMENDADOS PARA FUSIBLES. ....	191

### ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. 1 DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS MÉDICAS Y DE SERVICIOS.....	8
TABLA 3. 1 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS .....	63
TABLA 3. 2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS DE EMERGENCIA .....	64
TABLA 3. 3 CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA CONTRA INCENDIOS. ....	65
TABLA 3. 4 CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA TIPO JOKEY. ....	65
TABLA 3. 5 DATOS GENERALES DE LOS CALDEROS CB 101-250 .....	67
TABLA 3. 6 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LOS CALDEROS CB 101-250 .....	67
TABLA 3. 7 DATOS GENERALES DEL CALDERO CB 100-60.....	67
TABLA 3. 8 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL CALDERO CB 100-60.....	68
TABLA 3. 9 DATOS GENERALES DEL CALDERO POWER MASTER 3L .....	68

TABLA 3. 10 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL CALDERO POWER MASTER 3L .....	68
TABLA 3. 11 CARACTERÍSTICAS DEL QUEMADOR CALDERO POWER MASTER 3L .....	68
TABLA 3. 12 CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA DOSIFICADORA DE QUÍMICO.....	69
TABLA 3. 13 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS DE AGUA PARA CALDEROS.....	70
TABLA 3. 14 CARACTERÍSTICAS DE LOS TANQUES ABLANDADORES DE AGUA. ....	71
TABLA 3. 15 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS DE VACÍO. ....	72
TABLA 3. 16 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS DE VACÍO (CONTINUACIÓN). ....	73
TABLA 3. 17 OPERACIÓN DE LOS TANQUES DE AGUA CALIENTE.....	73
TABLA 3. 18 CARACTERÍSTICAS DEL COMPRESOR DE AIRE.....	76
TABLA 3. 19 CARACTERÍSTICAS DE LOS GENERADORES ELÉCTRICOS....	77
TABLA 3. 20 CLASIFICACIÓN DEL ÁREA PARA LA CODIFICACIÓN.....	78
TABLA 3. 21 CLASIFICACIÓN DE GRUPOS PARA LA CODIFICACIÓN.....	78
TABLA 3. 22 CLASIFICACIÓN DE GRUPOS Y SUBGRUPOS.....	79
TABLA 3. 23 CLASIFICACIÓN DE GRUPOS Y SUBGRUPOS (CONTINUACIÓN). ....	80
TABLA 3. 24 CODIFICACIÓN FINAL DEL CENTRO DE ENERGÍA.....	80
TABLA 3. 25 CODIFICACIÓN FINAL DEL CENTRO DE ENERGÍA (CONTINUACIÓN). ....	81
TABLA 4. 1 TABLA DE ANÁLISIS PARA EL DIAGRAMA DE PARETO.....	85
TABLA 4. 2 TABLA DE PARETO PARA LAS MÁQUINAS DEL CENTRO DE ENERGÍA .....	86
TABLA 4. 3 PARÁMETROS UTILIZADOS EN LAS MATRICES.....	88
TABLA 4. 4 MATRIZ DE PRIORIZACIÓN.....	89
TABLA 4. 5 MATRIZ DE PERFIL COMPETITIVO PARA MANTENIMIENTO.....	89
TABLA 4. 6 DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE GRAVEDAD. ....	92

TABLA 4. 7 DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE FRECUENCIA. ....	93
TABLA 4. 8 DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE DETECCIÓN. ....	93
TABLA 4. 9 CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE AGUA. ...	107
TABLA 4. 10 CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE AGUA (CONTINUACIÓN). ....	108
TABLA 4. 11 CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA.	109
TABLA 4. 12 CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE AIRE PARA LA COMBUSTIÓN. ....	110
TABLA 4. 13 CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE AIRE PARA LA COMBUSTIÓN (CONTINUACIÓN). ....	111
TABLA 4. 14 CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE AIRE ATOMIZADO. ....	112
TABLA 4. 15 CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE. ....	113
TABLA 4. 16 CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE (CONTINUACIÓN). ....	114
TABLA 4. 17 CUADRO AMFE DEL SISTEMA PARA LA IGNICIÓN. ....	115
TABLA 4. 18 CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE GASES.	116
TABLA 4. 19 CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE AGUA. .	117
TABLA 4. 20 CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO. ....	118
TABLA 4. 21 CUADRO DE CORRECTIVOS. ....	120
TABLA 4. 22 CUADRO DE CORRECTIVOS (CONTINUACIÓN). ....	121
TABLA 4. 23 CUADRO DE CORRECTIVOS (CONTINUACIÓN). ....	122
TABLA 4. 24 CUADRO DE CORRECTIVOS (CONTINUACIÓN). ....	123
TABLA 4. 25 CUADRO DE CORRECTIVOS (CONTINUACIÓN). ....	124
TABLA 4. 26 - TABLA 4.47 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO. ....	126

## RESUMEN

El presente Proyecto de Titulación “ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL CENTRO DE ENERGÍA DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN”, fue realizado en cinco capítulos, los cuales se resumen de la siguiente manera:

El Capítulo 1, describe las generalidades del Hospital Carlos Andrade Marín sus inicios, servicios médicos que presta, capacidad de atención, además de una breve descripción de la evolución de la medicina, así como también la evolución de los hospitales a través de los años

El Capítulo 2, detalla el marco teórico que se necesita entender como uno de los pasos previos para la selección y diseño del programa de mantenimiento propiamente dicho.

El Capítulo 3, muestra el equipamiento del que dispone el centro de energía del Hospital Carlos Andrade Marín, se presenta las principales características de las máquinas y el sistema de codificación que se utilizó para la identificación de las máquinas.

El Capítulo 4, visualiza el desarrollo del Plan de Mantenimiento, el cual está enfocado a dar una serie de mejoras al ya existente utilizando estrategias que se encuentran detalladas en este capítulo.

El Capítulo 5, recoge las conclusiones y recomendaciones que han sido obtenidas a lo largo de la elaboración del presente proyecto.

## PRESENTACIÓN

Con la evolución de la Ingeniería de Mantenimiento, la concepción de que el mantenimiento era un rubro que se consideraba dentro de los gastos varios de una organización ha sido reemplazada por la idea de que en realidad es una inversión a mediano y largo plazo que brinda enormes beneficios.

En la actualidad la complejidad de las instalaciones industriales ha traído consigo una modernización en la gestión y planificación del mantenimiento, con el advenimiento de la era informática las herramientas que se utilizan son muy tecnificadas en vista de que se utilizan complejos paquetes informáticos.

Un gran porcentaje de organizaciones en el planeta, plantean el Mantenimiento como una estrategia productiva que se debe complementar con las herramientas de la gestión de calidad, normas de seguridad e higiene industrial de cada país, exigencias medioambientales que son cada vez más exigentes, además se deben integrar con el diseño, construcción, operación de los distintos sistemas productivos, por lo tanto todas las actividades de mantenimiento se enmarcan en un objetivo principal que es: disponer de las máquinas y/o equipos e instalaciones salvaguardando su funcionalidad en todo momento que la actividad productiva lo requiera.

La gestión moderna del Mantenimiento Industrial se concibe como el conjunto de todas las técnicas que permiten cuidar la tecnología de los medios de producción durante todo su ciclo de existencia, persigue la utilización de estos sistemas con la máxima disponibilidad y con el menor costo posible, mediante una asistencia técnica eficiente.

Las organizaciones en Ecuador no brindan la atención que el Mantenimiento se merece, de ahí que los procesos productivos estén afectados por desperfectos

inesperados que producen una baja: en la producción y competitividad de las empresas, además de una caída en la calidad de los productos fabricados.

Las instituciones públicas y de manera específica los hospitales lamentablemente no son la excepción, de ahí que los servicios que brindan muchas de las veces no son los adecuados.

El diseño y posterior implementación de un programa de mantenimiento, constituye un requisito indispensable para conseguir seguridad en el funcionamiento, reducir costos, elevar el prestigio de cualquier organización pública o privada, mejorar la seguridad de los operarios garantizando procedimientos que garanticen su bienestar físico y mental.

El presente proyecto está dirigido a la aplicación de conocimientos de gestión moderna de mantenimiento para la selección de una estrategia adecuada de mantenimiento que permita mejorar los procedimientos de mantenimiento para con esto lograr que una institución tan importante como el Hospital Carlos Andrade Marín brinde sus servicios con el máximo nivel de calidad a la vez que se reducen costos por una mala estrategia de mantenimiento aplicada.

# CAPÍTULO 1

## ASPECTOS GENERALES DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN. (HCAM)<sup>1</sup>

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El Hospital CARLOS ANDRADE MARÍN es uno de los más importantes de Ecuador debido a su capacidad, servicios médicos que brinda y demanda de atención al año, al ser una institución pública no tiene fin de lucro.

Es la unidad de mayor complejidad de la red de servicios de salud del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (I.E.S.S.)

Las actividades de mantenimiento están encaminadas a que sistemas y equipos mecánicos, eléctricos, hidráulicos, neumáticos trabajen de la mejor forma para garantizar que en sinergia con el equipo médico el hospital cumpla a cabalidad con sus servicios.

### 1.2 RESEÑA HISTÓRICA

En 1936 se creó la Caja del Seguro Social y en 1937 el Departamento Médico de la Seguridad Social. El doctor Carlos Andrade Marín fue director del Departamento Médico desde 1937 hasta 1966; luego ostentó las dignidades de Presidente del Instituto Nacional de Previsión Social y Ministro del ramo, gracias a su labor, se instalaron clínicas y se dio impulso a la creación de hospitales, por eso, el Hospital del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (I.E.S.S.) lleva su nombre.

---

<sup>1</sup> En el presente proyecto las siglas: HCAM significan Hospital Carlos Andrade Marín

La construcción se inició en 1961 por la Compañía Jaramillo Saa, que ganó el concurso para empresas constructoras, el proyecto arquitectónico fue diseñado por la firma Distel. Fiscalizó la obra la oficina de construcciones de la Caja Nacional del Seguro Social Ecuatoriano y en particular el ingeniero René Pólit.

La inversión fue de 137 311 698 sucres. El equipamiento estuvo a cargo de la oficina norteamericana Asheco, con excepción de los equipos radiológicos que fueron suministrados por el Consorcio Philips – Siemens

La inauguración del Hospital Carlos Andrade Marín se realizó el 30 de mayo de 1970.

El primer director del hospital fue el doctor César del Pozo y contó con la colaboración del doctor Jaime Ríos, como Director Administrativo.

En 1970 el hospital contaba con 63 médicos, 6 médicos residentes y 66 enfermeras.

En la actualidad es el hospital más grande del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (I.E.S.S.).

## **1.3 GENERALIDADES**

### **1.3.1 VISIÓN**

Ser un hospital líder en la atención de salud a nivel nacional e internacional.

Con autonomía económica y administrativa, enmarcado en los principios legales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, con un modelo de organización dentro del sistema de salud, que preste asistencia integral y especializada, lograr excelencia en sus servicios para satisfacer y superar las necesidades y expectativas del cliente con el uso racionalizado de los recursos disponibles.

Regida por políticas y normas dictaminadas por el Consejo Directivo sobre la base de los principios de solidaridad, universalidad y equidad, para brindar atención médica integral, ética, actualizada y especializada, mediante la utilización de tecnología y capacitación continua en beneficio de la calidad de atención y la satisfacción de las necesidades de sus afiliados y usuarios.

### **1.3.2 CATEGORÍA DEL HOSPITAL**

El hospital tiene la categoría de docente para todas las áreas médicas: Medicina, Enfermería, Obstetricia, Tecnología Médica.

Está catalogado como un hospital de tercer nivel. Un hospital de tercer nivel es aquel que brinda atención médica a personas que presentan padecimientos de alta complejidad diagnóstica y de tratamiento, a través de una o varias especialidades médicas, quirúrgicas o médico-quirúrgicas.

### **1.3.3 SERVICIOS AUXILIARES**

Para brindar apropiadamente los servicios médicos el Hospital Carlos Andrade Marín tiene el respaldo secciones administrativas que le proporcionan servicios, insumos, medicinas, instrumental, materiales de enfermería, alimentos, repuestos, energía, gases medicinales y fluidos para el funcionamiento de los equipos.

A continuación se indican las principales:

- Administración
- Bodegas
- Lavandería
- Esterilización
- Cocina
- Comedor
- Farmacia
- Centro de energía

### 1.3.4 CAPACIDAD DEL HOSPITAL

La capacidad de atención de un hospital se determina por el número de camas que dispone.

En 1970, que fue el año de inauguración del hospital se habilitaron únicamente 365 camas. En la actualidad el hospital tiene una capacidad de 720 camas. Es posible atender a 150 pacientes diarios en urgencias.

### 1.3.5 LOCALIZACIÓN

El hospital Carlos Andrade Marín está ubicado en el centro norte de la ciudad de Quito, provincia de Pichincha, ubicado a una altura promedio de 2821 m sobre el nivel del mar.

Está delimitado al norte por la calle 18 de Septiembre, al sur por la calle Portoviejo, al este por la calle Ayacucho y al oeste por la Avenida Universitaria.



Figura 1. 1 Fotografía satelital del Hospital Carlos Andrade Marín<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Fuente: Google Earth

## 1.4 ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

### 1.4.1 ORGANIGRAMA ADMINISTRATIVO

El hospital Carlos Andrade Marín al constituirse como uno de los hospitales más grandes en cuanto a capacidad de atención e infraestructura de Ecuador, necesita de varios estamentos que le permita funcionar de manera adecuada de acuerdo a esto está administrativamente dividido en:

**Gerencia General:** esta es la que establece en conjunto con El Consejo Directivo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (I.E.S.S.) las políticas rectoras dentro de los ámbitos médicos y administrativos.

**Gerencias Médicas:** instancias administrativas que son las encargadas de los aspectos relacionados con los cuidados médicos de los pacientes. Estas gerencias son:

Gerencia de Hospitalización y Ambulatorio.

Gerencia de Medicina Crítica.

Gerencia de Auxiliares de Diagnóstico y Tratamiento.

**Gerencia de Investigación y Docencia:** esta gerencia existe en virtud de que el hospital al ostentar la categoría de docente para todas las áreas médicas está en la obligación de tener instancias administrativas que justifiquen el tener la mencionada categoría.

El hospital cuenta con tres subgerencias administrativas que son:

Subgerencia de Servicio al Asegurado.

Subgerencia de Servicios Generales.

Subgerencia Financiera.

Otros de los estamentos importantes con los que cuenta el hospital son los comités que si bien es cierto no dependen directamente de ninguna de las gerencias o subgerencias, son primordiales en el desempeño de las labores diarias del hospital estos comités son:

Comité de Historias Clínicas.

Comité de Farmacología.

Comité de Bio ética.

Comité de Abastecimientos.

Comité Ejecutivo.

El organigrama administrativo se presenta en el Anexo 1, en donde se detalla de manera más compacta la organización administrativa del hospital

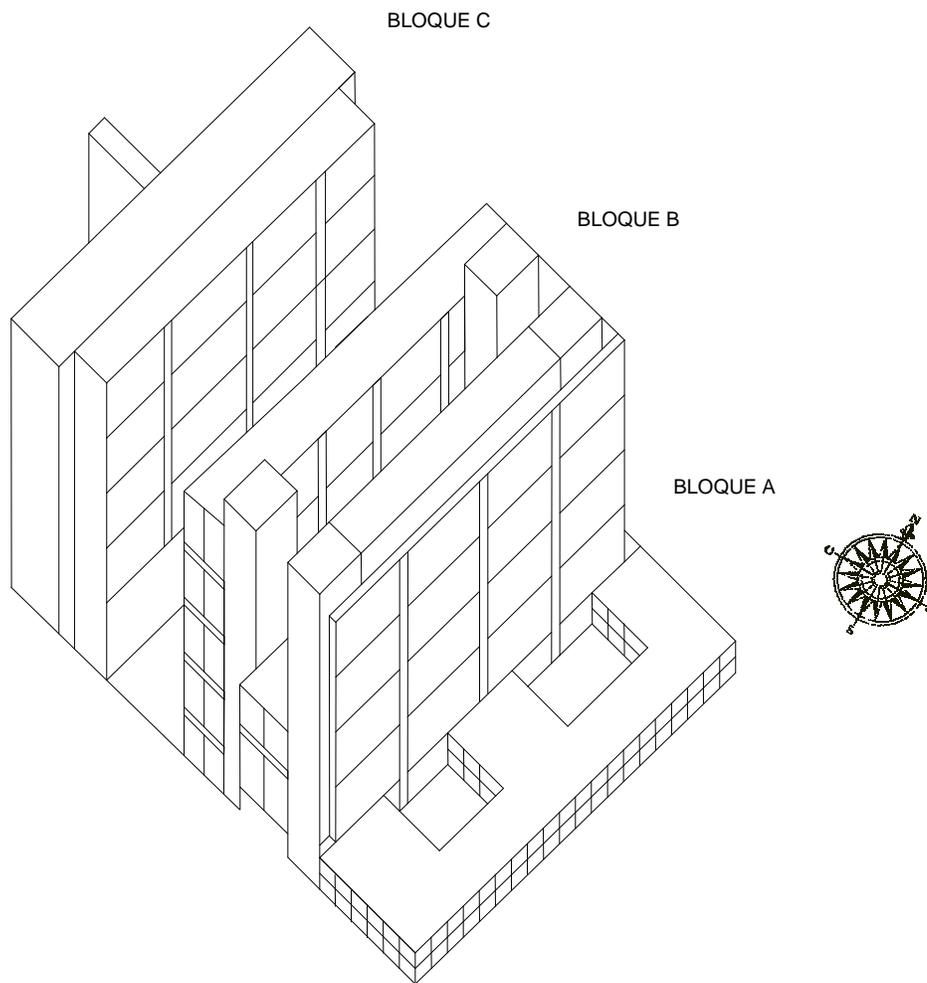
#### **1.4.2 SITUACIÓN ADMINISTRATIVA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO.**

El Hospital Carlos Andrade Marín no cuenta con un departamento de Ingeniería de Mantenimiento adscrito a la institución, en su lugar un contratista brinda los servicios de mantenimiento de edificios e instalaciones, líneas de agua fría y caliente, vapor, centro de energía, central de gases medicinales, bajo la modalidad de contrato de prestación de servicios.

El contratista es supervisado por la “Coordinación de Mantenimiento” a cargo del Ing. Francisco Díaz esta instancia a su vez es supervisada por el área de “Mantenimiento y Planificación” a cargo del Ing. Gustavo Struve estas dos últimas instancias si son parte administrativamente del hospital.

Es necesario aclarar que las áreas administrativas denominadas “Coordinación de Mantenimiento” y “Mantenimiento y Planificación” están encargadas de otras actividades no menos importantes pero que no guardan relación con la Ingeniería de Mantenimiento propiamente dicha

## 1.5 DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS MÉDICAS Y DE SERVICIOS.



**Figura 1. 2 Esquema del Hospital Carlos Andrade Marín<sup>3</sup>**

<sup>3</sup> Fuente: [http://hcam.iess.gov.ec/html/pc\\_hospital.html](http://hcam.iess.gov.ec/html/pc_hospital.html)

Tabla 1. 1 Distribución de las áreas médicas y de servicios.

<b>BLOQUE A</b>	<b>Norte</b>	<b>Sur</b>
Nivel Cero	Electrocardiogramas, consulta externa, archivo, estadística	Farmacia Patología
Nivel Uno	Consulta externa	Administración central del hospital
Nivel Dos	Traumatología	Traumatología
Nivel Tres	Obstetricia	Obstetricia
Nivel Cuatro	Cirugía general	Cirugía general
Nivel Cinco	Neurocirugía	Cardiorotáxica
<b>BLOQUE B</b>	<b>Norte</b>	<b>Sur</b>
Nivel Cero	Cañerías	Morgue
Nivel Uno	Servicio de Rehabilitación	Dietética
Nivel Dos	Urgencias	Banco de sangre
Nivel Tres	Quirófanos	Sala de partos
Nivel Cuatro	Nefrología	Urología
Nivel Cinco	Terapia Intensiva	Neumología y Otorrinolaringología
<b>BLOQUE C</b>	<b>Norte</b>	<b>Sur</b>
Nivel Cero	Sin edificar	Sin edificar
Nivel Uno	Cañerías	Cañerías
Nivel Dos	Unidad de quemados	Oncología
Nivel Tres	Ginecología	Cardiología
Nivel Cuatro	Hematología y endocrinología	Medicina interna
Nivel Cinco	Cirugía vascular y oftalmología	Psiquiatría
Quinto Piso	Oficinas administrativas (subgerencias, financiera y servicios generales, Recursos humanos, Jefatura de Enfermería, Supervisión de mantenimiento.	

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

## 1.6 HISTORIA DE LOS HOSPITALES

### **1.6.1 ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA MEDICINA**

Desde los principios de la humanidad, el ser humano se enfrenta a la naturaleza, apareciendo la necesidad de resolver sus problemas de salud surgidos de esta pelea por subsistir como especie, con este antecedente aparece la medicina, inicialmente como un acto instintivo y desde sus orígenes como un acto social, la práctica de curar a los enfermos se fue transmitiendo de generación en generación, fue enriqueciéndose a través de los siglos. Su desarrollo estuvo y está ligado, al desarrollo de las fuerzas productivas y es así como en determinado momento de la comunidad primitiva aparece la creencia, que las enfermedades son fruto del demonio o de la ira de los dioses, de ahí la conducta ritual de las civilizaciones primitivas.

460 años AC aparece Hipócrates, quien logró recopilar toda la práctica médica de la antigüedad, autor del Corpus Hipocrático y dentro de esta obra, autor del juramento Hipocrático, se le reconoce como el padre de la Medicina racional empírica, posteriormente aparece: Claudio Galeno de Pergamano (129-199 años DC), cuya obra es una sinopsis completa de la medicina Greco-Romana, creador de la noción fisiológica de la circulación, numerosos textos de anatomía y de la teoría de los cuatro humores, su obra perduró por más de mil años.

La medicina ha conocido, desde concepciones supersticiosas, mágicas, religiosas espirituales, empíricas, hasta la actualidad en la que estas no han desaparecido sino que coexisten, a pesar de los avances científicos y tecnológicos.

### **1.6.2 ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS HOSPITALES**

En el ocaso de la comunidad primitiva, aparecen las salas de consulta llamadas IATREION, que eran ambientes físicos, ubicados en lugares céntricos de la ciudad, amplios, confortables con una cama para acostar al enfermo y servicios higiénicos, un poco alejados, tenía además buena ventilación e iluminación. Estas salas significaron un avance en la organización sanitaria de los pueblos, representaba la centralización del servicio de salud, son el antecedente más remoto de los consultorios externos.

Templos de Esculapio, aparecen unos 400 a 500 años AC, nacen en Asia Menor, eran edificaciones especialmente diseñadas y construidas para atender enfermos, tenía divisiones que incluía salas de consulta, para recibir al paciente, terrazas, para los ritos, y salas de hospitalización, para internamiento de pacientes, con Cline, que en griego significa Cama, de donde deriva el término de Clínico, donde los pacientes eran dormidos, tras lo cual aparecía Esculapio quien los examinaba y daba las pautas para su tratamiento, las cuales eran llevadas a cabo por los therapeutes, en griego significa médicos, los pacientes sanados, debían hacer donaciones al santuario, que era administrado por médicos y monjes, miles de personas acudían todo el año, este sistema perduró durante el régimen esclavista.

La presencia del imperio romano y su política expansionista, crea la necesidad de un sistema sanitario más inteligente y rápido que repusiera a sus legionarios, es así como los emperadores crean alrededor del año 14 AC el primer Valetudinario palabra del latín valetudo: achacoso, débil, enfermo. Estos se erigieron como hospitales militares a cargo de médicos en amplias y confortables edificaciones, con ambientes aislados entre sí, que contaban con baño propio. Esta práctica se extendió por todo el mundo, se creaban Valetudinarios clasistas, había unos para los militares, otros para los señores feudales, otro para los esclavos y campesinos pobres.

La desintegración del imperio romano daba paso al sistema feudal en el desarrollo productivo de la sociedad, el sentimiento popular formalizó el cese a la

persecución al cristianismo, aún más la oficializó como religión oficial del estado, esta efervescencia social originó intercambio entre los pueblos, nuevas vías de comunicación, movimiento de gente, costumbres, artes, comercio, etc. Aparece la necesidad de contar con albergues que recibieran a los foráneos, es así como uno de los últimos emperadores Rómulo Augustus crea por edicto las xenodoquias, del griego Xenos-foráneo- y dochion-recibimiento. Que eran lugares de hospedaje y descanso, pero como aparece en pleno debilitamiento del sistema esclavista los Valetudinarios adquieren gran importancia y se extienden por todo el mundo.

Los hospitales propiamente dichos, derivados del latín Hospes (amigo, huésped) y Hospitium (albergue), son concebidos y creados por edicto y edificados bajo la influencia del cristianismo, se funda el primer hospital de la historia en la ciudad de Cesárea hoy llamada Kaysen en el actual territorio de la República de Turquía, en el año 380 DC donde comenzaron a atenderse a miles de campesinos pobres y víctimas del sistema feudal.

El penúltimo emperador romano Basilio el Grande al ver la acogida de este sistema sanitario, decreta su generalización por todo el imperio, pero el imperio se desintegró, a los pocos años y estos hospitales quedaron por todo el mundo, como uno de los últimos aportes del imperio romano, junto a estos hospitales crecieron numerosas órdenes religiosas que durante más de 1500 años mantuvieron vivos los preceptos que inspiraron su creación.

La estrecha relación de la iglesia católica con el poder político feudal posibilitó su desarrollo material, durante los sangrientos sucesos de la revolución francesa la furia popular tomó dos hospitales que eran usados como cárceles políticas y liberó a muchos presos, de ahí el desprestigio en que habían caído.

En tránsito al capitalismo, los hospitales pasaron a la administración municipal y las órdenes religiosas se replegaron a la presencia de un capellán o religiosas que brindaban servicio espiritual a los enfermos.

En la actualidad los hospitales son complejas estructuras administrativas cuya misión principal es brindar a los pacientes las atenciones médicas que sean necesarias para restablecer el estado de salud de dichos pacientes.

## **CAPÍTULO 2**

# TEORÍA DE MANTENIMIENTO

## 2.1 INTRODUCCIÓN

Las operaciones de mantenimiento tienen lugar frente a la constante amenaza que implica la falla o error en un sistema, maquinaria, o equipo, más aun cuando se trata de un hospital en donde la falla, eventualmente causa la muerte de seres humanos que están alojados en la casa de salud.

El objetivo buscado por el mantenimiento y en especial el mantenimiento hospitalario es contar con instalaciones en óptimas condiciones en todo momento, para asegurar una disponibilidad total de: sistemas, equipos, maquinaria, instalaciones y edificaciones en todo su rango de operación, lo cual implica: ausencia de errores y fallas.

El Mantenimiento debe procurar un desempeño continuo y operar bajo las mejores condiciones técnicas.

El mantenimiento además debe estar destinado a los siguientes aspectos:

- Reducir los costos por averías
- Disminuir el gasto por nuevos equipos
- Maximizar la vida útil de los equipos

Los procedimientos de mantenimiento deben evitar las fallas, por cuanto una falla se define como la incapacidad para desarrollar un trabajo en forma adecuada o simplemente no desarrollarlo. Un equipo puede estar "fallando" pero no estar malogrado, puesto que sigue realizando sus tareas productivas, pero no las realiza con la misma eficiencia que un equipo en óptimas condiciones.

En cambio un equipo malogrado o averiado no podrá desarrollar actividades bajo ninguna circunstancia.

El costo que implica la gestión y el desarrollo del mantenimiento no debe ser exagerado, es decir, un costo superior al que implicaría el reemplazo por maquinaria nueva. Los más importantes factores de costo son: mano de obra directa e indirecta, costo de materiales, repuestos, insumos, energía, combustible.

## **2.2 DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO**

El mantenimiento se define como todas las actividades humanas encaminadas hacia la preservación de los componentes físicos de una entidad pública o privada que produce bienes o servicios, para el caso del presente proyecto se trata de una entidad pública que ofrece servicios de salud.

Las actividades de mantenimiento están destinadas a mejorar aspectos muy relevantes como son: funcionalidad, seguridad, rendimiento, coordinación, perfil corporativo y protección del medio ambiente.

Toda instalación sin importar que tipo de componentes posea sufre deterioro por su rutina de trabajo, este deterioro puede tener muchas causas: defectos de acoplamiento, especificaciones técnicas mal interpretadas o ignoradas, mal uso de las instalaciones entre muchas otras.

Las tareas de mantenimiento están en la obligación de lograr condiciones óptimas de funcionamiento, de esta manera se contribuye a alcanzar los objetivos de la organización.

## **2.3 PROPÓSITO DEL MANTENIMIENTO**

Al tratarse de una institución pública o una organización privada el propósito del mantenimiento es conservar la unidad productiva o de servicio con el equipo, los

edificios, los servicios y las instalaciones en condiciones de cumplir con la función para la cual fueron proyectados con la capacidad y calidad especificadas, pudiendo ser utilizados en condiciones de seguridad y economía de acuerdo a un nivel de ocupación y a un programa de uso definido por los requerimientos de servicio.

## **2.4 FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO**

Las funciones del mantenimiento varían de acuerdo a las organizaciones, si estas son grandes medianas o pequeñas, públicas o privadas, procesos productivos, productos o servicios ofertados, sin embargo es posible hacer una distinción entre funciones fundamentales y funciones circunstanciales.

### **2.4.1 FUNCIONES FUNDAMENTALES**

Las funciones fundamentales del mantenimiento tienen estrecha relación con las actividades de mantenimiento propiamente dichas funciones fundamentales son:

- Desarrollo e implementación de un sistema de mantenimiento efectivo de la maquinaria, equipos e instalaciones.
- Abastecimiento de servicios: energía eléctrica, neumática, hidráulica, agua potable, agua caliente, vapor, etc.
- Establecimiento de nuevas máquinas y equipos.
- Control de costos de bienes físicos a cargo del mantenimiento.
- Presentación de informes de mantenimiento.
- Entrenamiento del personal de mantenimiento.

### **2.4.2 FUNCIONES EVENTUALES**

Son actividades que están fuera del entorno de la ingeniería de mantenimiento, sin embargo en muchas organizaciones públicas o privadas están bajo la

dirección de los encargados de mantenimiento estas funciones eventuales pueden ser:

- Cuidado y administración de almacenes de repuestos.
- Mantenimiento de equipos de seguridad.
- Administración del personal de limpieza.
- Manejo de inventarios.
- Recepción de insumos.

## **2.5 MANTENIMIENTO HOSPITALARIO**

El mantenimiento en los últimos años ha pasado de ser una actividad de segundo orden que implicaba el gasto de recursos económicos a convertirse en una inversión económica y tecnológica que brinda enormes beneficios.

Aunque un hospital tenga varios sistemas, equipos y maquinarias similares a los que utiliza una fábrica en la producción de bienes, las operaciones de mantenimiento en el hospital no se las puede comparar con las realizadas en la fábrica. Las principales razones son las siguientes

### **2.5.1 ENTORNO DEL TRABAJO**

Los “usuarios” para los que se trabaja y la razón de la existencia de un hospital son personas que sufren un quebranto en su salud, por lo tanto no se producen bienes, sino que se trata de restablecer la salud de seres humanos, desde este punto de vista, la administración del mantenimiento en miras a tener los equipos en óptimas condiciones es literalmente de vital importancia.

### **2.5.2 DIVERSIDAD DE EQUIPOS**

Por cada metro cuadrado de área, en un hospital existen más equipos que en las instalaciones industriales, esto es más evidente tratándose de un hospital como el Carlos Andrade Marín, uno de los más grandes de Ecuador.

### **2.5.3 RECURSOS ECONÓMICOS**

El hospital Carlos Andrade Marín al ser una casa de salud pública tiene limitaciones de recursos económicos, por lo que es necesario establecer un adecuado plan de mantenimiento que permita que los equipos funcionen adecuadamente durante mucho tiempo, para evitar el daño prematuro y se tenga la obligación de reponer el equipo defectuoso lo que ocasionaría una pérdida de recursos económicos y tiempo, en vista de que los equipos en especial del centro de energía, son muy costosos, además de que los trámites de compra son muy largos en vista de todo el papeleo que se debe realizar.

En definitiva la necesidad de la realización de actividades de mantenimiento hospitalario es ineludible.

## **2.6 EVOLUCIÓN Y ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO**

### **2.6.1 INTRODUCCIÓN**

Con la aparición del sistema económico capitalista y con el advenimiento de la revolución industrial primero en Inglaterra y posteriormente en el resto de Europa, además en colonias europeas diseminadas por todo el mundo, de manera especial en los Estados Unidos proceso que se dio a finales del XVIII y principios del siglo XIX, trajo consigo la aparición de nuevos medios de producción, en esta época se dieron gigantescos avances en la construcción de mecanismos que aceleraron los procesos productivos, la invención de dichos mecanismos trajo consigo la necesidad de realizar actividades de mantenimiento en las primeras máquinas, mantenimiento que en la actualidad se lo conoce como mantenimiento correctivo.

Con la evolución del sistema capitalista y especialmente de los conceptos de mercado y competitividad trajo consigo la necesidad de una reingeniería de las

actividades de mantenimiento enfocadas a minimizar los efectos que traía consigo el mantenimiento correctivo de manera especial en las grandes organizaciones de aquella época que no podían darse el lujo de continuar soportando largas paralizaciones de los procesos productivos.

Es en la segunda década del siglo XX que recién se hace uso de la estadística para cuantificar las tasas de fallos de motores y artefactos que se utilizaban en la naciente industria de la aviación, con el objeto de minimizar los accidentes aéreos. Durante la Segunda Guerra Mundial el mantenimiento preventivo juega un papel muy importante en el destino del conflicto, se realizaban inspecciones de cada avión antes de cada vuelo y se sustituían componentes en función de las horas de funcionamiento.

En los años 60 se comenzó a utilizar técnicas de verificación mecánica a través del estudio de vibraciones y ruidos, de esta manera se dio paso al mantenimiento predictivo y con este a los primeros equipos analizadores de espectro de vibraciones mediante la Transformada Rápida de Fourier (FTT por sus siglas en inglés). A finales de la década de los 60 e inicios de la década de los 70 la empresa United Airlines desarrolló el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (R.C.M.) en el afán de desarrollar e implementar procedimientos más adecuados para el manejo de fallos.

En la década de los años 70 el grupo Toyota desarrolla y ejecuta por primera vez el Mantenimiento Productivo Total el cual constituye un cambio nunca antes visto del pensamiento gerencial en cuanto al mantenimiento se refiere. Este nuevo enfoque del mantenimiento se aplica en el resto del planeta a partir de los años 80. En conclusión a través de la evolución de la ingeniería de mantenimiento, se han distinguido distintos tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las actividades que se realizan.

## **2.6.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

### **2.6.2.1 Definición**

También es denominado mantenimiento reactivo, tiene lugar luego que ocurre una avería, es decir, solo se actuará cuando se presenta un fallo en un determinado equipo o sistema.

En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para tomar medidas correctivas.

El mantenimiento correctivo se debe realizar en razón de que existe una falla o avería imprevista por lo que generalmente se actúa de manera que se pueda solucionar el problema en el menor tiempo posible, sin embargo existen algunas situaciones que no requieren que la falla sea reparada de inmediato, es decir, el componente en el cual ocurre la avería permite que siga funcionando la máquina o equipo en este tipo de situaciones los encargados de mantenimiento pueden realizar una planificación para decidir en qué momento se realizarán las actividades de mantenimiento.

### **2.6.2.2 Ventajas**

- La necesidad de infraestructura es mínima.
- No exige una organización técnica especializada.
- Un programa de mantenimiento es innecesario.
- No necesita de personal calificado.
- Es beneficioso en equipos que no afectan de manera relevante en el proceso productivo o en los servicios que brinda una organización donde la implantación de otro sistema resultaría en una relación costo - beneficio no favorable.

### **2.6.2.3 Desventajas**

- Paradas no previstas.
- Riesgos laborales extremadamente altos.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados.
- La planificación del tiempo que estará el sistema, máquina o equipo fuera de operación no es predecible.
- La ejecución de las actividades de mantenimiento son en la mayoría de los casos desordenada debido a que el tiempo que debe demorar las reparaciones debe ser lo más mínimo posible.

### **2.6.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

#### **2.6.3.1 Definición**

Este tipo de mantenimiento también denominado mantenimiento planificado tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el equipo, máquina o sistema, el objetivo es precisamente evitar que la falla o avería se produzca.

Se lo puede realizar mediante tres diferentes estrategias:

- A razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento indicado para llevar a cabo dicho procedimiento.
- El fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos.
- A través de un plan de mantenimiento adecuadamente diseñado.

#### **2.6.3.2 Características**

- Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por el departamento de mantenimiento o los encargados del mismo.
- Está destinado a un sector en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado.

### **2.6.3.3 Ventajas**

- Permite contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Admite contar con un presupuesto aprobado por la directiva en base a los trabajos de mantenimiento que se realizan en el tiempo.
- Planificación de los trabajos a realizar, con esto se logra que los trabajos sean conocidos de antemano, con lo cual se tiene el suficiente tiempo para conocer y programar todos los pormenores.
- Con el tiempo y la aplicación de las operaciones de mantenimiento se llega a tener conocimiento del comportamiento de los equipos por lo tanto se puede realizar una reparación que evite que la falla sea más grave y de esta manera evitar reparaciones que pueden tomar más tiempo además de prevenir que los costos se eleven.
- Algunas partes se tornan defectuosos y progresivamente pierden eficiencia debido a varios factores: desgaste, incrustaciones, oxidación, etc. un servicio

de mantenimiento preventivo permitirá el funcionamiento de los equipos en condiciones más eficientes al reducirse el número de paradas imprevistas.

- Siendo los trabajos planificados, se espera que el rendimiento de las horas-hombre disponibles aumente, en virtud de que se tiene un mecanismo de control de los trabajos realizados.
- Para la aplicación de un programa de mantenimiento preventivo se requiere entre otras cosas de un estudio detenido de las reparaciones a realizarse en cada parte de un equipo para determinar el detalle y la frecuencia necesaria de las intervenciones. Los defectos de diseño y eventualmente de fabricación que causan daños periódicos aparecen en esta investigación y una vez descubiertos pueden eliminarse, de esta manera se puede reducir al mínimo las fallas repetitivas causadas por dichos defectos en el diseño y/o fabricación.
- La planificación del mantenimiento permite determinar con bastante exactitud el costo de mantenimiento por equipo o sistema, a partir de esto se podrá tomar las medidas del caso en base a datos reales.

#### **2.6.3.4 Desventajas**

- Su ejecución involucra una inversión inicial en infraestructura.
- Es ejecutado por personal calificado.
- El análisis incorrecto de la frecuencia de mantenimiento preventivo, provoca un elevado costo de mantenimiento, por lo que la relación costo-beneficio no es atractiva para la organización.
- Los trabajos rutinarios originan desidia en el personal.

- Los resultados de la aplicación del mantenimiento preventivo, son visibles a largo o en el mejor de los casos mediano plazo, que puede ser dos años como mínimo.

## **2.6.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

### **2.6.4.1 Definición**

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica real de una máquina o equipo, examinando mientras se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicación de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento.

### **2.6.4.2 Técnicas utilizadas en el Mantenimiento Predictivo**

La implementación de este tipo de métodos requiere del concurso de técnicas de análisis e investigación de las máquinas y/o equipos en los siguientes párrafos se brindará una descripción de las técnicas más utilizadas en Ecuador.

#### *2.6.4.2.1 Análisis de Vibraciones*

Toda máquina en funcionamiento, aunque esté bien diseñada, ajustada y equilibrada, está sometida a vibraciones en todos sus elementos. El fenómeno de vibración no es posible eliminarlo nunca, así lo demuestra la experiencia. Las razones son varias, fundamentalmente porque hay sollicitaciones tanto externas como internas a la máquina, que hacen vibrar a todos sus componentes.

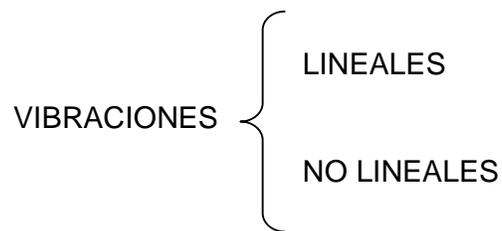
Por ejemplo el viento es en el aeromotor el agente externo excitador fundamental. Internamente, campos magnéticos variables y todas las pequeñas desalineaciones, holguras, excentricidades, etc. que tienen todos los

componentes mecánicos, son fuentes internas de excitación para la máquina en conjunto.

Se produce vibración cuando a un sistema mecánico se le desplaza de su posición de equilibrio y se lo deja libre, o bien se le somete a una pulsación, o bien se le aplica una fuerza variable con el tiempo.

Se define una vibración como: todo desplazamiento oscilante con el tiempo de un elemento o sistema, alrededor de su posición de equilibrio estático.

En el problema de vibraciones intervienen las fuerzas elásticas y las de inercia. Las vibraciones se pueden clasificar de varias maneras, según el concepto a estudiar. Una primera clasificación es:

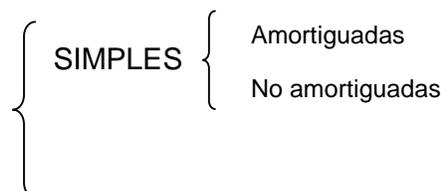


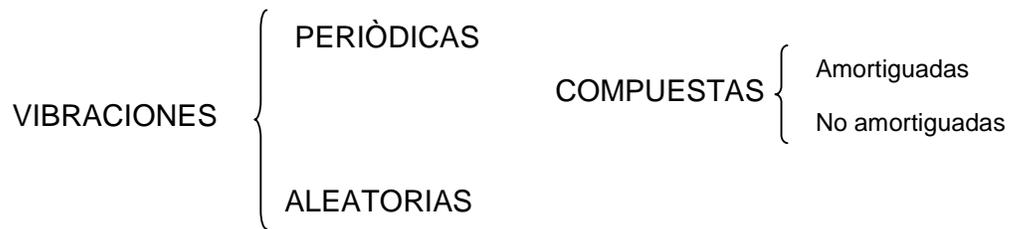
Para un sistema vibrando linealmente rige el principio de superposición y las técnicas matemáticas son relativamente sencillas y están bien desarrolladas.

Por el contrario las técnicas para sistemas no lineales son más complicadas y difíciles de aplicar.

Los sistemas tienden a volverse no lineales cuando crece la amplitud de su oscilación.

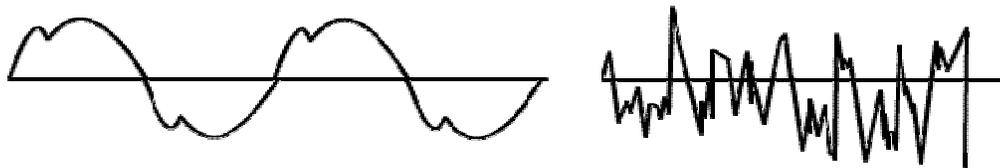
También se puede establecer una segunda clasificación de la siguiente manera:





La vibración puede ser periódica o aleatoria. La vibración periódica está caracterizada por su período de tiempo muy bien definido y por lo tanto la frecuencia que es el inverso del período.

Existen vibraciones que no tienen una forma de onda o período repetible característico definido. Estas son las llamadas vibraciones aleatorias o randómicas.



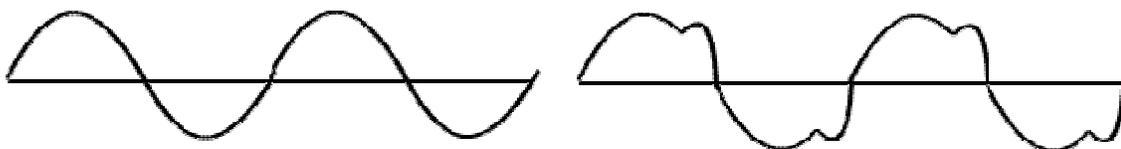
a) Vibración periódica

b) Vibración aleatoria o randómica

**Figura 2. 1 Vibraciones periódicas y no periódicas<sup>4</sup>**

Una vibración periódica puede ser: simple y compuesta. Se denomina vibración simple cuando en el espectro de la misma aparece únicamente una sola frecuencia.

La vibración simple, sólo está compuesta por una onda. Si aparecen dos o más frecuencias en el espectro la vibración es compuesta.



<sup>4</sup> Fuente: <http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/41/tema15/tema15-4.htm>

a) Vibración simple

b) Vibración compuesta

**Figura 2. 2 Vibraciones simple y compuesta<sup>5</sup>**

Toda vibración periódica puede ser descompuesta en términos de vibraciones simples. Las vibraciones pueden ser amortiguadas o no amortiguadas. Como en la realidad todo sistema oscilatorio real está sometido a cierto grado de amortiguamiento debido a la fricción y otros tipos de resistencias internas del propio material, toda vibración terminará siendo amortiguada y en el caso de que no fuera amortiguada sería debido a un aporte externo de energía.

Un caso muy importante en todo sistema vibratorio es cuando la excitación exterior fuerza al sistema a vibrar con una frecuencia exactamente igual a una propia del mismo, esto se llama resonancia. En este caso el valor del amortiguamiento y de la fuerza excitadora es fundamental en el desarrollo de la vibración, pudiendo darse el caso de rotura de la estructura del sistema oscilante si el valor relativo del amortiguamiento es muy bajo. En el diseño de una máquina debe tenerse muy en cuenta las posibles resonancias entre los diversos elementos que la componen, para evitar que en el funcionamiento de aquella se presenten acoplamientos destructivos entre sus sistemas oscilantes.

Para registrar vibraciones son necesarios los siguientes elementos y equipos:

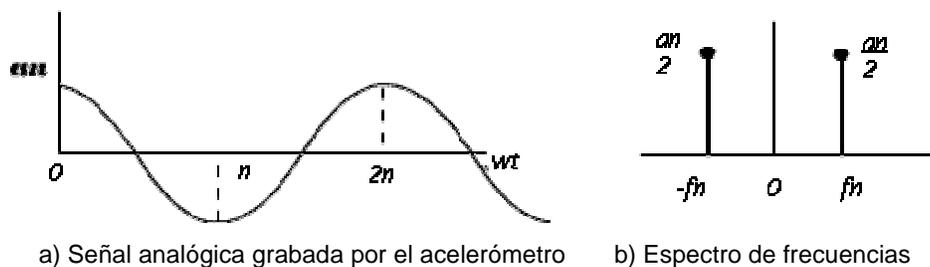
- Un sistema captador analógico que transforme la aceleración de la pieza que está sometida a vibración en una señal eléctrica analógica. El elemento que realiza esta función es el acelerómetro. Normalmente se utilizan dos acelerómetros montados en dos direcciones perpendiculares, aunque también a veces se suelen colocar en la misma dirección según lo que se pretenda medir.
- Un equipo para registrar la señal y grabar la misma en un soporte físico puede ser cinta magnética, disquete o dispositivos USB de computador, con al menos

---

<sup>5</sup> Fuente: <http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/41/tema15/tema15-4.htm>

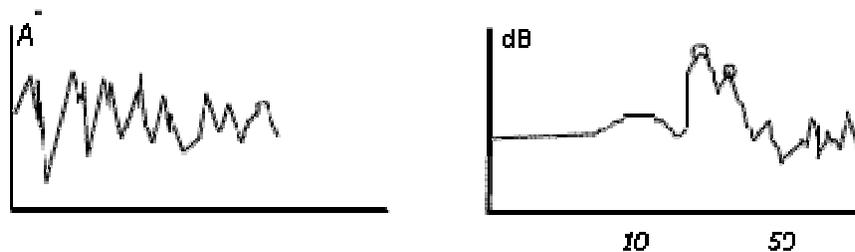
la posibilidad de grabación de dos canales independientes el uno del otro para las dos señales de los acelerómetros.

- Un microprocesador que calcule la transformada de Fourier de las señales captadas por los acelerómetros y grabadas en el soporte físico para obtener el espectro de frecuencias. Normalmente el equipo de grabación y el microprocesador de análisis, vienen ya en un mismo equipo que se denomina Analizador Espectral de Señales.
- El analizador de señales recoge la grabación de la señal analógica en función de la variable tiempo y le aplica la transformada de Fourier, con lo cual se obtiene el espectro de la señal en el campo o dominio de las frecuencias.



**Figura 2.3 Señales analógicas y espectro de frecuencias<sup>6</sup>**

Análogamente de una señal cualquiera tipo randómica o aleatoria al aplicarle la transformada compleja de Fourier se obtiene su espectro de frecuencias el cual es un espectro continuo y no discreto como lo era en el caso periódico anterior.



**Figura 2.4 Espectro de frecuencias obtenidas de una señal aleatoria por aplicación de la transformada compleja de Fourier<sup>7</sup>**

<sup>6</sup> Fuente: <http://rabfis15.uco.es>.

<sup>7</sup> Fuente: <http://rabfis15.uco.es>.



**Figura 2. 5 Medidor de Vibraciones<sup>8</sup>****2.6.4.2.2 Endoscopia Industrial**

La utilización de Endoscopios Industriales, también llamado algunas veces Boroscopios, del inglés Boroscope, en el mantenimiento ahorra muchas horas de montajes y desmontajes con la finalidad de poder efectuar una inspección visual en un punto concreto de un equipo o máquina.

La endoscopia industrial consiste en la utilización de equipos adecuados para lograr inspecciones visuales remotas, con suficiente facilidad y calidad, que permita decidir sobre el estado de los elementos inspeccionados, y poder decidir cualquier tipo de acción preventiva o correctiva de mantenimiento.

La mayoría de los endoscopios permiten la utilización de innumerables accesorios que facilitan las inspecciones visuales, como cámaras fotográficas, luces, lentes de ampliación o enfoque, etc.

La mayoría de los endoscopios industriales modernos pueden dividirse en:

---

<sup>8</sup> Fuente: [www.pce-iberica.es/.../medidor-vm-120.htm](http://www.pce-iberica.es/.../medidor-vm-120.htm)

- Endoscopios Rígidos: son los endoscopios industriales más simples y económicos, pero tienen la limitación de que su rigidez, normalmente una varilla de acero no permite flexión alguna, por lo que podría no llegar a ciertos puntos a examinar.
- Endoscopios Flexibles: son equipos basados en fibra óptica que, al contrario de los rígidos, si permiten adoptar formas curvadas y ángulos para poder acceder a puntos complicados de los equipos a inspeccionar. Suelen llevar en su cuerpo central el mecanismo de articulación y enfoque, que facilita su uso.
- Videoescopios Industriales: son una evolución de los endoscopios, que permiten la grabación en imágenes fijas o video de los procesos de inspección visual de equipos, para su posterior uso, análisis o tratamiento. El proceso de grabado se realiza de forma sencilla, dado que los videoescopios poseen una pantalla que permite visualizar en tiempo real la inspección durante la grabación.
- Algunos modelos de videoescopios industriales ofrecen incluso micrófono y termómetro en el final de su sonda-cámara, que permite una inspección mucho más completa y fiable.



**Figura 2. 6 Endoscopio Industrial<sup>9</sup>**

#### 2.6.4.2.3 Líquidos Penetrantes

---

<sup>9</sup> Fuente: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-optico/endoscopio-pv-636.htm>

Mediante la aplicación de líquidos penetrantes se detecta discontinuidades tales como: poros, grietas, rechupes, traslapes, costuras, laminaciones, entre otros en materiales sólidos metálicos y no metálicos.

El líquido penetrante tiene la propiedad de penetrar en cualquier abertura u orificio en la superficie del material. El penetrante ideal debe reunir las siguientes propiedades:

- Penetrar orificios y aberturas muy pequeñas y estrechas.
- Permanecer en aberturas amplias.
- Mantener el color o la fluorescencia.
- Extenderse en capas muy finas.
- Resistencia a la evaporación.
- Fácil remoción de la superficie.
- Difícil eliminación una vez dentro de la discontinuidad.
- Fácil absorción de la discontinuidad.
- No tóxico.
- Inodoro.
- No corrosivo.
- Ininflamable.
- Estable bajo condiciones de almacenamiento.
- Costo razonable.

Para la aplicación de los líquidos penetrantes en ensayos no destructivos, se aplica el líquido penetrante a la superficie de la pieza a ser examinada, permitiendo que penetre en las aberturas del material, después de lo cual el exceso del líquido es removido.

Se aplica entonces el revelador, el cual es humedecido o afectado por el penetrante atrapado en las discontinuidades de esta manera se incrementa la evidencia de las discontinuidades, tal que puedan ser vistas ya sea directamente o por medio de una lámpara o luz negra.



**Figura 2. 7 Prueba de Líquidos Penetrantes<sup>10</sup>**

#### 2.6.4.2.4 Partículas Magnéticas

Es un método que utiliza corriente eléctrica para crear un flujo magnético en una pieza y al aplicarse pequeñas partículas ferromagnéticas produce la indicación de la presencia de algún defecto donde exista distorsión en las líneas de flujo.

Tipos de discontinuidades:

- Superficiales
- Subsuperficiales, muy cercanas a la superficie
- Poros, grietas, rechupes, traslapes, costuras, laminaciones, etc.

Materiales:

- Materiales ferromagnéticos: aceros, fundiciones, soldaduras, níquel, cobalto y sus aleaciones.

Se utilizan para la detección de discontinuidades superficiales y subsuperficiales, hasta  $\frac{1}{4}$  de pulgada de profundidad aproximadamente, para situaciones prácticas en materiales ferromagnéticos.

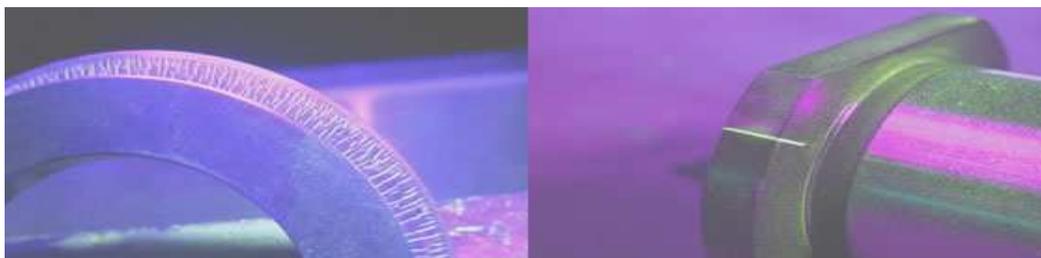
<sup>10</sup> Fuente: [http://www.sirem.es/index.php?page=Servicios\\_Convencionales](http://www.sirem.es/index.php?page=Servicios_Convencionales)

Este método se aplica a materiales ferromagnéticos, tales como:

- Piezas: de fundición, forjadas, roladas.
- Cordones de soldadura.
- Inspección en servicio de algunas partes de avión, ferrocarril, recipientes sujetos a presión, ganchos y engranes de grúa, estructuras de plataforma, etc.

Es sensible para la detección de discontinuidades de tipo lineal, tales como:

- Grietas de fabricación o por fatiga.
- Desgarres en caliente.
- Traslapes.
- Costuras, faltas de fusión.
- Laminaciones, etc.



**Figura 2. 8 Ensayo con partículas magnéticas<sup>11</sup>**

#### *2.6.4.2.5 Radiografía Industrial*

Es un ensayo no destructivo que permite la evaluación volumétrica de los componentes de una máquina o equipo, es una imagen impresa en una película magnética que previamente ha sido expuesta a una fuente de alta energía, tal como los rayos X o rayos gamma.

---

<sup>11</sup> Fuente: [http://www.sirem.es/index.php?page=Servicios\\_Convencionales](http://www.sirem.es/index.php?page=Servicios_Convencionales)

Los rayos X son radiaciones electromagnéticas cuya longitud de onda va desde 10 nm hasta 0,001 nm. (nm=nanómetro). Cuanto menor es la longitud de onda de los rayos X, mayores son su energía y poder de penetración. Los rayos de mayor longitud de onda, cercanos a la banda ultravioleta del espectro electromagnético, se conocen como rayos X blandos; los de menor longitud de onda, que están más próximos a la zona de rayos gamma o incluso se solapan con ésta, se denominan rayos X duros.

Los rayos X formados por una mezcla de muchas longitudes de onda diferentes se conocen como rayos X “blancos” para diferenciarlos de los rayos X monocromáticos, que tienen una única longitud de onda. Tanto la luz visible como los rayos X se producen a raíz de las transiciones de los electrones atómicos de una órbita a otra. La luz visible corresponde a transiciones de electrones externos y los rayos X a transiciones de electrones internos.

Los rayos gamma, cuyos efectos son similares a los de los rayos X, se producen por transiciones de energía en el interior de núcleos excitados.

Los rayos X se producen siempre que se bombardea un objeto material con electrones de alta velocidad. Gran parte de la energía de los electrones se pierde en forma de calor; el resto produce rayos X al provocar cambios en los átomos del blanco como resultado del impacto. Los rayos X emitidos no pueden tener una energía mayor que la energía cinética de los electrones que los producen.

La radiación emitida no es monocromática, sino que se compone de una amplia gama de longitudes de onda, con un marcado límite inferior que corresponde a la energía máxima de los electrones empleados para el bombardeo. Los rayos gamma son radiación electromagnética de alta energía asociada a la radiactividad.

Radiactividad es la desintegración espontánea de núcleos atómicos mediante la emisión de partículas subatómicas llamadas partículas alfa y partículas beta, que son casi 100 veces más penetrantes.

En experimentos se sometieron las emisiones radiactivas a campos eléctricos y magnéticos, y estas pruebas pusieron de manifiesto la presencia de un tercer componente, los rayos gamma, que resultaron ser mucho más penetrantes que las partículas beta. En un campo eléctrico, la trayectoria de las partículas beta se desvía mucho hacia el polo positivo, mientras que la de las partículas alfa lo hace en menor medida hacia el polo negativo; los rayos gamma no son desviados en absoluto. Esto indica que las partículas beta tienen carga negativa, las partículas alfa tienen carga positiva, se desvían menos porque son más pesadas que las partículas beta y los rayos gamma son eléctricamente neutros. Las emisiones alfa y beta suelen ir asociadas con la emisión gamma. Los rayos gamma no poseen carga ni masa; por tanto, la emisión de rayos gamma por parte de un núcleo no conlleva cambios en su estructura, sino simplemente la pérdida de una determinada cantidad de energía radiante.



Figura 2. 9 Radiografía industrial <sup>12</sup>

#### 2.6.4.2.6 Termografía Infrarroja Industrial

La Termografía Infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión. La Física permite convertir las mediciones de la radiación infrarroja en medición de temperatura, esto se logra midiendo la radiación emitida en la porción infrarroja del espectro electromagnético desde la superficie del objeto, convirtiendo estas mediciones en señales eléctricas.

---

<sup>12</sup> Fuente: <http://www.ingenieriaalvarezbuyla.com/MarcoCentrConrCal.htm>

Los ojos humanos no son sensibles a la radiación infrarroja emitida por un objeto, pero las cámaras termográficas, o de termovisión, son capaces de medir la energía con sensores infrarrojos, capacitados para "ver" en estas longitudes de onda. Esto nos permite medir la energía radiante emitida por objetos y, por consiguiente, determinar la temperatura de la superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto.

La radiación infrarroja es la señal de entrada que la cámara termográfica necesita para generar una imagen de un espectro de colores, en el que cada uno de los colores, según una escala determinada, significa una temperatura distinta, de manera que la temperatura medida más elevada aparece en color blanco. La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial, ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con un sistema de termovisión.

Mediante la implementación de programas de inspecciones termográficas en instalaciones, maquinaria, circuitos eléctricos, etc. es posible minimizar el riesgo de una falla de equipos y sus consecuencias, a la vez que también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas. El análisis mediante termografía infrarroja debe complementarse con otras técnicas y sistemas de ensayo conocidos.

El análisis mediante Cámaras Termográficas Infrarrojas, está recomendado para:

- Instalaciones y líneas eléctricas de Alta y Baja Tensión.
- Conexiones, bornes, transformadores, fusibles y empalmes eléctricos.
- Motores eléctricos, generadores.
- Reductores, frenos, rodamientos, acoplamientos y embragues mecánicos.
- Hornos, calderas e intercambiadores de calor.
- Instalaciones de Frío industrial y climatización.
- Líneas de producción, corte, prensado, forja, tratamientos térmicos.



**Figura 2. 10 Cámara Termográfica<sup>13</sup>**

#### *2.6.4.2.7 Ultrasonido Industrial*

La examinación por Ultrasonido Industrial (UT) se define como un procedimiento de inspección no destructiva de tipo mecánico, que se basa en la impedancia acústica característica de un material, la que se define como el producto de la velocidad de propagación del sonido por la densidad del material.

Los experimentos iniciales se basaron en la medición de la pérdida de la intensidad de la energía acústica al viajar en un material. Para tal procedimiento se requería del empleo de un emisor y un receptor de la onda ultrasónica.

Posteriormente, durante la Segunda Guerra Mundial, los ingenieros alemanes y soviéticos se dedicaron a desarrollar equipos de inspección ultrasónica para aplicaciones militares.

No fue sino hasta la década de 1940 cuando se logró desarrollar el primer equipo que empleaba un mismo palpador como emisor y receptor, basando su técnica de inspección en la propiedad característica del sonido para reflejarse al alcanzar una interfase acústica. Es así como nace la inspección de pulso eco; esta nueva opción permitió al ultrasonido superar las limitaciones técnicas de la radiografía,

---

<sup>13</sup> Fuente: [www.interempresas.net/FotosArtProductos](http://www.interempresas.net/FotosArtProductos)

ya que se podían inspeccionar piezas de gran espesor o de configuraciones geométricas complicadas.

Los equipos de ultrasonido que son empleados actualmente permiten detectar discontinuidades superficiales, subsuperficiales e internas, dependiendo del tipo de palpador utilizado y de las frecuencias que se seleccionen dentro de un ámbito de 0.25 hasta 25 MHz (MHz= Megahertzio).

Las ondas ultrasónicas son generadas por un cristal o un cerámico piezoeléctrico dentro del palpador; este elemento, que se denomina transductor, tiene la propiedad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa. Al ser excitado eléctricamente, y por el efecto piezoeléctrico, el transductor vibra a altas frecuencias, lo que genera ultrasonido, estas vibraciones son transmitidas al material que se desea inspeccionar. Durante el trayecto en el material, la intensidad de la energía sónica sufre una atenuación, que es proporcional a la distancia del recorrido.

Cuando el haz sónico alcanza la frontera del material, dicho haz es reflejado. Los ecos o reflexiones del sonido son recibidos por otro o por el mismo elemento piezoeléctrico y su señal es filtrada y amplificada para ser enviada a un osciloscopio de rayos catódicos, en donde la trayectoria del haz es indicada por las señales de la pantalla; también puede ser transmitida a un sistema de graficado, donde se obtiene un perfil acústico de la pieza en una pantalla digital, donde se leerá un valor o a una computadora, para el análisis matemático de la información lograda. En muchos aspectos la onda de ultrasonido es similar a las ondas de luz; ambas son ondas y obedecen a una ecuación general de onda. Antes de iniciar una inspección por ultrasonido, es necesario definir los siguientes parámetros, a fin de hacer una correcta selección del equipo de trabajo:

- Cuál es el tipo de discontinuidad que puede encontrarse.
- Que extensión y orientación puede tener en la pieza.
- Que tolerancias se pueden aplicar para aceptar o rechazar la indicación.

En la inspección de soldaduras se utiliza generalmente el método de pulso-eco en la presentación SCAN-A. Este sistema utiliza un tubo de rayos catódicos que muestra la información del ensayo.

Todas las normas exigen que el instrumento de inspección ultrasónica sea revisado y, en caso necesario, recalibrado por un taller de servicio autorizado por el fabricante. Este último punto es de vital importancia si se está trabajando bajo códigos o normas de aceptación internacional como AWS (American Welding Society), ANSI (American National for Standard Institute), ASME (American Society of Mechanical Engineers). A continuación se deben seleccionar el palpador y el cable coaxial a ser empleados. Los cables son del tipo coaxial para prevenir problemas de interferencia eléctrica y sus conexiones deben ser compatibles con las del instrumento y el palpador a emplear.

Los factores a ser tomados en cuenta para la selección de un palpador son:

- Número de cristales piezoeléctricos.
- El tipo de inspección (contacto, inmersión, alta temperatura).
- El diámetro del elemento piezoeléctrico.
- La frecuencia de emisión.
- En su caso, el ángulo de refracción.
- El tipo de banda.
- El tipo de protección antidesgaste.

Por lo común, las normas establecen las condiciones mínimas que deben cumplir los palpadores. En la inspección por ultrasonido se utiliza por lo general ondas longitudinales, haz recto u ondas transversales, haz angular. Las frecuencias más comúnmente utilizadas son de 1 a 5 MHz (MHz: Megahertzio) con haces de sonido o ángulos de 0°, 45°, 60° y 70°.

En la inspección con haz recto; el sonido transmitido perpendicularmente a la superficie de entrada del sonido. Utilizando un block de referencia el cual cuenta con una discontinuidad artificial o natural de tamaño conocido, es posible calibrar

el equipo y así calcular aproximadamente el tamaño de las discontinuidades detectadas.

Es frecuente su empleo para la medición de espesores, detección de zonas de corrosión, detección de defectos en piezas que han sido fundidas forjadas, roladas o soldadas; en las aplicaciones de nuevos materiales como son los metal cerámicos y los materiales compuestos, ha tenido una gran aceptación, por lo sencillo y fácil de aplicar como método de inspección para el control de calidad. Las nuevas tendencias indican que su campo de aplicación se mejorará con el apoyo de las computadoras para el análisis inmediato de la información obtenida.



Figura 2. 11 Inspección por Ultrasonido<sup>14</sup>

#### 2.6.4.3 Ventajas

- Presenta un excelente rendimiento en el tratamiento de fallas repetitivas.
- Permite contar con antecedentes de todos los parámetros que se realizan mediciones.
- La vida útil de las máquinas y/o equipos puede prolongarse considerablemente.
- El tiempo de disponibilidad de la máquinas y/o equipos se incrementa notablemente.

---

<sup>14</sup> Fuente: [http://www.sirem.es/index.php?page=Servicios\\_Convencionales](http://www.sirem.es/index.php?page=Servicios_Convencionales)

- La operación de mantenimiento se la realiza cuando las máquinas y/o equipos están en funcionamiento, de tal manera que no se hace necesario moverlos de su posición de trabajo, evitando de esta forma las paradas innecesarias y/o inesperadas.
- Es imperativo que el personal encargado del mantenimiento domine el proceso de producción de bienes o servicios.
- El número de mantenimientos correctivos y preventivos disminuyen notablemente, lo que genera un ahorro en el costo de las actividades de mantenimiento.

#### **2.6.4.4 Desventajas**

- Alta inversión inicial en equipos de medida y personal capacitado para el manejo de los mismos.
- Se debe destinar un personal a realizar la lectura periódica de datos, elevando los costos de mano de obra.
- El personal debe ser de elevado conocimiento técnico, esto quiere decir que inevitablemente se tendrá una elevación de los sueldos de estos funcionarios.
- La implantación está restringida a ciertas organizaciones para las cuales la relación costo - beneficio es atractiva, lo que solo ocurre en grandes empresas.

### **2.6.5 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

#### **2.6.5.1 Definición**

Es un moderno sistema gerencial de soporte al desarrollo de la industria que permite tener equipos de producción siempre listos. Su metodología, llevada a cabo por un buen número de técnicas de gestión, establece las estrategias adecuadas para el aumento continuo de la productividad, con miras a lograr afrontar con éxito y competitividad el proceso de globalización.

### **2.6.5.2 Ventajas**

- Mejora la calidad del personal: desde operadores hasta gerentes de línea.
- Extiende la eficiencia y el ciclo de vida de las máquinas y/o equipos.
- La imagen de la entidad hacia la sociedad en general productiva es un parámetro que se ven mejorados con la ejecución del Mantenimiento Productivo Total.
- Es aplicable a ámbitos muy disímiles entre sí como: construcción y mantenimiento de edificios, transporte, además de su aplicación a entidades productivas.
- El trabajo en equipo genera un verdadero compromiso de trabajo, que a su vez desemboca en un ambiente de trabajo agradable.

### **2.6.5.3 Desventajas**

- Requiere tiempo para capacitación, reuniones periódicas, en otras palabras, implica un costo extra para la organización
- El compromiso de la Gerencia, es clave para la implementación de este sistema, caso contrario los promotores del T.P.M.,(Mantenimiento Productivo Total por sus siglas en inglés) terminan criticados y hasta despedidos de sus empleos.
- Requiere de evaluaciones constantes, para observar el cambio programado.
- La colaboración por parte de los supervisores de producción es vital, los operarios requieren de toda la información técnica que estos posean.

## **2.6.6 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD.**

### **2.6.6.1 Definición**

Optimiza la implementación del Mantenimiento Preventivo, basado en la confiabilidad de los equipos.

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad R.C.M. por sus siglas en inglés es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado, que puede ser aplicado a cualquier tipo de instalación industrial, es principalmente útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de mantenimiento. Desarrollado por la empresa norteamericana United Airlines, el R.C.M. analiza cada sistema y cómo puede fallar funcionalmente.

Los efectos de cada falla son analizados y clasificados de acuerdo al impacto en la seguridad, operación y costo. Estas fallas son estimadas para tener un impacto significativo en la revisión posterior, para la determinación de las raíces de las causas.

La idea central del R.C.M. es que los esfuerzos de mantenimiento deben ser dirigidos a mantener la función que realizan los equipos más que los equipos mismos. Es la función desempeñada por una máquina o equipo lo que interesa desde el punto de vista productivo. Esto implica que no se debe buscar tener los equipos como si fueran nuevos, sino en condiciones suficientes para realizar adecuadamente su función.

También implica que se deben conocer con gran detalle las condiciones en que se realiza esta función y, sobre todo, las condiciones que la interrumpen o dificultan, éstas últimas son las fallas.

#### **2.6.6.2 Ventajas**

- Garantiza el funcionamiento seguro y confiable de máquinas y/o equipos.
- Reducciones de costos, directos e indirectos, porque mejora la calidad del programa de mantenimiento
- Satisface las normas de seguridad y medio ambiente.
- El R.C.M. incentiva la relación entre distintas áreas de la empresa, creando de esta manera un ambiente de compañerismo al interior de la organización.

- El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad mejora la eficiencia del sistema en el mantenimiento actual de una entidad productiva.

#### **2.6.6.3 Desventajas**

- El R.C.M. requiere un amplio conocimiento acerca de la fiabilidad y mantenibilidad del sistema y todos sus componentes.
- El personal de mantenimiento necesita un amplio conocimiento sobre la funcionalidad de cada elemento de las máquinas y/o equipos.
- Demanda el conocimiento de normas, las cuales especifican las exigencias que debe cumplir un proceso para poder ser denominado R.C.M.
- Necesita el apoyo de todos los recursos humanos involucrados en la entidad productiva, lo cual por lo general es difícil al principio.

## **2.7 GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO**

### **2.7.1 INTRODUCCIÓN**

Para la implementación de un programa de mantenimiento eficaz y duradero en el tiempo es necesaria una metodología diseñada de tal manera que permita obtener los resultados esperados por todo el personal involucrado en la ingeniería de mantenimiento.

Para el diseño de la metodología es necesario el concurso de todos los involucrados en el trabajo de mantenimiento.

### **2.7.2 DEFINICIÓN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Se entiende por gestión, a la práctica donde están involucradas las actitudes y aptitudes de todo el personal involucrado en la ingeniería de mantenimiento, para lograr que los propósitos se alcancen, de acuerdo a este antecedente la Gestión del Mantenimiento se define como todas las actividades que utilizan el tiempo y los recursos materiales y económicos para alcanzar los objetivos buscados por el programa de mantenimiento: confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad

generando productos de calidad o en su defecto brindar los servicios de más alta calidad como es el caso de HCAM.

El desarrollo de las metodologías requiere de tiempo para formular y responder a las interrogantes que cualquier entidad productiva o de servicio se plantea de acuerdo a sus productos o servicios ofertados, aunque cada organización requiere de interrogantes disímiles, sin embargo es posible plantear algunas que serán indispensables:

- ¿Qué estrategia de acción tomar?
- ¿Cómo distribuir los recursos?
- ¿Qué hace que una gestión sea efectiva y eficiente?
- ¿En qué momento hacer mantenimiento?
- ¿Cuándo hacer inspecciones?
- ¿Cuándo se debe planificar una parada de la planta?
- ¿Qué repuestos deben existir en bodega?
- ¿Qué cantidad de repuestos deben existir en bodega?
- ¿Dónde comprar los repuestos?

Estas son algunas de las interrogantes que se debe analizar, de este análisis se desprenden decisiones que en una organización marcarán el rumbo que tomará en el futuro, el error en la valoración de una de estas puede encaminar a consecuencias tristes, debido a que obviamente se trata de pérdida de grandes cantidades de dinero, tiempo, credibilidad entre otros factores.

La gestión moderna pretende cambiar los métodos antiguos de administración de mantenimiento, con el fin de implantar un proceso de gestión integral, para lo cual se necesita de la intervención de otros procesos gerenciales, que busquen alcanzar las metas propuestas, de forma sistemática y ágil, para la satisfacción de las necesidades de los clientes.

Para la definición del alcance de la gestión de mantenimiento, se debe tomar en cuenta la existencia de ciertas variables intrínsecas a cada organización como por

ejemplo: tipo de instalación, el grado de tecnificación y automatización, capacidad del personal, el estado de las máquinas y/o equipos, los recursos disponibles.

La aplicación de estrategias gerenciales modernas, a su vez requiere del concurso de herramientas tecnológicas como por ejemplo: paquetes de software para el tratamiento estadístico de datos, administración de grupos humanos.

## **2.8 PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

### **2.8.1 INTRODUCCIÓN**

En la actualidad se hace imprescindible la planificación del tiempo para la realización de las actividades diarias personales, cuando se trata de actividades tan sensibles como son las de mantenimiento, la planificación no puede ser ignorada sino que más bien se debe darle la importancia que se merece, en un programa de mantenimiento eficaz las actividades no pueden ser improvisadas.

### **2.8.2 DEFINICIÓN**

La planificación de mantenimiento, se define como la descomposición de un objetivo principal el cual es alcanzable en el mediano o largo plazo en objetivos parciales y metas, que se deben cumplir en plazos inmediatos que coadyuven a la consecución del objetivo principal.

Esencialmente en la actualidad la planeación del mantenimiento es un conjunto de actividades mutuamente concatenadas o que interactúan entre sí, las cuales transforman a los elementos de entrada en elementos de salida o resultados como en un bloque de proceso que se utiliza en la dinámica de sistemas, por lo cual se puede decir que en realidad es un PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO.

### **2.8.3 MÉTODO DE PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

### **2.8.3.1 Análisis del personal de mantenimiento**

Para una planificación adecuada es necesario tomar en cuenta la actitud y aptitud de los operarios de mantenimiento, debido a que en ellos descansa una enorme responsabilidad que es llevar a cabo en última instancia las actividades que eventualmente serán las que hagan alcanzar o no los objetivos planteados.

La resistencia al cambio es una ley natural que no solo se aplica a los cuerpos en movimiento (ley de inercia) sino que también a la psicología de las personas, cualquier intento venga de donde venga por cambiar los protocolos de actividades causará una reticencia en especial de los operarios más antiguos por lo que se debe trabajar en conjunto con la administración de recursos humanos para lograr el cambio, además de la psicología industrial se necesitará de la legislación acerca del trabajo:

- Código del Trabajo
- Reglamento de Higiene, Seguridad y Medio Ambiente del Trabajo
- Reglamentación Interna
- Organigrama Estructural de funciones

### **2.8.3.2 Inventario y Codificación**

Antes de emprender en la laboriosa actividad de planificar las actividades es requisito imprescindible conocer de antemano el tipo y cantidad de los equipos y maquinaria de que dispone una organización para ello se necesita realizar un inventario, que es la recopilación cuantitativa más no cualitativa de equipos y máquinas.

La codificación es una herramienta útil que permite ordenar a los equipos por zonas, tipo, grupos, etc. Que permiten un manejo sistemático de la información por parte del personal de mantenimiento.

La realización de la codificación es diferente para cada organización debido a las diferencias que existen entre una organización y otra por lo cual no se sigue un procedimiento estándar para la codificación, cada organización definirá la forma más conveniente de codificación.

### **2.8.3.3 Recopilación de Información Prioritaria**

La recopilación y adecuado archivo de información prioritaria es una actividad esencial para la planificación del mantenimiento debido a la importancia de los datos que estos pueden proporcionar, esta información puede ser:

- Catálogos de máquinas y/o equipos
- Planos de la planta en general
- Manual de operación de máquinas y/o equipos
- Catálogos de piezas y partes de máquinas y/o equipos
- Manuales técnicos
- Diagramas de operaciones de las máquinas y/o equipos
- Documentos técnicos
- Reportes estadísticos
- Cualquier información técnica de interés

Si la información no está al alcance de la mano se debe seguir algunos pasos que de alguna u otra manera permitan obtener esta información muy necesaria entre otros se puede hacer:

- Solicitud al Departamento de compras las facturas, donde se encontrará direcciones de los vendedores, representantes o distribuidores para solicitar la información requerida.
- Pedir la información a fabricante, a través de internet.

- Si la empresa fabricante ha desaparecido, es factible encontrar a alguna empresa o persona que alguna vez brindó servicios de mantenimiento o vendió repuestos.
- El conocimiento de la procedencia de la empresa fabricante, es de trascendental importancia, ya que la embajada del país de donde es la empresa fabricante puede brindar ayuda muy útil.

#### **2.8.3.4 Creación del Libro de Bitácora**

Mediante la creación de este libro de bitácora se logra la recolección de información que permite la retroalimentación del proceso de planificación del mantenimiento con el objeto de mejorar.

Este libro de bitácora deberá tener un formato que permita obtener información en forma compacta y precisa a acerca del tipo de actividades de mantenimiento, horas-hombre empleadas en la realización de una determinada actividad de mantenimiento, operario u operarios que realizaron dicha actividad, personal que supervisó el trabajo, herramientas y repuestos utilizados, diagnóstico y tratamiento de la avería.

#### **2.8.3.5 Hoja de Recopilación de datos**

Estos son formatos elaborados por los encargados de la administración de mantenimiento y llenados por los operarios, estas hojas de recopilación de datos son algo parecido a una historia clínica de una máquina o equipo, en estas hojas se refleja el historial de intervenciones en la máquina.

### 2.8.3.6 Empleo de herramientas estadísticas y de gestión de mantenimiento

La aplicación de herramientas estadísticas y de gestión de mantenimiento son muy importantes en el proceso de planificación y posterior retroalimentación del mismo, estas herramientas que son relativamente nuevas son muy poderosas para la ingeniería de mantenimiento. A continuación se detalla algunas de las herramientas más utilizadas en la ingeniería de mantenimiento.

#### 2.8.3.6.1 Histograma

Es una representación gráfica de la distribución de un conjunto de medidas, es un tipo especial de gráfico de barras que despliega la variabilidad dentro de un proceso. Un histograma toma datos que son variables que pueden ser: (temperaturas, presiones, densidades, fallas, etc.). A través del análisis de los patrones que se representan en el gráfico de barras se toman decisiones acerca de los procesos en cuestión.



Figura 2. 12 Ejemplo de Histograma <sup>15</sup>

#### 2.8.3.6.2 Diagrama de Pareto

El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Joseph Juran en honor del economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923), quien realizó un estudio sobre la riqueza y la pobreza. Descubrió que el 20% de las personas controlaba el 80% de la riqueza en Italia. Pareto observó muchas otras distribuciones similares en su estudio aplicadas a otras áreas

<sup>15</sup> Fuente: <http://www.ongconcalidad.org/histogr.pdf>

A principios de los años 50, el Dr. Joseph Juran descubrió la evidencia para la regla de "80-20" en una gran variedad de situaciones. En particular, el fenómeno parecía existir sin excepción en problemas relacionados con la calidad.

Por lo tanto, el Análisis de Pareto es una técnica que separa los "pocos vitales" de los "muchos triviales". Un diagrama de Pareto es utilizado para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema desde los triviales de manera que un equipo de trabajo sepa dónde dirigir sus esfuerzos para mejorar.

El Diagrama de Pareto consiste en un gráfico de barras similar al histograma que se conjuga con curva de tipo creciente y que representa en forma decreciente el grado de importancia que tienen los diferentes factores que afectan a un proceso u operación. Los campos de aplicación del análisis mediante el diagrama de Pareto son muy amplios, se utiliza:

- Al identificar y analizar un producto o servicio para mejorar la calidad.
- Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problemas o causas de una forma sistemática.
- Al analizar las diferentes agrupaciones de datos (ejemplo: por producto, por segmento del mercado, área geográfica, etc.).
- Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.
- Al evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso (antes y después).

Al igual que el histograma esta es una representación gráfica que permite la visualización de la distribución de un conjunto de datos, en el caso de mantenimiento permite la visualización de la frecuencia con la que ocurren ciertas averías, sin embargo este presenta la ventaja de que divide a los problemas más importantes de los menos importantes.

En la figura 2.13 se muestra un ejemplo de Diagrama de Pareto en el cual una empresa de confección de ropa de cuero ha detectado que las devoluciones por falta de calidad han aumentado.

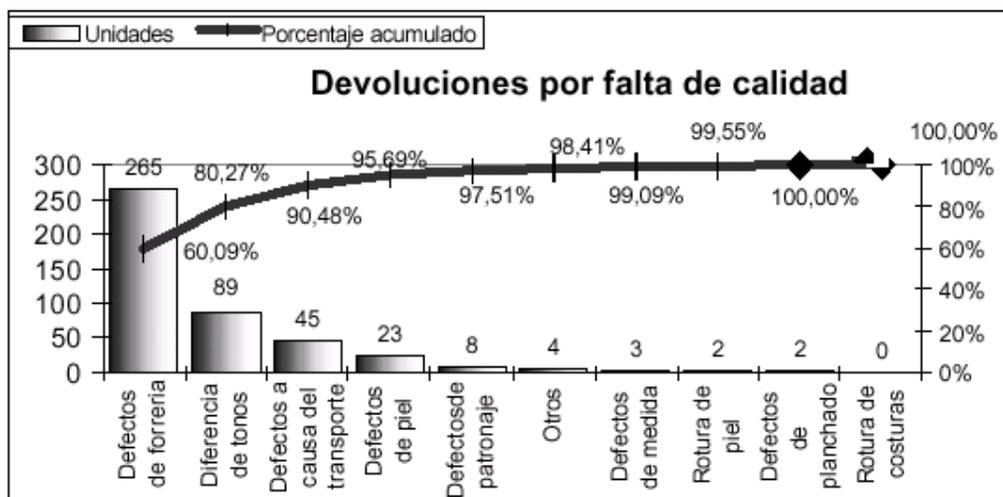


Figura 2. 13 Ejemplo de Diagrama de Pareto<sup>16</sup>

#### 2.8.3.6.3 Diagrama de La Espina de Pescado

También conocido con el diagrama de Ishikawa o diagrama causa-efecto, esta es una herramienta de gestión desarrollada primeramente en Japón y luego extendida por el resto del mundo, este diagrama busca descubrir cual o cuales son las causas que provocan los problemas (efectos), para la realización de este diagrama se requiere de la participación de todo el personal que labora en la organización a través de un proceso sistemático de investigación.

Tiene la ventaja que permite visualizar de una manera muy rápida y clara, la relación que tiene cada una de las causas con las demás razones que inciden en el origen del problema. En algunas ocasiones las causas son independientes y en otras existe una íntima relación entre ellas, las que pueden estar actuando en cadena.

<sup>16</sup> Fuente: [http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/tqm/4\\_herramientas/4\\_herramientas.htm](http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/tqm/4_herramientas/4_herramientas.htm)

Gráficamente está constituido por un eje central horizontal que es conocido como “línea principal o espina central”. Posee varias flechas inclinadas que se extienden hasta el eje central, al cual llegan desde su parte inferior y superior, según el lugar donde se haya colocado el problema que se estuviera analizando o descomponiendo en sus propias causas o razones. Cada una de ellas representa un grupo de causas que inciden en la existencia del problema. Cada una de estas flechas a su vez son tocadas por flechas de menor tamaño que representan las “causas secundarias” de cada “causa” o “grupo de causas del problema”.

El Diagrama que se efectúe debe tener muy claramente escrito el nombre del problema analizado, la fecha de ejecución, el área de la empresa a la cual pertenece el problema y se puede inclusive colocar información complementaria como puede ser el nombre de quienes lo hayan ejecutado.

El diagrama Causa- Efecto es una forma sistemática de ordenar todas las causas que supuestamente pueden contribuir a un determinado efecto.

Es importante entender que los diagramas de causa-efecto presentan y organizan teorías acerca de las causas de un determinado problema. Sólo cuando estas teorías son contrastadas con datos se concluye que el diagrama es correcto.

No se debe empezar a construir el diagrama sin antes analizar profundamente y globalmente la sintomatología de los problemas, debido a que se corre el riesgo de involuntariamente enmascarar las verdaderas causas de un determinado problema.

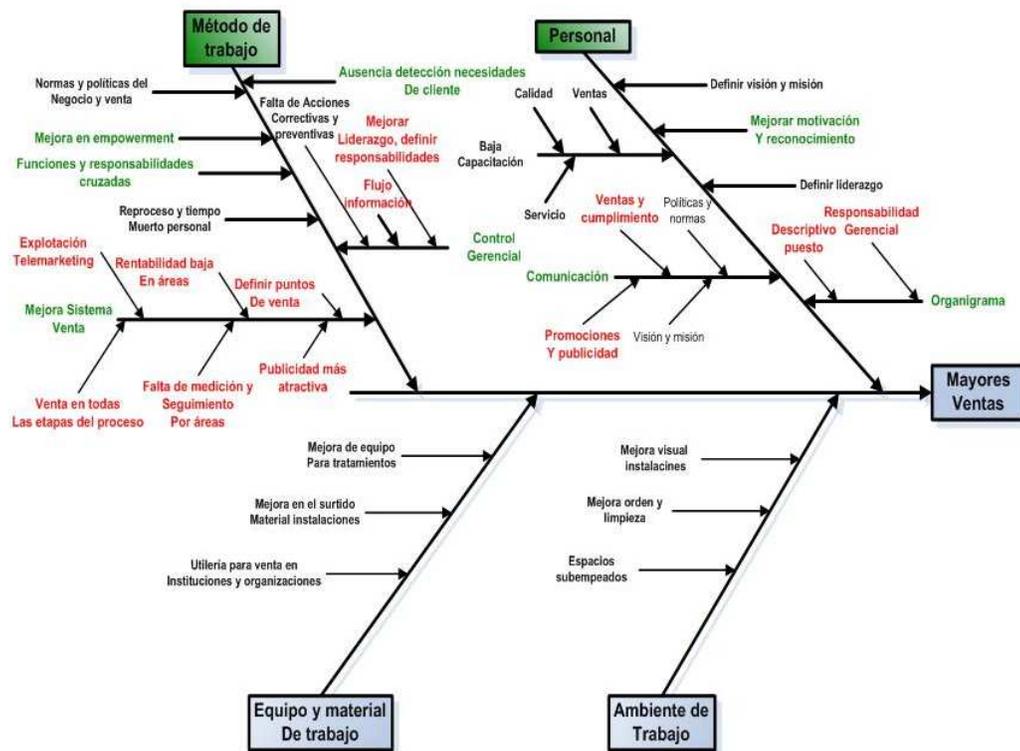


Figura 2. 14 Ejemplo de Diagrama de Espina de Pescado <sup>17</sup>

#### 2.8.3.6.4 Las 9S para el Mantenimiento

Las 9S busca la creación de hábitos de buenas prácticas productivas; el involucramiento de los altos mandos de la organización para la ejecución de esta herramienta es indispensable.

Las 9S buscan el mejor comportamiento de las personas en el entorno del trabajo, en cuanto se refiere a limpieza del lugar de trabajo, orden, aseo, autodisciplina, trabajo en equipo, calidad de los trabajos realizados.

<sup>17</sup> Fuente: <http://www.consultoriaenoperacion.com.mx/Diagrama%20Ishikawa.jpg>

Las 9S se describen en los párrafos siguientes:

### **Seir** (Ordenar o Clasificar)

Se refiere a ordenar por clases, tamaños, tipos, categorías e inclusive frecuencia de uso, es decir a ajustar el espacio disponible. Los beneficios de esta acción son muchos y muy variados ya que quedan áreas disponibles (cajones, espacios, etc.), se deshace la persona de artículos y papelería obsoleta para hacer más cómodo el espacio vital, se eliminan despilfarros y pérdidas de tiempo.

Para clasificar es necesario emprender las siguientes acciones:

- Identificar aquello que es o no necesario de acuerdo al EL QUE (artículo u objetos) y a su frecuencia de uso.
- Separar lo que es innecesario, excesivo, adicional de lo que es útil, adecuado y simple, y decidir lo que se puede almacenar, desplazar, vender, reciclar, regalar, o enviar a la basura.
- Reducir los objetos utensilios y materiales de poca rotación y uso por medio de la reubicación en almacenes específicos, dejando libertad de movimiento (despejando pasillos, cajones, escritorios, alacenas, etc.). Este punto nos invita a quedarnos sólo con lo mínimo indispensable.

### **Seiton** (Organizar o Limpiar)

Significa eliminar todo aquello que está de más y que no tiene importancia para el trabajo, arreglar las cosas eficientemente de forma que se pueda obtener lo que se necesita en el menor tiempo posible.

### **Seiso** (Limpieza o Pulcritud)

Significa desarrollar el hábito de observar y estar siempre pensando en el orden y la limpieza en el área de trabajo, de la maquinaria y herramientas que se utilizan.

No se limita a barrer y trapear sino que está enfocado a usar uniformes blancos, pintar de colores claros.

Mantener los manuales de operación y/o programas de trabajo en buen estado.

Mantener limpios y en buen estado los equipos y las instalaciones.

Idear formas que permitan recuperar los desechos de los equipos y mobiliarios.

### **Seiketsu** (Bienestar Personal o Equilibrio)

El emprender sistemáticamente las primeras TRES "S", brinda la posibilidad de pensar que éstas no se pueden aislar, sino que los esfuerzos deben darse en forma conjunta, pero para lograr esto en el trabajo es importante también que la persona esté en un estado "ordenado", lo que significa que hay una sinergia entre lo que se hace y como se siente la persona.

### **Shitsuke** (Disciplina)

Esta acción es la que quizá represente mayor esfuerzo, ya que es puntal del cambio de hábitos, la disciplina implica el apego de procedimientos establecidos, a lo que se considera como bueno, noble y honesto; cuando una persona se apega al orden y al control de sus actos está acudiendo a la prudencia, y la inteligencia en su comportamiento se transforma en un generador de calidad y confianza.

### **Shikari** (Constancia)

Preservar en los buenos hábitos es aspirar a la justicia, en este sentido practicar constantemente los buenos hábitos es justo con uno mismo y lo que provoca que otras personas tiendan a ser justos con uno, la constancia es voluntad en acción y no sucumbir ante las tentaciones de lo habitual y lo mediocre. Hoy se requieren de personas que no claudiquen en su hacer bien (eficiencia) y en su propósito (eficacia).

**Shitsukoku** (Compromiso)

Esta acción significa ir hasta el final de las tareas, es cumplir responsablemente con la obligación contraída, sin voltear para atrás, el compromiso es el último elemento de la trilogía que conduce a la armonía (disciplina, constancia y compromiso)

**Seishoo** (Coordinación)

Las metas se alcanzan con y para un fin determinado, el cual debe ser útil para nuestros semejantes, por eso los humanos somos seres interdependientes, nos necesitamos.

Para lograr un ambiente de trabajo de calidad se requiere unidad de propósito, armonía en el ritmo y en los tiempos.

**Seido** (Estandarización)

Para no perderse es necesario poner señales, ello significa en el lenguaje empresarial un final por medio de normas y procedimientos con la finalidad de no dispersar los esfuerzos individuales y de generar calidad.

Para implementar estos nueve principios, es necesario planear siempre considerando a la gente, desarrollar las acciones pertinentes, revisar paso a paso las actividades comprendidas y comprometerse con el mejoramiento continuo.

Implementar estas acciones representa un camino arduo y largo, pero que con la suficiente buena voluntad y compromiso se logrará implementar estas acciones que brindarán enormes beneficios para la organización.

#### *2.8.3.6.5 Las Seis Sigma para El Mantenimiento*

El objetivo buscado por esta herramienta es la resolución de los problemas que afrontan las organizaciones en la implantación de la gestión de la calidad, emplea las herramientas estadística disponibles y se adapta perfectamente con la cultura organizacional occidental la cual es una estructura vertical en la cual los altos ejecutivos ejercen fuerte influencia sobre el resto de los miembros de la empresa.

Originalmente diseñada y utilizada por la firma Motorola, se ha convertido en una nueva filosofía administrativa con amplia divulgación mundial. Las Seis Sigma es un parámetro cuya base principal es la desviación estándar (sigma) y su enfoque es reducir la variación y/o defectos en lo que hacemos.

El principal planteamiento lo podemos encontrar cuando consideramos la variación de un proceso, con una fluctuación entre más 6 sigma y Menos 6 sigma del valor promedio, la probabilidad de que se salga del valor especificado es de 3.4 partes por millón.

Las Seis Sigma sirven como parámetro de comparación común entre compañías iguales o diferentes e inclusive entre departamentos de una empresa, tan diferentes como compras, cuentas por cobrar, mantenimiento, ingeniería, producción, recursos humanos etc.

Es una filosofía que busca obtener mejores resultados (productos, servicios), por medio de procesos robustos que permitan reducir los defectos y los errores. Se podría considerar como una metodología de pasos, por medio de herramientas probadas para la solución de problemas.

El concepto de las Seis Sigma ayuda a conocer y comprender los procesos, de tal manera que puedan ser modificados al punto de reducir el desperdicio generado en ellos. Esto se verá reflejado en la reducción de los costos de hacer las cosas, a la vez que permite asegurar que el precio de los productos o servicios sean

competitivos, no mediante la reducción de ganancias o reducción de los costos de hacer bien las cosas, sino de la eliminación de los costos asociados con los errores o desperdicios.

Las Seis Sigma provee una medición común, así como objetivos comunes, a la vez que inculca una visión común y sobre todo promueve el trabajo en equipo. Adicionalmente combina objetivos agresivos con un método y un conjunto de herramientas, que se aplican a través de todo el ciclo de vida del proceso o servicio.

Existe una alta correlación entre le mejora del tiempo de ciclo y la reducción de defectos y costos. Muchas empresas utilizan el concepto de Seis Sigma para establecer un parámetro de negociación durante los procesos de negociación Cliente – Proveedor Interno.

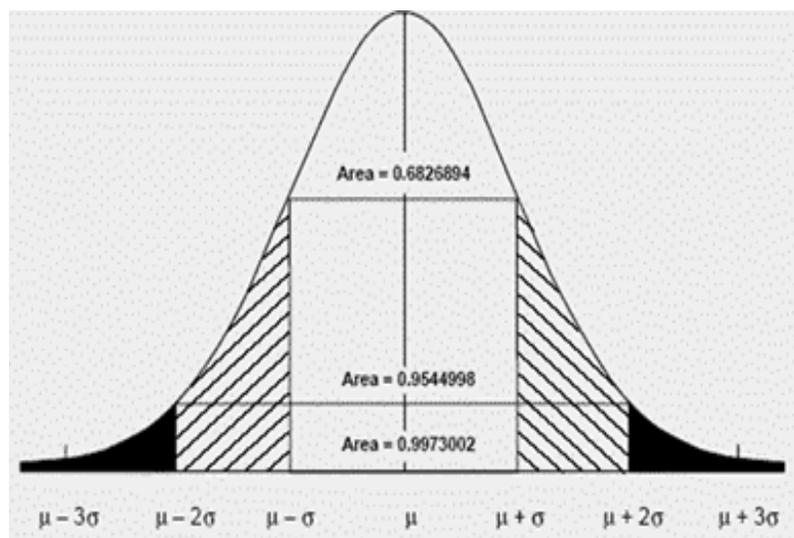


Figura 2. 15 Valor promedio y desviación estándar <sup>18</sup>

<sup>18</sup> Fuente: [http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_industrial/conceptodeseisigma/](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/conceptodeseisigma/)

#### *2.8.3.6.6 Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)*

El Análisis Modal de Fallos y Efectos permite de una forma sistemática, asegurar el análisis de todas las fallas funcionales en un activo productivo, AMFE permite identificar las variables significativas, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección para determinar y establecer las acciones correctivas necesarias que eviten el fallo, o la detección del mismo.

## **2.9 COSTOS DE MANTENIMIENTO**

El mantenimiento es un componente de la estructura de costos de una organización que produce bienes o servicios por lo que los precios de los productos o servicios ofertados están afectados por los costos de mantenimiento por lo cual este factor debe ser tomado en cuenta en la elaboración de los programas de mantenimiento.

### **2.9.1 COSTOS FIJOS**

Los costos fijos son aquellos que no dependen del volumen de productos y servicios ofertados a la sociedad sino que son los costos relacionados con el desenvolvimiento normal de la organización, algunos rubros que son considerados como fijos son:

- Personal Administrativo
- Personal de Limpieza
- Mano de Obra Indirecta
- Amortizaciones
- Alquileres
- Servicios básicos
- Compra de insumos

### **2.9.2 COSTOS VARIABLES**

Como su nombre lo indica son costos que varían en el tiempo y están relacionados proporcionalmente con el volumen de productos y servicios ofertados, la cuantificación de estos costos es difícil debido a su característica variable, dentro de estos costos las operaciones de mantenimiento correctivo contribuyen de forma significativa.

La diferenciación entre costos fijos y costos variables es muy compleja de realizar y depende de las características de cada organización, un determinado rubro puede considerarse un costo fijo hasta un cierto límite pero cuando se pasa este límite ya se lo considera costo variable.

Cada organización debe tener su propia metodología de asignación de costos, ya sean fijos o variables, esta clasificación es muy importante a la hora de elaborar los presupuestos.

### **2.9.3 COSTOS DE CAPITAL**

Son rubros financieros, que se presentan por concepto de:

- Repuestos
- Bodegaje
- Amortizaciones de maquinaria
- Amortizaciones de edificios,
- Amortizaciones de instalaciones,
- Pago de préstamos, entre otros.

### **2.9.4 COSTOS DE FALLA**

Son aquellos rubros que están directamente relacionados con los costos por productos o servicios ofertados de mala calidad que traen consigo consecuencias indeseables como reprocesos en el caso de la producción de bienes o garantías por un servicio que no está de acuerdo a las expectativas de los clientes.

## **2.9.5 COSTOS TOTALES DE MANTENIMIENTO**

La suma de todos los costos descritos en los párrafos anteriores representa los costos totales por concepto de mantenimiento.

Conforme las estrategias de mantenimiento han ido evolucionando a través del tiempo la concepción de que el costo de mantenimiento es un gasto ha ido paulatinamente cambiando para ser considerado en la actualidad como una inversión a largo y mediano plazo.

## **2.10 EXIGENCIAS HOSPITALARIAS**

### **2.10.1 FUNCIONAMIENTO**

El requerimiento fundamental del hospital “Carlos Andrade Marín” es que debe funcionar las veinticuatro horas del día los trescientos sesenta y cinco días del año.

### **2.10.2 EQUIPAMIENTO**

El equipamiento del hospital objeto del presente proyecto es el correspondiente al centro de energía.

### **2.10.3 RECURSOS ECONÓMICOS**

Una vez más es necesario hacer hincapié en que el hospital “Carlos Andrade Marín” es una institución pública por lo que los recursos económicos siempre serán limitados.

## **CAPÍTULO 3**

### **EQUIPAMIENTO DEL CENTRO DE ENERGÍA DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

El hospital Carlos Andrade Marín en cuanto a equipamiento en el Centro de Energía cuenta con diversas máquinas y/o equipos a los que se les detallará en el presente capítulo, ya que es indispensable conocer sus características técnicas para su posterior análisis, conocer la cantidad, tipo y localización de los equipos con los que cuenta el HCAM, identificar a los fabricantes, establecer el estado actual de funcionamiento de cada máquina y/o equipo ya que la mayoría de ellas han venido trabajando por varios años, razón por la cual el previo conocimiento de estas características nos llevarán a la correcta ejecución de un programa de mantenimiento.

#### **3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS Y SU FUNCIONAMIENTO**

##### **3.2.1 SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE**

Este sistema consta de tres bombas centrifugas que están instaladas en paralelo todas estas están conectadas a un distribuidor, al mismo tiempo están conectadas a un tablero electrónico de control, las bombas trabajan con un variador de velocidad cuyo objetivo es mantener la presión constante del sistema hidráulico del hospital. Si la presión disminuye las bombas aumentan su velocidad y funcionan mas bombas es decir trabajan según la demanda diaria, en un determinado momento pueden funcionar todas las bombas centrifugas, además si en este sistema de presión constante fallaran las tres bombas principales, existen tres bombas antiguas las mismas que se las utilizara en caso de emergencia.

El sistema de presión constante consta de los siguientes equipos:

- Tres Bombas centrífugas:

Tabla 3. 1 Características de las bombas centrífugas

<b>BOMBA 1</b>	<b>MOTOR:</b>
<b>Marca: PACO PUMPS</b> <b>Modelo: 91908798</b> <b>Serie: 197101858110 A</b> <b>GPM 125</b>	<b>Marca: BALDOR</b> <b>Modelo: JMM4106T</b> <b>Serie: 07H389W372</b> <b>Potencia: 20 HP</b> <b>Voltaje: 208-230/240 V</b> <b>Amperaje: 50.1-46/23 A</b> <b>R.P.M.: 3500</b> <b>Frecuencia: 60Hz</b> <b>Fases: 3</b>
<b>BOMBA 2</b>	<b>MOTOR:</b>
<b>Marca: PACO PUMPS</b> <b>Modelo: 91908798</b> <b>Serie: 197101858110 B</b> <b>GPM 250</b>	<b>Marca: BALDOR</b> <b>Modelo: JMM4108T</b> <b>Serie: 09F823Y353</b> <b>Potencia: 30 HP</b> <b>Voltaje: 230/460 V</b> <b>Amperaje: 68/34 A</b> <b>R.P.M. 3510</b> <b>Frecuencia: 60Hz</b> <b>Fases: 3</b>
<b>BOMBA 3</b>	<b>MOTOR:</b>
<b>Marca: PACO PUMPS</b> <b>Modelo: 91908798</b> <b>Serie: 197101858110 C</b> <b>GPM 250</b>	<b>Marca: BALDOR</b> <b>Modelo: JMM4108T</b> <b>Serie: -</b> <b>Potencia: 30HP</b> <b>Voltaje: 230/460 V</b> <b>Amperaje: 68/34 A</b> <b>R.P.M. 3510</b> <b>Frecuencia: 60 Hz</b> <b>Fases: 3</b>

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

- Tablero de control electrónico de presión constante
- Cada bomba consta con un control de temperatura
- Presión nominal de trabajo del sistema es de 100 PSI

- Tres Bombas centrífugas de emergencia.

Tabla 3. 2 Características de las bombas centrífugas de emergencia

<b>BOMBA 1</b>	<b>MOTOR:</b>
<b>Marca: GOULDS PUMPS</b> <b>Modelo: 3656</b> <b>Serie: 7BF1Q2A0</b> <b>Tamaño: 2 ½ 5-8</b>	<b>Marca: BALDOR</b> <b>Modelo: YMM2534T</b> <b>Serie: 39N09OW883141</b> <b>Potencia: 30 HP</b> <b>Voltaje: 230/460 V</b> <b>Amperaje: 70/35 A</b> <b>R.P.M.: 3510</b> <b>Frecuencia: 60Hz</b> <b>Fases: 3</b>
<b>BOMBA 2</b>	<b>MOTOR:</b>
<b>Marca: GOULDS PUMPS</b> <b>Modelo: 3656</b> <b>Serie: 7BF12135</b> <b>Tamaño: 2 ½ 3-8</b>	<b>Marca: BALDOR</b> <b>Modelo: YMM2534T</b> <b>Serie: 39N09OW883H1</b> <b>Potencia: 30 HP</b> <b>Voltaje: 230/460 V</b> <b>Amperaje: 70/35 A</b> <b>R.P.M.: 3510</b> <b>Frecuencia: 60Hz</b> <b>Fases: 3</b>
<b>BOMBA 3</b>	<b>MOTOR:</b>
<b>Marca: GOULDS PUMPS</b> <b>Modelo: 3656</b> <b>Serie: 7BF1Q2A0</b> <b>Tamaño: 2 ½ 3-8</b>	<b>Marca: BALDOR</b> <b>Modelo: JMM2534T</b> <b>Serie: 39N09014883141</b> <b>Potencia: 30HP</b> <b>Voltaje: 230/460 V</b> <b>Amperaje: 70/35 A</b> <b>R.P.M. 3150</b> <b>Frecuencia: 60 Hz</b> <b>Fases: 3</b>

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

### 3.2.2 SISTEMA CONTRA INCENDIOS

En este sistema se mantiene la presión constante de la tubería general del hospital a 90 PSI a través de la bomba tipo Jokey, al producirse el incendio se accionan las mangueras contra incendios se interrumpe la energía eléctrica y funciona la bomba contra incendios la misma que esta accionada por un motor eléctrico a este lo respalda un generador.

El sistema contra incendios consta con los siguientes equipos:

- Bomba contra incendios: CENTRIFUGAL FIRE PUMP.

**Tabla 3. 3 Características de la bomba contra incendios.**

<b>BOMBA</b>		<b>MOTOR</b>	
<b>Marca:</b>	<b>PATTERSON</b>	<b>Marca:</b>	<b>JP/JM</b>
<b>Serie:</b>	<b>FP-CO51892</b>	<b>Potencia:</b>	<b>75 KW</b>
<b>Tamaño:</b>	<b>4 X 3 X11</b>	<b>R.P.M.</b>	<b>3555</b>
<b>Max potencia:</b>	<b>59.3 BHP</b>	<b>Frecuencia:</b>	<b>60 Hz</b>
<b>Max suc.:</b>	<b>157 PSI</b>	<b>Voltaje:</b>	<b>208-230/460</b>
<b>G.P.M.:</b>	<b>300</b>	<b>Amperaje:</b>	<b>167/83 A</b>
<b>R.P.M.:</b>	<b>3580</b>		
<b>PSIG:</b>	<b>155</b>		
<b>MAX PSIG</b>	<b>168</b>		

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

- Tablero de control de bomba contra incendios FIRETROL.
- Tablero de control bomba tipo JOKEY PATTERSON.
- Bomba tipo JOKEY y motor.

**Tabla 3. 4 Características de la bomba tipo JOKEY.**

<b>BOMBA TIPO JOCKEY</b>	<b>MOTOR</b>	
<b>Marca: PATTERSON</b>	<b>Marca: FRANKLIN ELECTRIC</b>	
<b>Modelo: T51EBE</b>	<b>Modelo: 1303017103</b>	
<b>Serie: BSH 944891</b>	<b>Serie: 1254-51-ODP</b>	
	<b>Frecuencia: 60Hz</b>	<b>Frecuencia: 50Hz</b>
	<b>Potencia: 1.6</b>	<b>Potencia: 1.5</b>
	<b>R.P.M.: 3450</b>	<b>R.P.M.: 2875</b>
	<b>Voltaje: 208-230/460</b>	<b>Voltaje: 190-220/380-440</b>
	<b>Amperaje: 4.6-4.8/2.4</b>	<b>Amperaje: 5-5.2/2.5-2.6</b>

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

### 3.2.3 CALDERAS

Las calderas son máquinas (recipientes cerrados) que se han diseñado para generar vapor, el vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante donde el fluido (generalmente agua) en estado líquido se transforma en vapor. En otras palabras una caldera produce vapor a presión partiendo de las materias primas que son combustible, aire y agua.

Las calderas se pueden clasificar de acuerdo a las siguientes características:

- **Por la posición relativa de los gases calientes y el agua:** se subdividen en pirotubulares y acuatubulares.

En las calderas **pirotubulares**, existen gases circulando en el interior de tubos estos gases son procedentes de la combustión aire combustible y en el exterior los tubos están bañados por el agua del caldero.

En las calderas **acuatubulares**, sucede lo contrario que en las pirotubulares es decir es el agua la que pasa por el interior de los tubos que conforman un circuito cerrado a través del caldero.

- **Por la posición de los tubos:** se subdividen en verticales horizontales e inclinados.
- **Por la forma de los tubos:** se subdividen en tubos rectos y tubos curvados.
- **Por la naturaleza del servicio que prestan:** se subdividen en fijas, portátiles, locomóviles y marinas.

**En la casa de máquinas existen cinco calderas pirotubulares:**

- Las calderas N° 1, 2, 3 son de marca Cleaver Brooks y modelo CB101-250.
- La caldera N° 4 también es de marca Cleaver Brooks pero de modelo CB100-60.
- La caldera N° 5 es de marca Power Master y de modelo 3L.

### 3.2.3.1 Calderos Cleaver Brooks CB 101-250

Los calderos Cleaver Brooks modelo CB 101–250, poseen las siguientes características:

Tabla 3. 5 Datos generales de los calderos CB 101-250

<b>Capacidad de evaporación</b>	<b>3912 Kg/h</b>	<b>8625 Lb/h</b>
<b>Presión de diseño</b>	<b>10.5 Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>150 PSI</b>
<b>Superficie de calefacción</b>	<b>115.961 m<sup>2</sup></b>	<b>1247.740 P<sup>2</sup></b>
<b>Tipo de caldera</b>	<b>Horizontal/4 pasos</b>	<b>Tubos de fuego</b>
<b>Consumo aproximado de combustible a plena carga del equipo</b>		
<b>Diesel</b>	<b>74.5 GPH</b>	<b>4.7 Lt/min.</b>
<b>Gas</b>	<b>10461000 BTU/h</b>	<b>296 m<sup>3</sup>/h</b>

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

Tabla 3. 6 Características eléctricas de los calderos CB 101-250

<b>Energía principal</b>	<b>230 V</b>	<b>3 fases</b>	<b>60 HZ</b>	<b>28 A</b>
<b>Capacidad mínima de circuito</b>	<b>35 A</b>			
<b>Capacidad máxima protección de circuito</b>	<b>112 A</b>			
<b>Motor soplador</b>	<b>10 HP</b>			
<b>Control del circuito</b>	<b>120</b>	<b>1 fase</b>	<b>60 HZ</b>	<b>7 A</b>
<b>Motor bomba aceite</b>	<b>115</b>	<b>1 fase</b>	<b>60 HZ</b>	<b>7 A</b>

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M

### 3.2.3.2 Caldero Cleaver Brooks CB 100-60

El caldero Cleaver Brooks modelo CB 100–60, posee las siguientes características:

Tabla 3. 7 Datos generales del caldero CB 100-60

<b>Capacidad de evaporación</b>	<b>939 Kg/h</b>	<b>2070 Lb/h</b>
<b>Presión de diseño</b>	<b>10.5 Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>150 PSI</b>
<b>Superficie de calefacción</b>	<b>27.735 m<sup>2</sup></b>	<b>292.9 P<sup>2</sup></b>
<b>Tipo de caldera</b>	<b>Horizontal/4 pasos</b>	<b>Tubos de fuego</b>
<b>Consumo aproximado de combustible a plena carga del equipo</b>		
<b>Diesel</b>	<b>18 GPH</b>	<b>1.14 Lt/min</b>
<b>Gas</b>	<b>2511000 BTU/h</b>	<b>71.08 m<sup>3</sup>/h</b>

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

Tabla 3. 8 Características eléctricas del caldero CB 100-60

<b>Energía principal</b>	<b>230 V</b>	<b>3 fases</b>	<b>60 HZ</b>	<b>16 A</b>
<b>Capacidad mínima de circuito</b>	<b>18 A</b>			
<b>Capacidad máxima protección de circuito</b>	<b>64 A</b>			
<b>Motor soplador</b>	<b>2 HP</b>			
<b>Control del circuito</b>	<b>120</b>	<b>1 fase</b>	<b>60 HZ</b>	<b>7 A</b>
<b>Motor bomba aceite</b>	<b>230</b>	<b>3 fase</b>	<b>60 HZ</b>	<b>1,5 A</b>

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

### 3.2.3.3 Caldero Power Master 3L

El caldero Power Master 3L, posee las siguientes características:

Tabla 3. 9 Datos generales del caldero Power Master 3L

<b>Presión de diseño</b>	<b>10.5 Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>150 PSI</b>
<b>Superficie de calefacción</b>	<b>23.411 m<sup>2</sup></b>	<b>252 P<sup>2</sup></b>
<b>Tipo de caldera</b>	<b>Horizontal/4 pasos</b>	<b>Tubos de fuego</b>
<b>Potencia</b>	<b>5 HP</b>	<b>3677.5 W</b>

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

Tabla 3. 10 Características eléctricas del caldero Power Master 3L

<b>Motores</b>	<b>208 V</b>	<b>3 fases</b>	<b>60 HZ</b>
<b>Controles</b>	<b>120 V</b>	<b>1 fase</b>	<b>60 HZ</b>

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

Tabla 3. 11 Características del quemador caldero Power Master 3L

<b>Modelo</b>	<b>C2 – OBS</b>			
<b>Serie</b>	<b>120623889</b>			
<b>Diesel</b>	<b>5,5 GPM</b>			
<b>Características eléctricas</b>				
<b>Controles</b>	<b>115 V</b>	<b>1 fase</b>	<b>60 HZ</b>	<b>6 A</b>
<b>Motores</b>	<b>230 V</b>	<b>1 fase</b>	<b>60 HZ</b>	<b>6,7 A</b>
<b>Motor</b>	<b>1 ½ HP</b>			
<b>Capacidad mínima del circuito</b>	<b>12 A</b>			

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

### 3.2.4 BOMBAS DOSIFICADORAS DE QUÍMICO

Estas bombas se accionan al mismo tiempo que las bombas de alimentación de agua para el caldero, funcionan de manera automática, estas bombas dosificadoras de químico tienen la importante tarea de tratar el agua de alimentación del caldero para evitar que se produzcan incrustaciones en el interior del mismo.

El químico que se utiliza es TQ – SOFT-APHL regulador de ph y acondicionador de lodos. Que es provisto por la empresa TESQUIMSA. La regulación de la cantidad de químico suministrado no se realiza de manera automática.

En el centro de energía existen 4 bombas dosificadoras de químico con similares características.

**Tabla 3. 12 Características de la bomba dosificadora de químico**

<b>BOMBA 1</b>	<b>MOTOR:</b>
<b>Marca: INDUSTRIAL PUMP</b>	<b>Marca: GENERAL ELECTRIC</b>
<b>Modelo: 0706200303</b>	<b>Modelo: SKH39QN9796J</b>
<b>Serie: 400</b>	<b>Serie: -</b>
<b>0.81 GPH/ 3.06 LPH</b>	<b>Potencia: 1/4 HP</b>
<b>Máxima presión 56 BAR/800 PSI</b>	<b>Voltaje: 115/230 V</b>
	<b>Amperaje: 4.8/2.4 A</b>
	<b>R.P.M.: 1725/ 1425</b>
	<b>Frecuencia: 60/50 Hz</b>
	<b>Fases: 1</b>

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

### 3.2.5 BOMBAS DE AGUA PARA LOS CALDEROS

Estas son las encargadas de suministrar el agua en estado líquido a los calderos para la generación del vapor, el agua es abastecida por los tanques de condensado. Existen cinco bombas de agua una para cada caldero.

Las bombas de agua tienen las siguientes características:

**Tabla 3. 13 Características de las bombas de agua para calderos.**

<b>BOMBA 1</b>	
<b>Marca: AURORA</b> <b>Modelo: H6T-S-116ABF</b> <b>Serie: 02-422604</b>	
<b>BOMBA 2</b>	
<b>Marca: AURORA</b> <b>Modelo: H6T-S-116ABF</b> <b>Serie: 03-884529-2</b>	
<b>BOMBA 3</b>	
<b>Marca: AURORA</b> <b>Modelo: F6T5116ABF</b> <b>Serie: 06-13551989-2</b>	
<b>BOMBA 4</b>	<b>MOTOR:</b>
<b>Marca: AURORA</b> <b>Modelo: H5S115ABF</b> <b>Serie: 06-1414226-4</b>	<b>Marca: SIEMENS</b> <b>Potencia: 3HP</b> <b>R.P.M. 1708</b> <b>Frecuencia: 60 HZ</b> <b>Fases: 3</b>
<b>BOMBA 5</b>	<b>MOTOR:</b>
<b>Marca: AURORA</b> <b>Modelo: H5S115ABF</b> <b>Serie: 06-1414226-6</b>	<b>Marca: SIEMENS</b> <b>Potencia: 3HP</b> <b>R.P.M. 1708</b> <b>Frecuencia: 60 HZ</b> <b>Fases: 3</b>

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

### 3.2.6 ABLANDADORES DE AGUA

El agua que se debe usar para la generación de vapor mediante las calderas debe reunir muchas características para evitar incrustaciones, corrosión, arrastre y fragilidad cáustica. Como podemos ver en la figura siguiente:



Figura 3. 1 Efectos a causa de agua no ablandada<sup>19</sup>

El objetivo del ablandamiento es eliminar la dureza del agua, cuando se refiere a dureza del agua significa que contiene mayor cantidad de minerales que en el agua normal, estos minerales son especialmente de calcio y magnesio entonces se dice que el grado de agua dura es mayor cuando contiene disueltos mas minerales de calcio y magnesio. El calcio y magnesio son iones cargados positivamente.

En algunos casos los iones de hierro causan la dureza del agua pero pueden ser eliminados también mediante el ablandamiento del agua, ya que el agua dura causa un alto riesgo de depósitos de cal produciendo un bloqueo en las tuberías provocando una reducción en la eficiencia de las calderas y los tanques.

En la casa de máquinas el agua obtenida a través de los ablandadores es suministrada a los tanques de condensado para su posterior uso en los calderos.

Las características de los ablandadores son las siguientes:

Tabla 3. 14 Características de los tanques ablandadores de agua.

<b>Marca</b>	<b>CULLIGAN</b>
<b>Modelo</b>	<b>HI-FLO52</b>
<b>Capacidad</b>	<b>9 P<sup>3</sup></b>
<b>Presión de trabajo</b>	<b>60-90 PSI</b>
<b>Voltaje</b>	<b>110 V</b>

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

<sup>19</sup> Fuente: <http://www.hidrosoluciones.com.ar/tratamiento.php>

### 3.2.7 BOMBAS DE VACÍO

En el centro de energía existen dos bombas de vacío las cuales están montadas sobre una misma plataforma de concreto y conectadas a un mismo tanque que tiene 2,75 m<sup>3</sup> de capacidad.

Las bombas de vacío son en realidad compresores que funcionan de manera inversa, es decir, en lugar de comprimir aire y posteriormente almacenarlo en un tanque, su función es succionar el aire de un tanque para posteriormente descargarlo al ambiente, de esta manera se produce una presión manométrica negativa en el tanque conocida como vacío. Esta presión negativa sirve para muchos procesos, especialmente en cirugías y en intervenciones odontológicas para succionar fluidos corporales, existen unas tomas de vacío en las paredes que permiten la regulación de las succiones que se realizan.

Las bombas de vacío se encienden y se apagan de forma automática mediante la utilización de un termostato en el tanque del cual se succiona el aire para crear el vacío. Si la presión en el tanque se reduce a aproximadamente 9 milímetros de mercurio (mm Hg) la bomba de vacío se acciona durante el tiempo necesario para que la presión del tanque se incremente hasta aproximadamente 13 milímetros de mercurio (mm Hg).

Las características de las bombas de vacío se muestran a continuación:

**Tabla 3. 15 Características de las bombas de vacío.**

<b>BOMBA 1</b>	<b>MOTOR:</b>
<b>Marca:</b> INGERSOLL RAND	<b>Marca:</b> BALDOR
<b>Modelo:</b> 15 VX7	<b>Modelo:</b> 37F428X33
<b>Serie:</b> 30T 720175	<b>Serie:</b> F992
	<b>Potencia:</b> 10-7 HP
	<b>Voltaje:</b> 230/460-190/380V
	<b>Amperaje:</b> 28/14 27/13 A
	<b>R.P.M.:</b> 1725/ 1425
	<b>Frecuencia:</b> 60/50 Hz
	<b>Fases:</b> 3

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

Tabla 3. 16 Características de las bombas de vacío (Continuación).

BOMBA 2		MOTOR:	
Marca:	INGERSOLL RAND	Marca:	BALDOR
Modelo:	15 VX7	Modelo:	37F428X33
Serie:	30T 720182	Serie:	F992
		Potencia:	10-7 HP
		Voltaje:	230/460-190/380V
		Amperaje:	28/14 27/13 A
		R.P.M.	1725/ 1425
		Frecuencia:	60/50 Hz
		Fases:	3

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

Su funcionamiento es continuo las 24 horas diarias alternando una por semana

### 3.2.8 TANQUES DE AGUA CALIENTE

La casa de máquinas tiene dos tanques de agua caliente cada uno tiene un volumen de 3000 galones, trabajan a una presión que varía entre 70-90 psi, a una temperatura de trabajo de 50-70 °C, el diámetro del tanque es de 1,85 m, su longitud es de 5,50 m.

Su funcionamiento es el siguiente:

Tabla 3. 17 Operación de los tanques de agua caliente.

Operación	Lunes a Viernes	Sab., dom. y feriados
Hora de encendido	6am	6am
Hora de apagado	7pm	4pm
Hora de purga	12pm	12pm

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

**Nota:** Existen dos tanques de agua caliente para satisfacer la demanda de esta ya que al ocurrir una emergencia y se tiene que realizar mantenimiento del tanque N°1, se trabaja normalmente con el tanque N°2 y viceversa.

### **3.2.9 TANQUES DE CONDENSADO**

En la casa de máquinas existen dos tanques de condensado los mismos que suministran el agua a los calderos a través de las bombas de agua.

El agua que ingresa a los tanques de condensado debe ser previamente tratada por medio de los ablandadores, igualmente estos tanques recogen el condensado de las líneas de vapor del hospital con el objetivo de aprovechar el agua que ha sido previamente tratada obteniéndose una mejor eficiencia.

Los tanques de condensado tienen las siguientes características:

- Tanque de condensado N° 1

Este tanque suministra agua a los calderos 1, 2 y 3 a través de las bombas respectivas.

Tiene un volumen de 3,58 m<sup>3</sup>.

- Tanque de condensado N° 2

Este tanque suministra agua a los calderos 4, 5 a través de las respectivas bombas para estos calderos.

Tiene un volumen de 0,5 m<sup>3</sup>.

### **3.2.10 TANQUE DIARIO DE COMBUSTIBLE**

La casa de máquinas tiene un solo tanque diario de combustible, el combustible utilizado es diesel industrial N°2, este tanque suministra a los calderos el diesel necesario para su funcionamiento está controlado por una boya que regula el nivel la cual acciona la bomba de suministro de combustible, el tanque tiene un volumen de 2,68 m<sup>3</sup>.

### **3.2.11 BOMBA DE POZO PROFUNDO**

Esta bomba suministra de agua a la cisterna principal generalmente se la utiliza en caso de emergencia cuando el agua entregada por la empresa municipal al hospital es escasa o nula.

### **3.2.12 BOMBA CLORIFICADORA**

Esta bomba funciona conjuntamente con la bomba de pozo profundo ya que es esta la que suministra el cloro necesario para el agua que se obtiene por medio de la bomba de pozo profundo.

Esta bomba posee las siguientes características:

Modelo: X015-XA-AAAAXXX

Serie: 706200239

### **3.2.13 BOMBA DE RECEPCIÓN DE COMBUSTIBLE**

Esta bomba es la que succiona el combustible en este caso diesel desde los tanqueros hasta los tanques de almacenamiento de combustible.

Existen dos tanques de almacenamiento de combustible que tienen una capacidad de 7000 galones cada uno.

Tiene las siguientes características:

Modelo: 18097-P7 CCE

Serie: 10817-1

### **3.2.14 CONTADOR DE COMBUSTIBLE**

Mediante el contador de combustible que funciona de manera automática y a través de sensores de movimiento de fluido en este caso combustible permite la medición de la cantidad de combustible por unidad de tiempo (caudal) que se suministra a cada una de las áreas del hospital que requieren de combustible.

En el momento en que se acciona la bomba de suministro de combustible se pone en funcionamiento el contador también, mediante este dispositivo se intenta estimar los recursos económicos que el hospital debe tener para que el hospital se mantenga operativo y evitar los gastos innecesarios en combustible.

### 3.2.15 COMPRESOR DE AIRE

Este compresor suministra aire comprimido al área de lavandería, cuenta con un sensor de presión que acciona y apaga automáticamente el motor del compresor. El sensor de presión está ubicado en el tanque de almacenamiento de aire comprimido, cuando la presión en el interior de este tanque disminuye hasta 75 psi el motor del compresor se enciende de manera automática hasta que la presión en el tanque se eleve hasta 100 psi momento en el cual deja de funcionar el compresor.

Tabla 3. 18 Características del compresor de aire.

<b>COMPRESOR</b>	<b>MOTOR:</b>
<b>Marca: INGERSOLL RAND</b>	<b>Marca: BALDOR</b>
<b>Modelo: T30780H</b>	<b>Modelo: 37F428X54</b>
<b>Serie: 30T691495</b>	<b>Serie: F691</b>
	<b>Potencia: 7.5-5 HP</b>
	<b>Voltaje: 230/460-190/380V</b>
	<b>Amperaje: 22/11 – 21/10.5 A</b>
	<b>R.P.M.: 725/1425</b>
	<b>Frecuencia: 60/50 Hz</b>
	<b>Fases: 3</b>

Fuente: Casa de Máquinas H.C.A.M.

### 3.2.16 GENERADORES ELÉCTRICOS

Existen tres generadores eléctricos en el hospital Carlos Andrade Marín, los cuales están ubicados fuera de la casa de máquinas en las cañerías del bloque 2, sin embargo, son muy importantes para el normal desenvolvimiento de las actividades diarias del hospital en caso de una emergencia eléctrica.

Estos generadores de energía eléctrica entran en operación cuando la energía eléctrica que es suministrada a través de la empresa eléctrica es cortada por cualquier motivo, en vista de que es indispensable que un hospital posea energía eléctrica estos generadores son de extrema importancia.

Los generadores son accionados a través de motores a diesel que le proporcionan el par necesario para el giro del generador.

Tabla 3. 19 Características de los generadores eléctricos.

GENERADOR N°1		MOTOR	
Marca:	LIMA ELECTRIC CO.	Marca:	DEUTZ
Modelo:	F3L912	Potencia:	78HP/57KW
Frecuencia:	60 HZ	RPM:	1800
Fase:	3	Cilindros:	6 cilindros en línea
GENERADOR N°2		MOTOR	
Marca:	LIMA ELECTRIC CO.	Marca:	DEUTZ
Modelo:	F4L912	Potencia:	52HP/38KW
Frecuencia:	60 HZ	RPM:	1800
Fase:	3	Cilindros:	4 cilindros en línea
GENERADOR N°3		MOTOR	
Marca:	ONAN	Marca:	CUMMINS
modelo:	125DGE8	Potencia:	125KW
Frecuencia:	60 HZ	RPM:	1800
Fase:	3	Cilindros:	6 cilindros

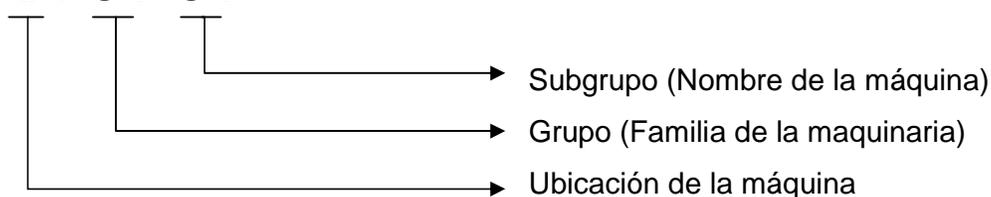
Fuente: Cañerías bloque dos H.C.A.M.

### 3.3 CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS

La codificación se ha realizado para el equipamiento del Centro de Energía del HCAM, con el objetivo de recolectar la información de cada máquina para luego encontrar y manejar esta información de una manera fácil, rápida y eficaz en una base de datos a través de este código.

Un ejemplo de esta codificación se describe a continuación:

**XX-01-01**



El desarrollo y explicación de cada código se presenta en el siguiente subcapítulo.

### 3.3.1 JUSTIFICACIÓN DE CÓDIGOS DE MÁQUINAS Y EQUIPOS

Inicialmente se clasifica el área física donde se encuentran ubicadas máquinas y/o equipos, el nombre de cada área se abrevia con dos letras mayúsculas, esta clasificación se representa en la tabla 3.20.

**Tabla 3. 20 Clasificación del área para la codificación.**

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE DEL ÁREA</b>
<b>CM</b>	Casa de Máquinas
<b>C2</b>	Cañerías Bloque 2
<b>PP</b>	Pozo Profundo
<b>M2</b>	Mantenimiento Bloque 2

Fuente: Reina y Villegas

Luego se ha realizado una clasificación de 9 grupos principales cada uno está dividido en subgrupos, a estos grupos se les identifica mediante dos dígitos, los grupos definidos para esta clasificación se muestran a continuación:

**Tabla 3. 21 Clasificación de grupos para la codificación.**

<b>GRUPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>01</b>	Equipo del Sistema de Presión Constante
<b>02</b>	Equipo del Sistema Contra Incendios
<b>03</b>	Equipo para Manipulación de Gases
<b>04</b>	Equipo para el Tratamiento de Agua
<b>05</b>	Equipo del Sistema Termodinámico
<b>06</b>	Equipo Industrial de uso Múltiple
<b>07</b>	Equipo para Generación Eléctrica
<b>08</b>	Equipo para Abastecimiento de agua
<b>09</b>	Equipo para Abastecimiento de Combustible

Fuente: Reina y Villegas

En las tablas 3.22. y 3.23 Se encuentran clasificados los grupos y subgrupos del Centro de Energía con sus respectivos dígitos de dos cifras cada uno.

Tabla 3. 22 Clasificación de grupos y subgrupos.

<b>N° GRUPO</b>	<b>N° SUBGRUPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE GRUPO/SUBGRUPO</b>
<b>01</b>		<b>Equipo del Sistema de Presión Constante</b>
	<b>01</b>	Bomba de agua N°1
	<b>02</b>	Bomba de agua N°2
	<b>03</b>	Bomba de agua N°3
	<b>04</b>	Tablero de control electrónico de presión ccte.
	<b>05</b>	Bomba de agua de emergencia N°1
	<b>06</b>	Bomba de agua de emergencia N°2
	<b>07</b>	Bomba de agua de emergencia N°3
<b>02</b>		<b>Equipo del Sistema Contra Incendios</b>
	<b>01</b>	Bomba contra incendio
	<b>02</b>	Tablero de control de bomba contra incendios
	<b>03</b>	Bomba tipo Jokey
	<b>04</b>	Tablero de control de bomba tipo Jokey
<b>03</b>		<b>Equipo para Manipulación de Gases</b>
	<b>01</b>	Bomba de vacío N°1
	<b>02</b>	Bomba de vacío N°2
	<b>03</b>	Compresor de aire
<b>04</b>		<b>Equipo para el Tratamiento de Agua</b>
	<b>01</b>	Ablandador de agua N°1
	<b>02</b>	Ablandador de agua N°2
	<b>03</b>	Bomba dosificadora de químico N°1
	<b>04</b>	Bomba dosificadora de químico N°2
	<b>05</b>	Bomba dosificadora de químico N°3
	<b>06</b>	Bomba dosificadora de químico N°4
<b>05</b>		<b>Equipo del Sistema Termodinámico</b>
	<b>01</b>	Caldero N°1
	<b>02</b>	Caldero N°2
	<b>03</b>	Caldero N°3
	<b>04</b>	Caldero N°4
	<b>05</b>	Caldero N°5
	<b>06</b>	Bomba de agua de caldero N°1
	<b>07</b>	Bomba de agua de caldero N°2
	<b>08</b>	Bomba de agua de caldero N°3
	<b>09</b>	Bomba de agua de caldero N°4
	<b>10</b>	Bomba de agua de caldero N°5

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 3. 23 Clasificación de grupos y subgrupos (Continuación).

N° GRUPO	N° SUBGRUPO	DESCRIPCIÓN DE GRUPO/SUBGRUPO
<b>06</b>		<b>Equipo Industrial de uso Múltiple</b>
	<b>01</b>	Tanque de agua caliente N°1
	<b>02</b>	Tanque de agua caliente N°2
	<b>03</b>	Tanque de condensado N°1
	<b>04</b>	Tanque de condensado N°2
	<b>05</b>	Tanque diario de combustible
<b>07</b>		<b>Equipo para Generación Eléctrica</b>
	<b>01</b>	Generador eléctrico N°1
	<b>02</b>	Generador eléctrico N°2
	<b>03</b>	Generador eléctrico N°3
<b>08</b>		<b>Equipo para Abastecimiento de agua</b>
	<b>01</b>	Bomba de pozo profundo
	<b>02</b>	Bomba clorificadora
<b>09</b>		<b>Equipo para Abastecimiento de Combustible</b>
	<b>01</b>	Bomba de recepción de combustible
	<b>02</b>	Contador de combustible

Fuente: Reina y Villegas

Finalmente en las tablas 3.24. y 3.25. Se obtiene la codificación de cada máquina para el Centro de Energía del HCAM.

Tabla 3. 24 Codificación final del Centro de Energía.

N°	CÓDIGO	NOMBRE
01	<b>CM-01-01</b>	Bomba de agua N°1
02	<b>CM-01-02</b>	Bomba de agua N°2
03	<b>CM-01-03</b>	Bomba de agua N°3
04	<b>CM-01-04</b>	Tablero de control electrónico de presión constante
05	<b>CM-01-05</b>	Bomba de agua de emergencia N°1
06	<b>CM-01-06</b>	Bomba de agua de emergencia N°2
07	<b>CM-01-07</b>	Bomba de agua de emergencia N°3
08	<b>CM-02-01</b>	Bomba contra incendio
09	<b>CM-02-02</b>	Tablero de control de bomba contra incendios
10	<b>CM-02-03</b>	Bomba tipo Jokey
11	<b>CM-02-04</b>	Tablero de control de bomba tipo Jokey
12	<b>CM-03-01</b>	Bomba de vacío N°1

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 3. 25 Codificación final del Centro de Energía (Continuación).

Nº	CÓDIGO	NOMBRE
13	CM-03-02	Bomba de vacío N <sup>2</sup>
14	CM-03-03	Compresor de aire
15	CM-04-01	Ablandador de agua N <sup>1</sup>
16	CM-04-02	Ablandador de agua N <sup>2</sup>
17	CM-04-03	Bomba dosificadora de químico N <sup>1</sup>
18	CM-04-04	Bomba dosificadora de químico N <sup>2</sup>
19	CM-04-05	Bomba dosificadora de químico N <sup>3</sup>
20	CM-04-06	Bomba dosificadora de químico N <sup>4</sup>
21	CM-05-01	Caldero N <sup>1</sup>
22	CM-05-02	Caldero N <sup>2</sup>
23	CM-05-03	Caldero N <sup>3</sup>
24	CM-05-04	Caldero N <sup>4</sup>
25	CM-05-05	Caldero N <sup>5</sup>
26	CM-05-06	Bomba de agua de caldero N <sup>1</sup>
27	CM-05-07	Bomba de agua de caldero N <sup>2</sup>
28	CM-05-08	Bomba de agua de caldero N <sup>3</sup>
29	CM-05-09	Bomba de agua de caldero N <sup>4</sup>
30	CM-05-10	Bomba de agua de caldero N <sup>5</sup>
31	CM-06-01	Tanque de agua caliente N <sup>1</sup>
32	CM-06-02	Tanque de agua caliente N <sup>2</sup>
33	CM-06-03	Tanque de condensado N <sup>1</sup>
34	CM-06-04	Tanque de condensado N <sup>2</sup>
35	CM-06-05	Tanque diario de combustible
36	C2-07-01	Generador eléctrico N <sup>1</sup>
37	C2-07-02	Generador eléctrico N <sup>2</sup>
38	C2-07-03	Generador eléctrico N <sup>3</sup>
39	PP-08-01	Bomba de pozo profundo
40	PP-08-02	Bomba clorificadora
41	M2-09-01	Bomba de recepción de combustible
42	M2-09-02	Contador de combustible

Fuente: Reina y Villegas

## **CAPÍTULO 4**

### **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

#### **4.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se describen los requerimientos, herramientas y procedimientos necesarios para la elaboración de este programa que implica a las máquinas y/o equipos del Centro de Energía del Hospital Carlos Andrade Marín, cuya descripción y funcionamiento están explicados en el capítulo 3 del presente proyecto.

El presente trabajo es una guía para la administración del mantenimiento la misma que está expuesta a cambios y mejoras por parte de los encargados de mantenimiento de la Institución Hospitalaria y es decisión de ellos la implementación o no del mismo.

#### **4.2 REQUERIMIENTOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

En esta parte se detallarán los requisitos necesarios para continuar con la elaboración del programa de mantenimiento preventivo, del contenido de esta información depende la consecuencia del programa de mantenimiento, para esto se cuenta con el apoyo de las personas que forman parte del equipo de trabajo en el área de mantenimiento del Hospital Carlos Andrade Marín, de los catálogos, manuales de operación, bitácoras de las máquinas y/o equipos.

Los requerimientos que han sido necesarios para este programa y se han desarrollado en el presente proyecto se explican a continuación:

#### **4.2.1 INVENTARIO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS DEL CENTRO DE ENERGÍA DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN.**

El inventario es la primera parte de esta recopilación de información, en dicho inventario constan las máquinas y/o equipos correspondientes al Centro de Energía con sus principales características como son: Marca, tipo de fluido que transportan, ubicación dentro del hospital, estado si es operativo o no operativo, y el respectivo número de serie y modelo, estos dos últimos datos son de suma importancia ya que la omisión o cambio de una de las letras o números puede cambiar totalmente el significado de la información o para el pedido de repuestos que se soliciten a los fabricantes. El levantamiento de esta información debe ser preciso y veraz pues el mismo se realizara solo una vez, la actualización deberá ejecutarse cada año. Toda esta información se puede visualizar en el anexo 5.

#### **4.2.2 BITÁCORA (LIBRO DIARIO DE ACTIVIDADES).**

La bitácora está destinada para la recolección de información acerca del funcionamiento de las máquinas y/o equipos del Centro de Energía del HCAM esta información será posteriormente procesada a través de herramientas estadísticas las cuales determinaran la cantidad de máquinas y/o equipos que serán objeto de la elaboración del programa de mantenimiento. En el anexo 6 se muestra el modelo de la bitácora diseñada seguida por una bitácora ya ejecutada en el Centro de Energía.

#### **4.2.3 CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS**

Es un requisito que permite la fácil identificación y ubicación de las distintas máquinas y/o equipos existentes en el Centro de Energía, tal codificación es una estructura organizada para la gestión o manejo de trabajos de mantenimiento, la codificación que se ha realizado para las máquinas y/o equipos se encuentra en el capítulo 3 en la parte correspondiente a codificación en el subcapítulo 3.3 de este mismo proyecto.

#### **4.2.4 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA.**

Previa a la elaboración de un programa de mantenimiento se requiere conocer la instalación, operación, funcionamiento, inspección y mantenimiento de las diferentes máquinas y/o equipos, tal información está provista por los fabricantes a través de manuales, catálogos, planos, diagramas y revistas técnicas. Los mismos que deben ser adecuadamente archivados por el personal a cargo del mantenimiento.

### **4.3 HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

Las herramientas que se utilizan en el siguiente proyecto facilitan el procesamiento de datos recolectados de las máquinas y/o equipos, por su relativa facilidad de aplicación permiten obtener los fundamentos para elaborar el programa de mantenimiento y se describen a continuación.

#### **4.3.1 DIAGRAMA DE PARETO.**

En el presente proyecto se realiza el diagrama de Pareto para las máquinas del Centro de Energía del HCAM, con el objetivo de identificar y separar los pocos vitales de los muchos triviales para resaltar la importancia que tienen las diferentes máquinas y/o equipos que contribuyen a un efecto donde unos pocos son responsables de la mayor parte de este efecto, una vez identificadas se realiza el análisis sobre las máquinas que representan los pocos vitales de manera que se sepa dónde dirigir los esfuerzos para mejorar al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.

Primero se establecen el total de las máquinas del Centro de Energía en una tabla priorizando la importancia de cada una con un factor de 1 a 4 de menor a mayor prioridad respectivamente, luego se identifica el número de fallas que han presentado estas máquinas durante el tiempo que han sido evaluadas, esta información se la obtiene del libro de bitácora con la ayuda de las personas encargadas de las diferentes máquinas, posteriormente se multiplican estos dos

factores para obtener un valor el mismo que representa la importancia y prioridad de cada una de las máquinas, finalmente son estos valores los que se utilizan para evaluar en el diagrama de Pareto.

**Tabla 4. 1 Tabla de análisis para el diagrama de Pareto<sup>20</sup>**

Nº	MÁQUINAS	PRIORIDAD	NÚMERO DE FALLAS	IMPORTANCIA
1	BOMBA DE AGUA # 1	1	2	2
2	BOMBA DE AGUA # 2	1	2	2
3	BOMBA DE AGUA # 3	1	2	2
4	BOMBA CONTRA INCENDIO	1	1	1
5	BOMBA DE VACÍO # 1	1	2	2
6	BOMBA DE VACÍO # 2	1	2	2
7	COMPRESOR DE AIRE	1	2	2
8	ABLANDADOR DE AGUA # 1	2	3	6
9	ABLANDADOR DE AGUA # 2	2	3	6
10	CALDERO #1	4	10	40
11	CALDERO #2	4	7	28
12	CALDERO #3	4	8	32
13	CALDERO #4	2	4	8
14	CALDERO #5	0	0	0
15	BOMBA DOSIFICADORA DE QUIMICO # 1	3	8	24
16	BOMBA DOSIFICADORA DE QUIMICO # 2	3	9	27
17	BOMBA DOSIFICADORA DE QUIMICO # 3	3	10	30
18	BOMBA DOSIFICADORA DE QUIMICO # 4	2	4	8
19	BOMBA DE AGUA CALDERO # 1	4	9	36
20	BOMBA DE AGUA CALDERO # 2	4	10	40
21	BOMBA DE AGUA CALDERO # 3	4	7	28
22	BOMBA DE AGUA CALDERO # 4	2	3	6
23	BOMBA DE AGUA CALDERO # 5	1	0	0
24	TANQUE DE AGUA CALIENTE # 1	2	6	12
25	TANQUE DE AGUA CALIENTE # 2	2	4	8
26	TANQUE DE CONDENSADO # 1	2	4	8
27	TANQUE DE CONDENSADO # 2	2	3	6
28	TANQUE DIARIO DE COMBUSTIBLE	3	10	30
29	GENERADOR ELÉCTRICO # 1	1	1	1
30	GENERADOR ELÉCTRICO # 2	1	1	1
31	GENERADOR ELÉCTRICO # 3	1	1	1
32	BOMBA DE POZO PROFUNDO	1	1	1
33	BOMBA CLORIFICADORA	1	1	1
34	BOMBA DE RECEPCIÓN DE COMBUSTIBLE	2	1	2
35	CONTADOR DE COMBUSTIBLE	2	1	2

<sup>20</sup> Fuente: Reina y Villegas

**Tabla 4. 2 Tabla de Pareto para las Máquinas del Centro de Energía<sup>21</sup>**

N°	MÁQUINAS	IMPORTANCIA	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA
A	CALDERO #1	40	9,88	9,88
B	BOMBA DE AGUA CALDERO # 2	40	9,88	19,75
C	BOMBA DE AGUA CALDERO # 1	36	8,89	28,64
D	CALDERO #3	32	7,90	36,54
E	BOMBA DOSIFICADORA DE QUIMICO # 3	30	7,41	43,95
F	TANQUE DIARIO DE COMBUSTIBLE	30	7,41	51,36
G	CALDERO #2	28	6,91	58,27
H	BOMBA DE AGUA CALDERO # 3	28	6,91	65,19
I	BOMBA DOSIFICADORA DE QUIMICO # 2	27	6,67	71,85
J	BOMBA DOSIFICADORA DE QUIMICO # 1	24	5,93	77,78
K	TANQUE DE AGUA CALIENTE # 1	12	2,96	80,74
L	CALDERO #4	8	1,98	82,72
M	BOMBA DOSIFICADORA DE QUIMICO # 4	8	1,98	84,69
N	TANQUE DE AGUA CALIENTE # 2	8	1,98	86,67
O	TANQUE DE CONDENSADO # 1	8	1,98	88,64
P	ABLADOR DE AGUA # 1	6	1,48	90,12
Q	ABLADOR DE AGUA # 2	6	1,48	91,60
R	BOMBA DE AGUA CALDERO # 4	6	1,48	93,09
S	TANQUE DE CONDENSADO # 2	6	1,48	94,57
T	BOMBA DE AGUA # 1	2	0,49	95,06
U	BOMBA DE AGUA # 2	2	0,49	95,56
V	BOMBA DE AGUA # 3	2	0,49	96,05
W	BOMBA DE VACÍO # 1	2	0,49	96,54
X	BOMBA DE VACÍO # 2	2	0,49	97,04
Y	COMPRESOR DE AIRE	2	0,49	97,53
Z	BOMBA DE RECEPCIÓN DE COMBUSTIBLE	2	0,49	98,02
AA	CONTADOR DE COMBUSTIBLE	2	0,49	98,52
AB	BOMBA CONTRA INCENDIO	1	0,25	98,77
AC	GENERADOR ELÉCTRICO # 1	1	0,25	99,01
AD	GENERADOR ELÉCTRICO # 2	1	0,25	99,26
AE	GENERADOR ELÉCTRICO # 3	1	0,25	99,51
AF	BOMBA DE POZO PROFUNDO	1	0,25	99,75
AG	BOMBA CLORIFICADORA	1	0,25	100,00
AH	CALDERO #5	0	0,00	100,00
AI	BOMBA DE AGUA CALDERO # 5	0	0,00	100,00
		405		

<sup>21</sup> Fuente: Reina y Villegas

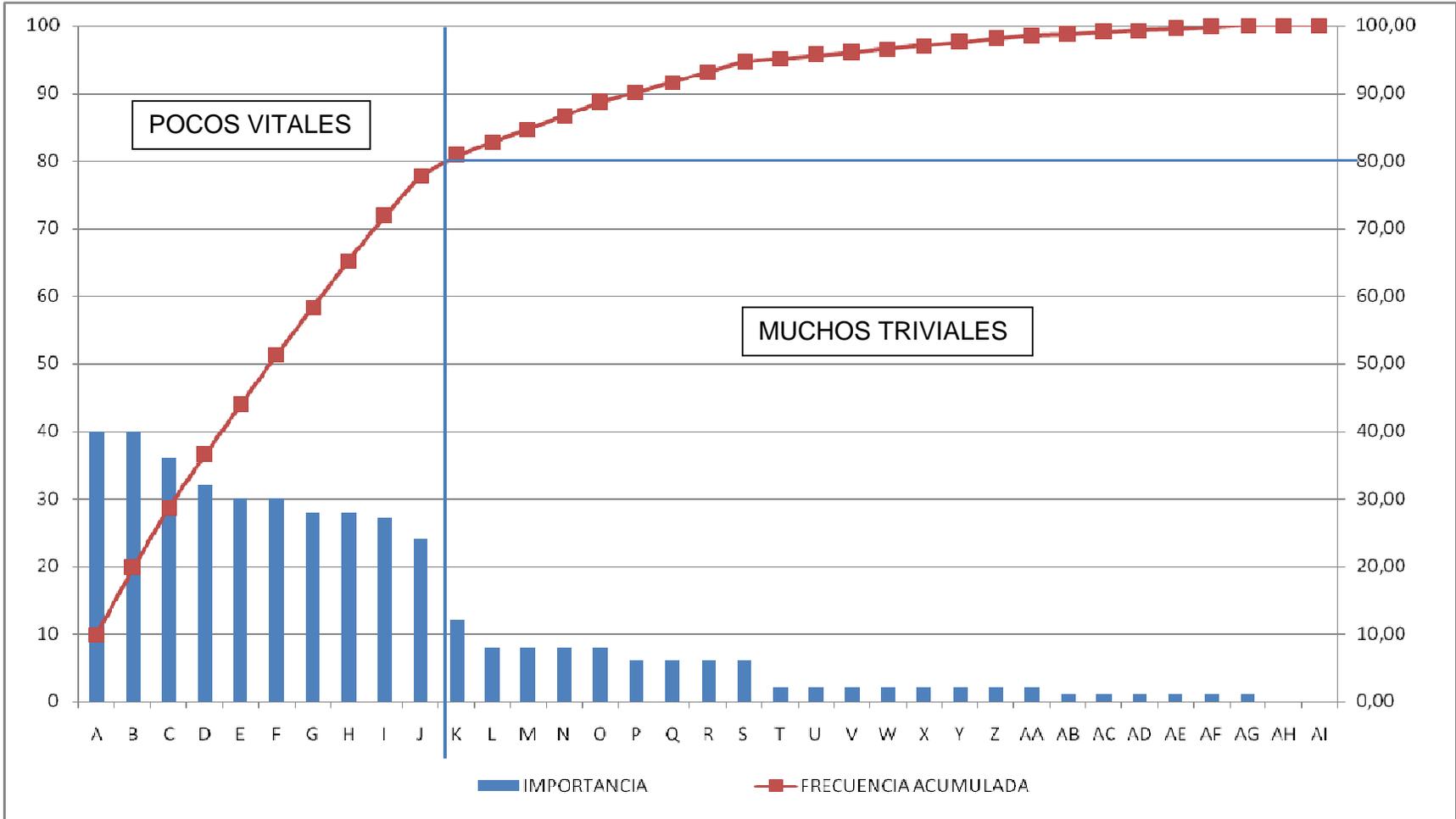


Figura 4. 1 Diagrama de Pareto

Fuente: Reina y Villegas

### 4.3.2 MATRICES PARA LA SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

Para seleccionar la estrategia de mantenimiento que mejor se adapte al requerimiento del centro de energía del HCAM, se ha utilizado dos herramientas la matriz de priorización y la matriz de perfil competitivo, luego se ha seleccionado varios parámetros para posteriormente compararlos entre si y clasificarlos en orden de importancia en la matriz de priorización.

Mediante la matriz de perfil competitivo se identifica la estrategia de mantenimiento que posea el mayor puntaje al sumar el total de los porcentajes del peso ponderado que posee cada estrategia. En esta matriz tendrá un mayor peso el parámetro que tenga una mayor prioridad.

**Tabla 4. 3 Parámetros utilizados en las matrices.**

F1	Costo de mantenimiento
F2	Tiempo de reparación
F3	Confiabilidad de mantenimiento
F4	Seguridad
F5	Presupuesto de la institución

Fuente: Reina y Villegas

A continuación se muestran las matrices de priorización y perfil competitivo para mantenimiento con sus respectivos resultados.

#### 4.3.2.1 Matriz de Priorización.

Esta matriz es una herramienta que permite priorizar parámetros que tienen características similares, para luego comparar estos parámetros entre sí y clasificarlos en orden de importancia.

Tabla 4. 4 Matriz de priorización.

Parámetros:	F1	F2	F3	F4	F5	Suma:	Orden:
F1	0,5	0,5	0	0	0	1	5
F2	0,5	0,5	0	0	0,5	1,5	4
F3	1	1	0,5	0	1	3,5	2
F4	1	1	1	0,5	1	4,5	1
F5	1	0,5	0	0	0,5	2	3

Fuente: Reina y Villegas

El orden que se encuentra en esta matriz tendrá en el número uno el parámetro con mayor prioridad y en el número cinco el de menor prioridad.

#### 4.3.2.2 Matriz de Perfil Competitivo para Mantenimiento.

Esta matriz es una herramienta que identifica la estrategia de mantenimiento que más se adapta a nuestro caso, obteniéndose como resultado de multiplicar el peso que se ha dado a cada parámetro con la calificación que tiene cada una de las estrategias de mantenimiento de acuerdo a cada parámetro.

Tabla 4. 5 Matriz de Perfil Competitivo para mantenimiento.

Pametros:	PESO	TIPOS DE MANTENIMIENTO					
		PREDICTIVO		T.P.M.		R.C.M.	
		C	P.P	C	P.P	C	P.P
F1	0,08	2	0,16	3	0,24	3	0,24
F2	0,12	1	0,12	1	0,12	2	0,24
F3	0,28	2	0,56	3	0,84	4	1,12
F4	0,36	3	1,08	4	1,44	3	1,08
F5	0,16	3	0,48	3	0,48	4	0,64
Total:	1	SUMA:	2,4	SUMA:	3,12	SUMA:	3,32

Fuente: Reina y Villegas

Donde: C: Calificación

P.P.: Peso ponderado

#### **4.4 SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO.**

Para la selección de la estrategia adecuada se utilizan las matrices detalladas en el subcapítulo 4.3.2 del presente proyecto.

Después de la evaluación con las matrices de Priorización y de Perfil Competitivo se puede observar que la estrategia que mejor se acopla a las necesidades del HCAM es la del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

#### **4.5 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO SELECCIONADA.**

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (R.C.M.) por sus siglas en inglés fue desarrollado en los Estados Unidos para ayudar a las aerolíneas a diseñar los programas de mantenimiento para nuevos tipos de aeronaves antes de que entren en servicio.

El R.C.M. focaliza su atención a las actividades de mantenimiento que tienen mayor efecto en el desempeño de las actividades de mantenimiento.

La metodología para la realización del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se presenta a continuación:

Realizar el análisis AMFE para las máquinas previamente seleccionadas, se describe el método de análisis AMFE en párrafos posteriores.

Elaborar los cuadros de correctivos que se desprendan del análisis AMFE.

Realizar las actividades de mantenimiento que se requieran de acuerdo a los cuadros de correctivos.

#### 4.5.1 ANÁLISIS AMFE

Para el inicio del análisis AMFE es necesario establecer en forma clara y concisa los objetivos que se plantea cumplir con dicho análisis, como premisa principal es necesario indicar que el AMFE debe estar orientado a la prevención y a la mejora continua.

El análisis AMFE es un método que mediante un análisis sistemático, permite en primera instancia identificar y posteriormente prevenir los modos de fallo, puede ser de un determinado producto o proceso.

La parte fundamental del método consiste en cuantificar los índices de gravedad, ocurrencia y detección de un modo de falla, esta cuantificación permite el cálculo del Índice de Prioridad de Riesgo, a su vez este número sirve para diferenciar las causas sobre las que se debe actuar para evitar que ocurran los modos de falla. El número de prioridad de riesgo se calcula con la siguiente expresión empírica:

$$IPR = G \times F \times D$$

Donde:

IPR: índice de Prioridad de Riesgo

G: índice de gravedad del fallo

F: índice de frecuencia del fallo

D: índice de detección del fallo

Existen dos tipos de AMFE que dependen del contexto en el cual se trabaja, de esta manera existen:

AMFE de diseño: Este tipo de análisis está orientado hacia el producto, es decir, al diseño de todas las partes del mismo

AMFE de proceso: Este análisis está enfocado hacia el proceso de fabricación, esto significa los medios de producción que se utilizan.

La metodología para la realización del análisis AMFE en el presente proyecto se detalla a continuación:

- Selección de las máquinas o equipos que serán objeto del análisis AMFE. A través de un estudio realizado mediante herramientas estadísticas, específicamente el Diagrama de Pareto.
- Identificación de los principales modos, causas y efectos de falla.
- Cuantificación de los índices de gravedad, índice de frecuencia e índice de detección.
- Elaboración de los formatos de los cuadros AMFE, estos se pueden observar en el subcapítulo 4.6.1.3

Respecto a los Índices de Prioridad de Riesgo deben tener un valor menor a 100 para que sean aceptables si es mayor a este número es necesario realizar correctivos.

**Tabla 4. 6 Determinación de los Índices de Gravedad.**

<b>GRAVEDAD</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>VALOR</b>
Muy Baja	Consecuencias imperceptibles, generalmente no ocasiona un efecto apreciable sobre el rendimiento de la maquina y/o equipo.	1
Baja	Consecuencias apenas perceptibles, El fallo originaria un ligero inconveniente en el servicio. Probablemente, se observara un pequeño deterioro del rendimiento de la maquina y/o equipo sin importancia. Es fácilmente remediable	2-3
Moderada	Consecuencias de relativa importancia, El fallo produce cierto inconveniente en el servicio. Se observará deterioro en el rendimiento de la maquina y/o equipo.	4-5
Alta	Consecuencia considerable, el fallo ya produce inconvenientes de elevada importancia en el servicio, el desempeño de la maquina y/o equipo decae de manera importante.	6-7
Grave	El fallo puede ser crítico lo cual consigue inutilizar la maquina y/o equipo. Produce un grado de insatisfacción muy alto en el servicio.	8-9
Muy Grave	Las consecuencias del fallo son muy críticas que afecta el funcionamiento de seguridad de la maquina y/o equipo lo cual eventualmente pone en riesgo la seguridad de las personas.	10

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 7 Determinación de los Índices de Frecuencia.

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja	La probabilidad de que ocurra es remota, no se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	La probabilidad de que ocurra es baja, alguna vez ocurrieron fallos pero en casos aislados.	2-3
Moderada	La probabilidad de que ocurra es ocasional, es probable que aparezca eventualmente en la vida útil de la maquina y/o equipo.	4-5
Alta	La probabilidad de que ocurra es con cierta frecuencia, ya se han presentado fallos en el pasado en circunstancias similares.	6-7
Muy Alta	La probabilidad de que ocurra es muy alta, el fallo se ha presentado frecuentemente en el pasado.	8-9
Demasiado Alta	La probabilidad de ocurrencia es demasiado frecuente, el fallo es casi inevitable y se producirá casi con total certeza.	10

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 8 Determinación de los Índices de Detección.

DETECCIÓN	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio puede ser visto a simple vista y es detectado por los controles existentes.	1
Alta	El defecto sigue siendo obvio y fácilmente detectable por los controles existentes pero existe la posibilidad que escape a un primer control pero sería detectado por los controles posteriores.	2-3
Mediana	El defecto es moderadamente detectable a simple vista, pero es detectado por los controles posteriores fácilmente.	4-5
Baja	El defecto es de difícil detección con los controles convencionales existentes.	6-7
Muy Baja	La detección del defecto es relativamente improbable, es de muy difícil detección.	8-9
Indetectable	El defecto no puede detectarse y causara daños antes de ser detectado.	10

Fuente: Reina y Villegas

## **4.6 R.C.M. PARA LAS MÁQUINAS SELECCIONADAS**

De acuerdo con el análisis realizado mediante Pareto se determino que el veinte por ciento de las máquinas que causan los problemas más graves con relación a la criticidad en el Centro de Energía son las que están relacionadas con la generación de vapor con las tres calderas Cleaver Brooks modelo CB 101-250.

### **4.6.1 GENERACIÓN DE VAPOR**

Las máquinas y elementos que hacen posible la generación de vapor van desde la alimentación de agua a la caldera (bombas centrifugas), sistema de circulación de agua (tuberías, válvulas), el tratamiento de agua (bombas dosificadoras de químico), sistema de combustible (tanque diario de combustible, válvulas, tuberías, bomba de combustible), sistema de aire primario y secundario (permiten la atomización del combustible y proporciona el aire para la mezcla aire combustible adecuado para que se produzca una buena combustión respectivamente), el sistema para la ignición (encender automáticamente la llama piloto), el sistema del recipiente de presión (en este sistema se encuentran los subsistemas de circulación de gases de combustión y circulación de agua para la evaporación), el sistema de control eléctrico.

Se ha tomado como referencia la caldera modelo CB 101-250 Cleaver Brooks según el análisis con el diagrama de Pareto, al existir tres calderas con el mismo modelo es necesario realizar el análisis de una sola caldera ya que el mantenimiento es el mismo para las tres.

La caldera modelo CB 101-250 Cleaver Brooks es una caldera integrada pirotubular de construcción de acero soldado cuyas partes constituyen de un recipiente de presión, quemador, ventilador de tiro forzado, compuerta de aire, bomba de aire, refractario y componentes relacionados.

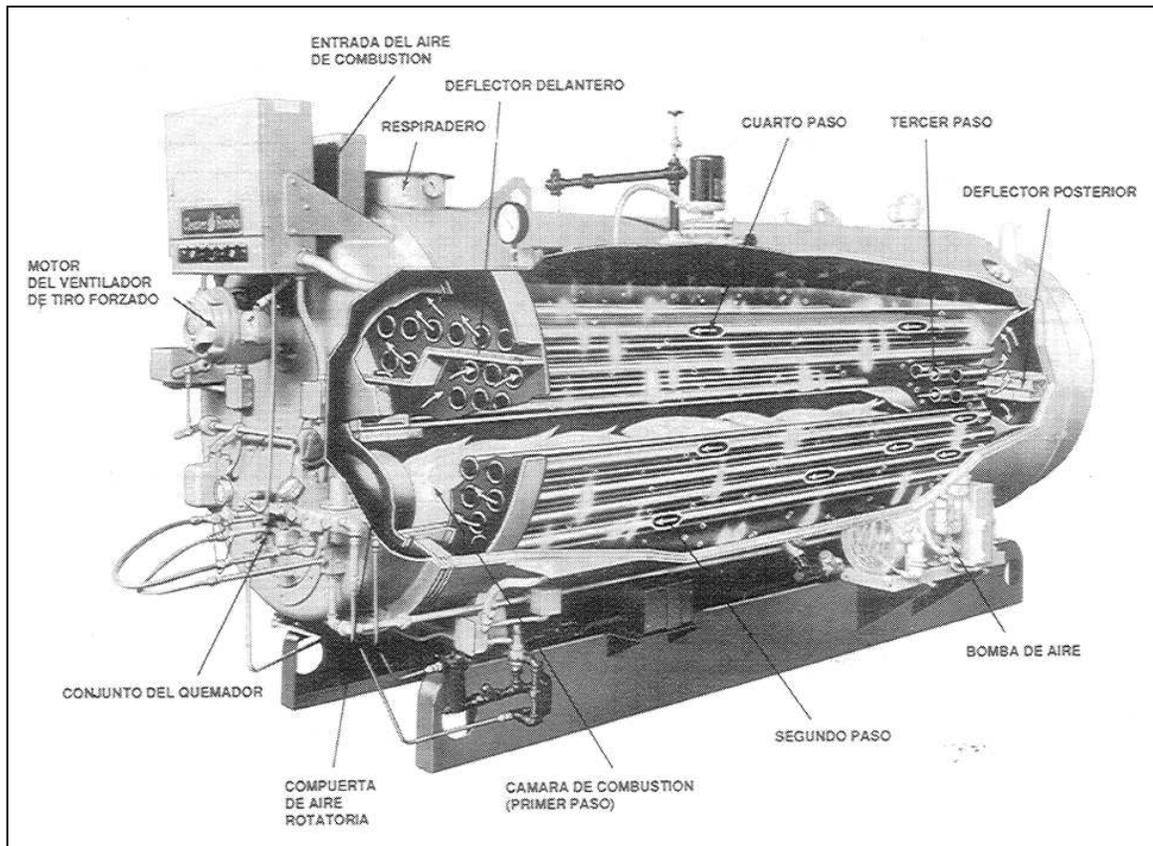


Figura 4. 2 Caldero Cleaver-Brooks Modelo CB 101-250 <sup>22</sup>

#### 4.6.1.1 Funcionamiento y Operación de la Generación de Vapor

El agua que entra al caldero esta almacenada en el tanque de condensado esta agua ha sido tratada previamente mediante los ablandadores de agua, cuando la caldera necesita abastecimiento porque el nivel de agua de la caldera lo detecta, se activan simultáneamente la bomba de abastecimiento de agua para el caldero y la bomba dosificadora de químico esta ultima trata nuevamente al agua para evitar daño en el interior del caldero.

*El aire para la combustión entra por la admisión de aire. El ventilador de tiro forzado lo hace pasar a través de la compuerta de aire rotatoria y del difusor hasta la cámara de combustión. El tubo principal de la llama o cámara de combustión*

<sup>22</sup> Fuente: MANUAL DE OPERACIÓN CALDERAS UNITARIAS MODELO CB CLEAVER-BROOKS

*constituye el primer paso. El deflector permite el paso de los gases al frente de la caldera solamente a través del segundo paso; aquí un deflector hace que los gases se dirijan hacia la parte posterior de la caldera solamente a través del tercer paso. De la parte posterior, los gases son forzados a través del cuarto paso hacia el respiradero.*<sup>23</sup>

El quemador de aceite es de baja presión atomizado por aire (boquilla) y se enciende por medio de una chispa generada por una llama piloto, el piloto es interrumpido apagándose después que se ha establecido la llama principal.

El aire para la combustión es suministrado por un soplador centrífugo localizado en la puerta delantera y está controlado por un actuador de compuerta. El mismo actuador regula el flujo de aceite combustible, por medio de una válvula medidora actuada por leva. El aire y combustible deben entrar proporcionalmente para producir una combustión más eficiente. El aire primario filtrado que se necesita para atomizar el aceite combustible es suministrado por una bomba de aire independientemente del aire para la combustión.

#### **4.6.1.2 Diagramas sistemático y funcionales de la Generación de Vapor CB 101–250 CLEAVER - BROOKS**

En este subcapítulo se ha dividido al sistema de generación de vapor (caldero Cleaver Brooks CB 101-250) en sistemas y subsistemas detallando la función que cumple cada uno de los componentes que integran dichos sistemas, para una mejor visualización se han representado mediante los diagramas que se muestran a continuación:

---

<sup>23</sup> Fuente: MANUAL DE OPERACIÓN CALDERAS UNITARIAS MODELO CB CLEAVER-BROOKS

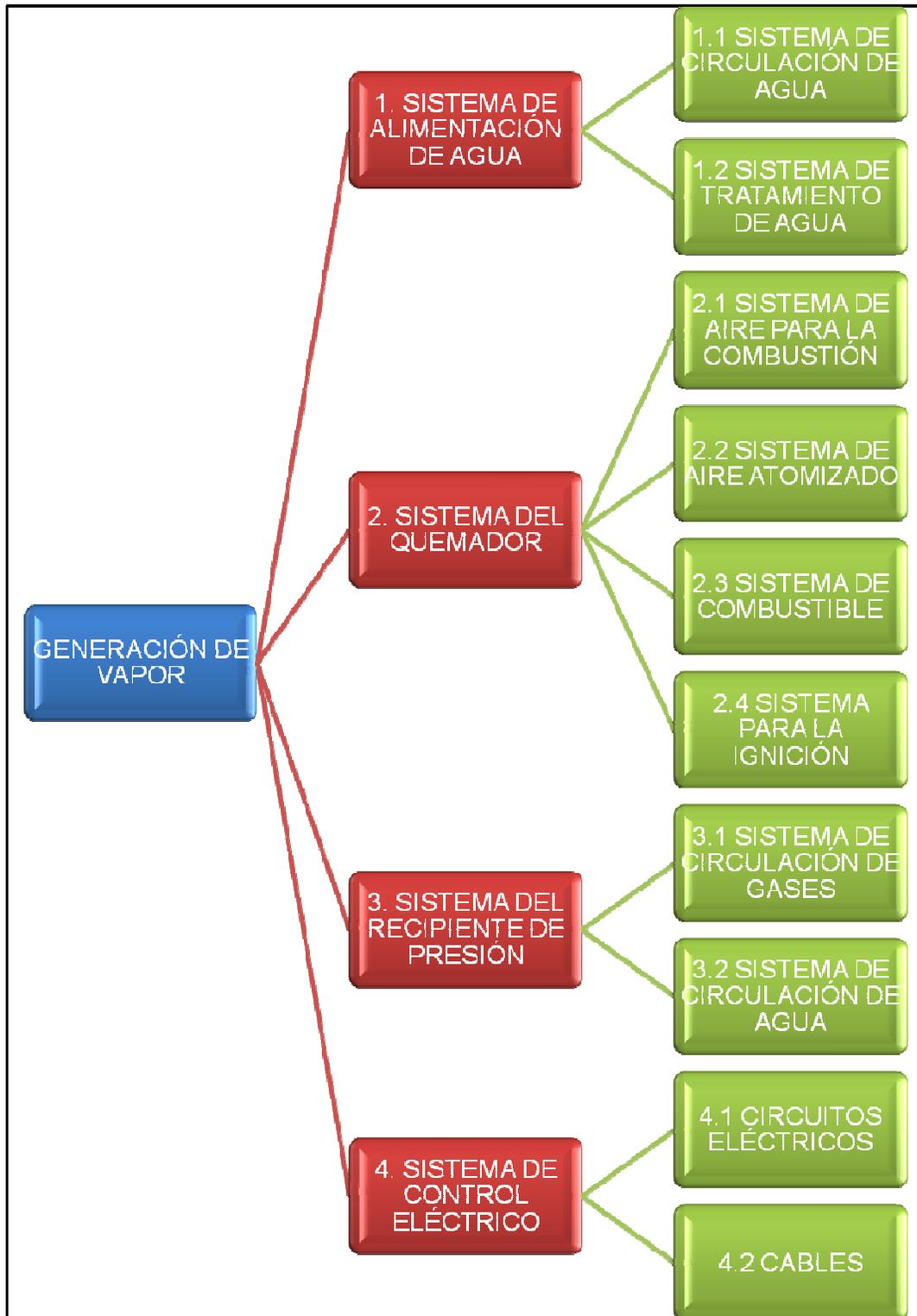


Figura 4. 3 Diagrama Sistemático de la Generación de Vapor <sup>24</sup>

<sup>24</sup> Fuente: Reina y Villegas

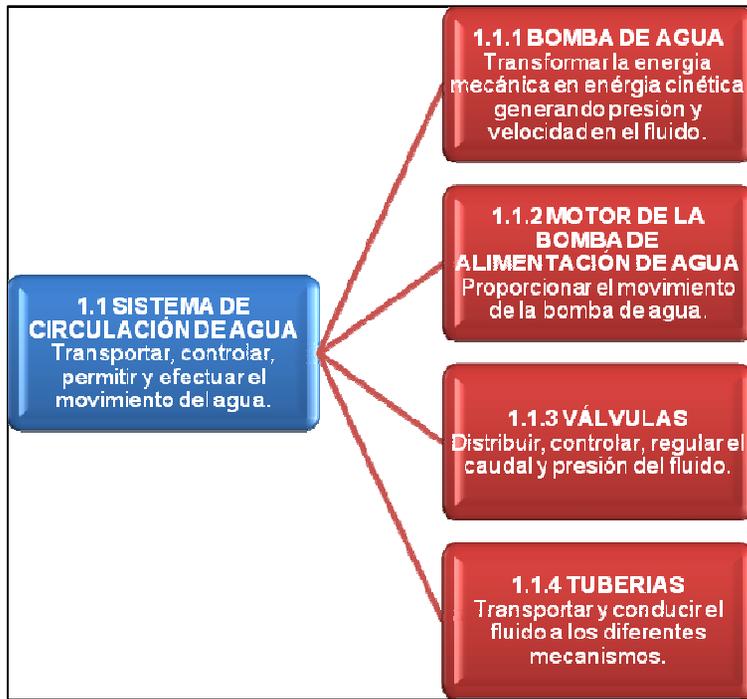


Figura 4. 4 Diagrama Funcional del Sistema de Circulación de Agua (Sistema de Alimentación de Agua)<sup>25</sup>



Figura 4. 5 Diagrama Funcional del Sistema de Tratamiento de Agua (Sistema de Alimentación de Agua)<sup>26</sup>

<sup>25</sup> Fuente: Reina y Villegas

<sup>26</sup> Fuente: Reina y Villegas

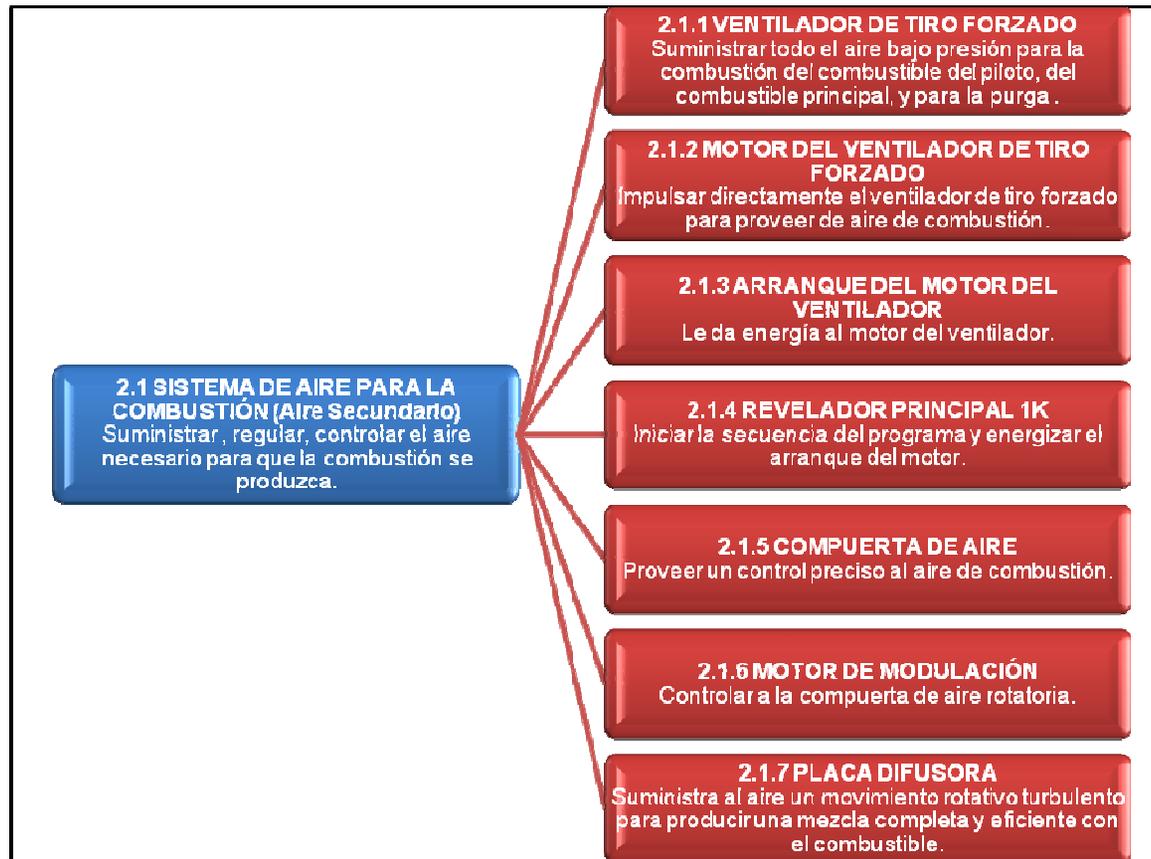


Figura 4. 6 Diagrama Funcional del Sistema de Aire para la Combustión (Sistema del Quemador) <sup>27</sup>

<sup>27</sup> Fuente: Reina y Villegas

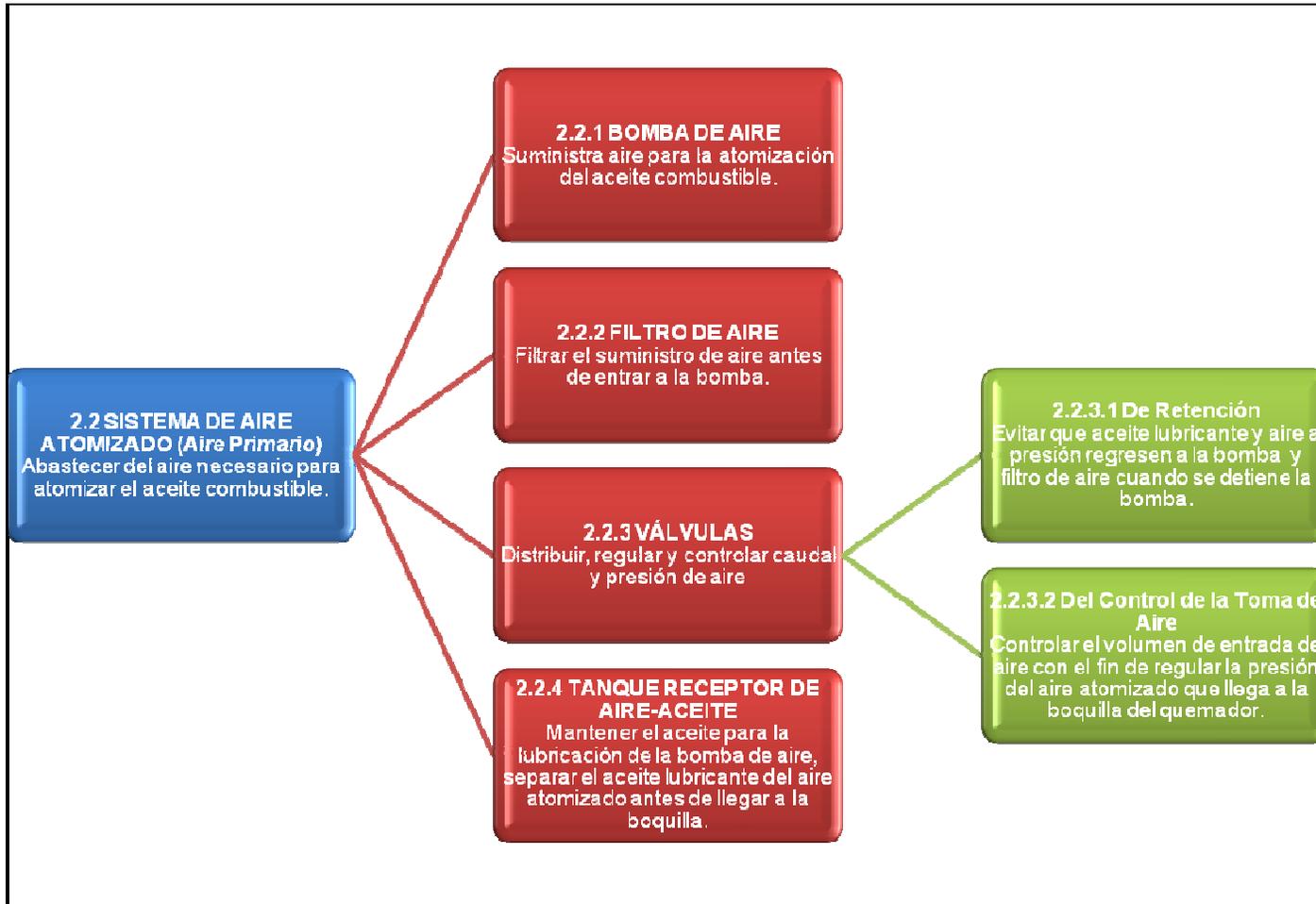


Figura 4. 7 Diagrama Funcional del Sistema de Aire Atomizado (Sistema del Quemador) <sup>28</sup>

<sup>28</sup> Fuente: Reina y Villegas

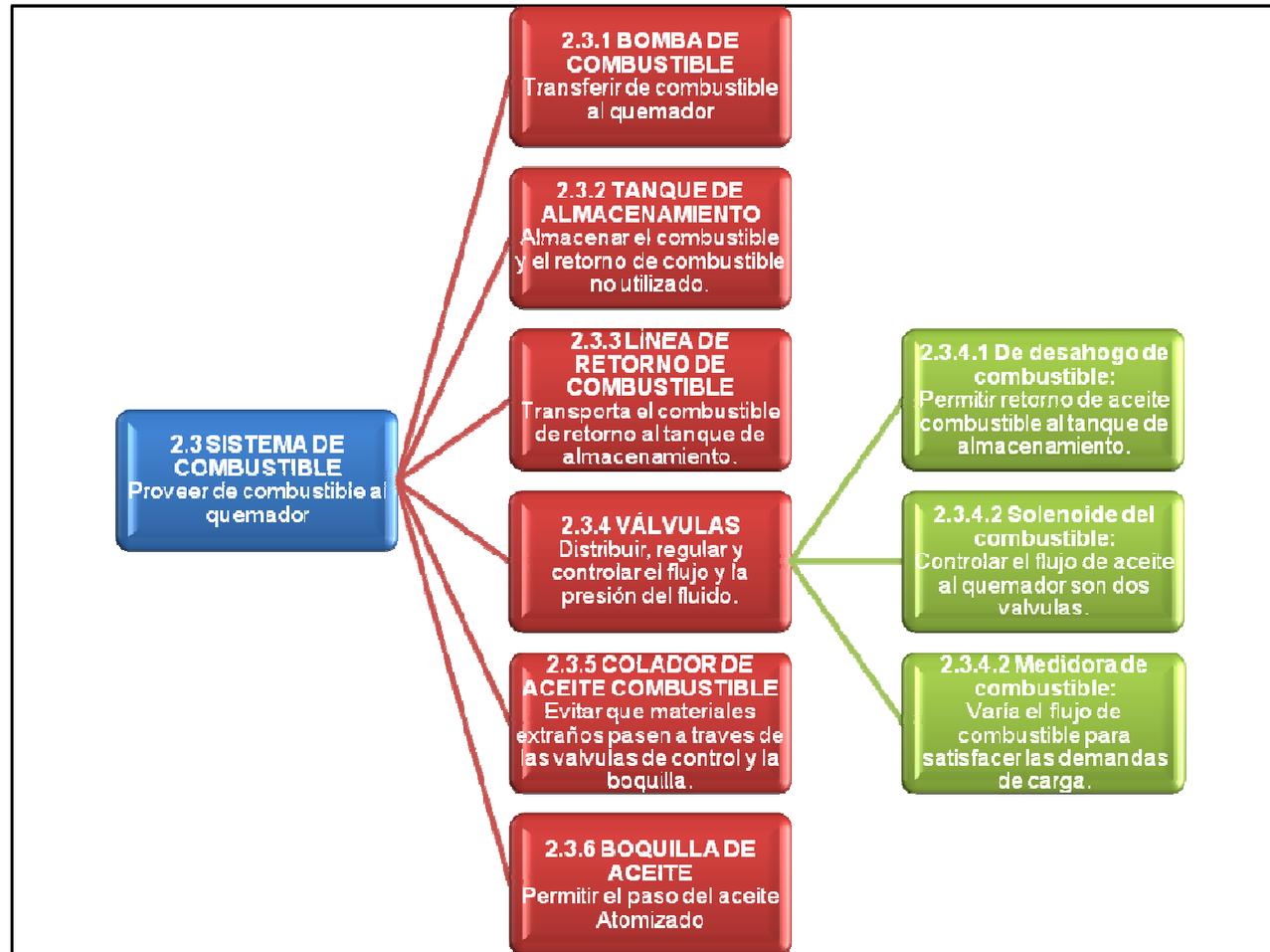
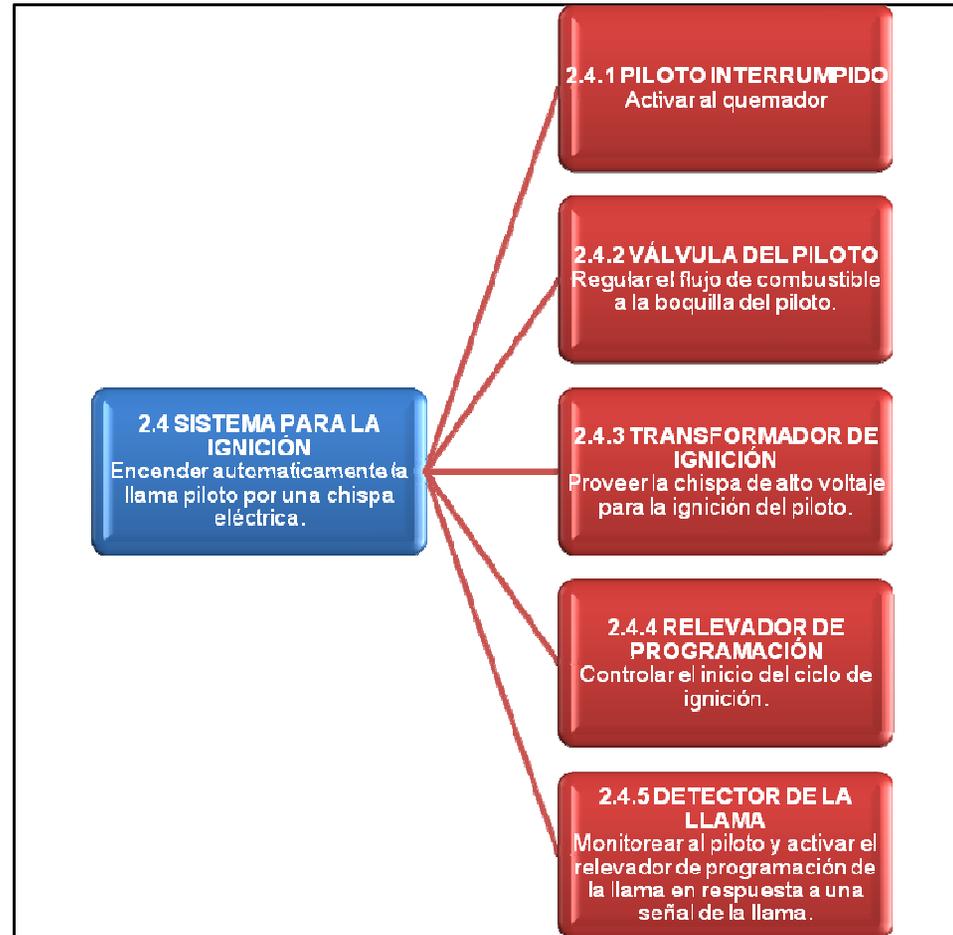


Figura 4. 8 Diagrama Funcional del Sistema de Combustible (Sistema del Quemador) <sup>29</sup>

<sup>29</sup> Fuente: Reina y Villegas

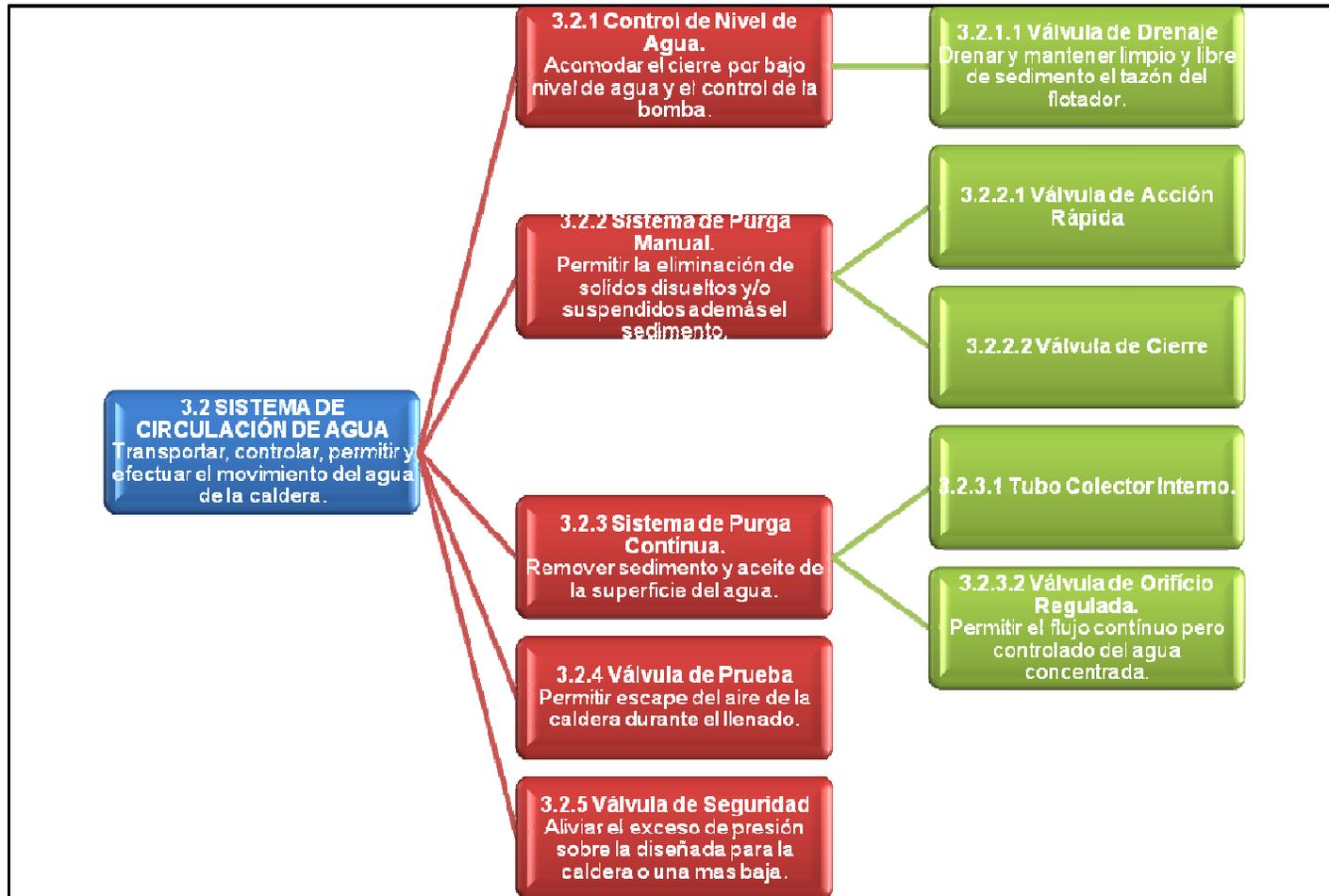
Figura 4. 9 Diagrama Funcional del Sistema para la Ignición (Sistema del Quemador) <sup>30</sup>



Figura 4. 10 Diagrama Funcional del Sistema de Circulación de Gases (Sistema del Recipiente de Presión) <sup>31</sup>

<sup>30</sup> Fuente: Reina y Villegas

<sup>31</sup> Fuente: Reina y Villegas



**Figura 4. 11 Diagrama Funcional del Sistema de Circulación de Agua (Sistema del Recipiente de Presión) <sup>32</sup>**

---

<sup>32</sup> Fuente: Reina y Villegas

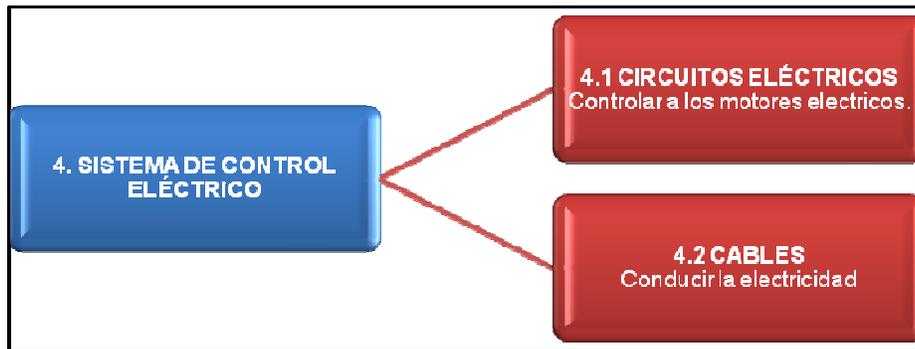


Figura 4. 12 Diagrama Funcional (Sistema de Control Eléctrico) <sup>33</sup>

#### 4.6.1.3 Cuadros AMFE para el Sistema de Generación de Vapor (Caldero modelo CB 101–250 CLEAVER – BROOKS)

<sup>33</sup> Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 9 Cuadro AMFE del Sistema de Circulación de Agua.

1		CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR (CALDERO CB 101-250)						
SISTEMA:		1. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA						
SUBSISTEMA:		1.1 SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE AGUA						
COMPONENTE		MODO	CAUSAS	EFECTOS	G	F	D	IPR
1.1.1	BOMBA DE AGUA	Impulsor tiene juego	Tuerca de montaje ajustada incorrectamente.	Parada	7	2	7	98
		Carcasa destrozada	Bomba se encuentra en posición vulnerable, Bulones de carcasa sin ajuste apropiado.	Parada	10	2	3	60
		Desgaste y deterioro de los sellos	Error de montaje de los sellos, sello suministrado incorrecto.	Disminución de estándares	2	7	7	98
		Disminución de la capacidad de bombeo, disminución del rendimiento de la bomba.	Cavitación en la bomba	Variación de presión del líquido	5	3	8	120
1.1.2	MOTOR DE LA BOMBA DE AGUA	Motor es operado a carga elevada	Error operacional	Parada	5	4	2	40
		Recalentamiento del motor	Rejilla de ventilación bloqueada	Parada	6	6	2	72
		Daño en los sellos del cojinete.	Falla de lubricación	Disminución de estándares	5	4	4	80

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 10 Cuadro AMFE del Sistema de Circulación de Agua (Continuación).

1 CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR (CALDERO CB 101-250)								
SISTEMA:		1. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA						
SUBSISTEMA:		1.1 SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE AGUA						
COMPONENTE	MODO	CAUSAS	EFFECTOS	G	F	D	IPR	
1.1.3	VÁLVULAS	No permite el suficiente paso del fluido	Error de montaje, subdimensionamiento	Parada	6	3	4	72
		Incrustaciones	Contaminantes en el agua	Parada	6	4	7	168
1.1.4	TUBERÍAS	Incrustaciones Corrosión Adelgazamiento de las paredes metálicas	Contaminantes en el agua	Disminución grave de Estándares	5	4	7	140
		Fugas	Uniones mal hechas, tuberías en mal estado	Disminución grave de Estándares	5	4	2	40

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 11 Cuadro AMFE del Sistema de Tratamiento de Agua.

2		CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR (CALDERO CB 101-250)						
SISTEMA:		1. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA						
SUBSISTEMA:		1.2 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA						
COMPONENTE		MODO	CAUSAS	EFFECTOS	G	F	D	IPR
1.2.1	BOMBA DOSIFICADORA DE QUÍMICO	La bomba no dosifica	Motor eléctrico no la acciona	Falta de dosificación en caldero	6	4	2	48
			Falla el mecanismo de bombeo	Falta de dosificación en caldero	6	4	7	168
		Carcasa destrozada	Bomba se encuentra en posición vulnerable, Bulones de carcasa sin ajuste apropiado.	Falta de dosificación en caldero	7	2	3	42
		Fuga de químico en la bomba	Desgaste y deterioro de los sellos	Disminución de estándares	7	4	4	112
1.2.2	QUÍMICO	El agua no es tratada en forma satisfactoria	No tiene los componentes necesarios para tratar el agua	Disminución grave de estándares	7	3	4	84
1.2.3	TUBERÍAS	Fugas	Uniones mal hechas Tuberías en mal estado	Disminución grave de Estándares	5	4	2	40

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 12 Cuadro AMFE del Sistema de Aire para la Combustión.

3		CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR (CALDERO CB 101-250)						
SISTEMA:		2. SISTEMA DEL QUEMADOR						
SUBSISTEMA:		2.1 SISTEMA DE AIRE PARA LA COMBUSTIÓN						
COMPONENTE		MODO	CAUSAS	EFFECTOS	G	F	D	IPR
2.1.1	VENTILADOR DE TIRO FORZADO	Paletas del impulsor rozan con la caja del ventilador	Asuste inadecuado de las paletas del impulsor.	Parada	7	4	7	196
		Disminución de la capacidad de ventilación	Acumulación de depósitos de suciedad en las paletas	Disminución de estándares	6	4	4	96
2.1.2	MOTOR DEL VENTILADOR	No acciona el ventilador	Error de mantenimiento	Parada	7	4	3	84
2.1.3	ARRANQUE DEL MOTOR	No le da la energía que necesita el motor	Arranque dañado Revelador 1K tiene problemas de operación	Parada	6	4	4	96
2.1.4	REVELADOR 1K	No inicia la secuencia del programa y no energiza el arranque	Contactos sucios	Parada	4	4	5	80

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 13 Cuadro AMFE del Sistema de Aire para la Combustión (Continuación).

3		CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR (CALDERO CB 101-250)						
SISTEMA:		2. SISTEMA DEL QUEMADOR						
SUBSISTEMA:		2.1 SISTEMA DE AIRE PARA LA COMBUSTIÓN						
COMPONENTE	MODO	CAUSAS	EFFECTOS	G	F	D	IPR	
2.1.5	COMPUERTA DE AIRE	Cilindro interior atascado	Acumulación de depósitos de suciedad o cuerpos extraños al sistema	No existe combustión por un mal control del aire	4	4	5	80
2.1.6	MOTOR DE MODULACIÓN	No transmite movimiento	Conexión eléctrica esta floja Interruptor Manual-Automático está en posición incorrecta.	Parada	4	3	4	48
2.1.7	PLACA DIFUSORA	No suministra una mezcla completa	Elemento en mal estado	Disminución grave de Estándares	5	3	6	90

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 14 Cuadro AMFE del Sistema de Aire Atomizado.

4 CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR (CALDERO CB 101-250)								
SISTEMA:		2. SISTEMA DEL QUEMADOR						
SUBSISTEMA:		2.2 SISTEMA DE AIRE ATOMIZADO						
COMPONENTE		MODO	CAUSAS	EFFECTOS	G	F	D	IPR
2.2.1	BOMBA DE AIRE	Desgaste excesivo de la bomba de aire	No tiene suficiente aceite lubricante	Disminución grave de Estándares	8	4	4	128
2.2.2	FILTRO DE AIRE	Operación defectuosa	Filtro con acumulación de suciedad	Disminución de Estándares	5	3	4	60
2.2.3	VÁLVULAS	Operación defectuosa	Mal montaje	Disminución de Estándares	7	2	4	56
			Deterioro de elementos internos		7	3	6	126
			Obsolescencia		7	3	4	84
2.2.4	TANQUE RECEPTOR DE AIRE-COMBUSTIBLE	No separa aceite lubricante de aire comprimido	Virutas de acero en mal estado	Disminución de Estándares	6	3	6	108
		No lubrica a la bomba de aire	Bajo nivel de aceite lubricante	Parada	7	3	4	84

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 15 Cuadro AMFE del Sistema de Combustible.

5 CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR (CALDERO CB 101-250)								
SISTEMA:		2. SISTEMA DEL QUEMADOR						
SUBSISTEMA:		2.3 SISTEMA DE COMBUSTIBLE						
COMPONENTE		MODO	CAUSAS	EFFECTOS	G	F	D	IPR
2.3.1	BOMBA DE COMBUSTIBLE	Operación Incorrecta	Bomba se encuentra en posición vulnerable.	Parada	6	3	3	54
			Error de montaje de los sellos, sello suministrado incorrecto.	Disminución de estándares	5	4	4	80
2.3.2	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Exceso de aceite en el tanque	Boya reguladora de nivel en mal estado	Desperdicio de Aceite por perdidas	6	6	3	108
		Aceite en mal estado	Depósitos acumulados	Disminución de estándares	7	5	3	105
		Consumo excesivo de aceite	Fugas, tanque en mal estado	Desperdicio de Aceite por perdidas	7	5	3	105
2.3.3	LÍNEA DE RETORNO DE COMBUSTIBLE	Operación incorrecta	Fugas de combustible	Disminución de estándares	6	4	2	48

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 16 Cuadro AMFE del Sistema de Combustible (Continuación).

5 CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR (CALDERO CB 101-250)								
SISTEMA:		2. SISTEMA DEL QUEMADOR						
SUBSISTEMA:		2.3 SISTEMA DE COMBUSTIBLE						
COMPONENTE		MODO	CAUSAS	EFFECTOS	G	F	D	IPR
2.3.4	VÁLVULAS	Operación Incorrecta	Empaques de válvula medidora en mal estado	Disminución de estándares	6	5	6	180
			Elementos internos en mal estado		6	2	6	72
			Obsolescencia		5	3	4	60
2.3.5	COLADOR DE ACEITE COMBUSTIBLE	Operación incorrecta	Acumulación de suciedad	Disminución de estándares	5	8	4	160
2.3.6	BOQUILLA DE ACEITE	Indicador de presión de aire aumenta fuera de lo normal	Bloqueo en la punta de la boquilla	No hay llama principal	5	5	6	150

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 17 Cuadro AMFE del Sistema para la Ignición.

6		CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR (CALDERO CB 101-250)						
SISTEMA:		2. SISTEMA DEL QUEMADOR						
SUBSISTEMA:		2.4 SISTEMA PARA LA IGNICIÓN						
COMPONENTE	MODO	CAUSAS	EFFECTOS	G	F	D	IPR	
2.4.1	PILOTO INTERRUPTIDO	No se forma el arco entre los electrodos	Electrodos en mal estado	No hay llama Principal	6	4	4	96
2.4.2	VÁLVULA DEL PILOTO	Válvula solenoide del piloto no funciona	No hay llama Principal	Hay chispa pero no hay llama	7	3	4	84
		Poco o cero voltaje a la válvula solenoide	No hay ignición		5	3	5	75
2.4.3	TRANSFORMADOR DE IGNICIÓN	El transformador de ignición no funciona	No hay ignición por falta de chispa	No hay ignición	6	2	5	60
2.4.4	RELEVADOR DE PROGRAMACIÓN	No hay ignición por falta de chispa revelador no se retracta	Contactos sucios	Parada	6	2	6	72
2.4.5	DETECTOR DE LA LLAMA	Detector defectuoso, tubo de inspección obstruido, lentes del detector sucios	El programador no funciona	No hay llama Principal	6	2	5	60

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 18 Cuadro AMFE del Sistema de Circulación de Gases.

7		CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR (CALDERO CB 101-250)						
SISTEMA:		3. SISTEMA DEL RECIPIENTE DE PRESIÓN						
SUBSISTEMA:		3.1 SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE GASES						
COMPONENTE		MODO	CAUSAS	EFECTOS	G	F	D	IPR
3.1.1	CÁMARA DE COMBUSTIÓN	Acumulaciones de hollín y hollín suelto	Limpieza nula o inadecuada de la cámara de combustión	Disminución de estándares	5	6	5	150
3.1.2	TUBERÍAS	Daño de superficies	Depósitos de aceite, grasa o materia extraña	Disminución de estándares	7	3	5	105
		Incrustaciones Corrosión	Contaminantes en el agua		7	3	5	105
3.1.3	DEFLECTORES	Daño de superficies interiores	Depósitos de aceite, grasa o materia extraña	Disminución de estándares	5	3	5	75
3.1.4	RESPIRADERO	Obstrucción de la salida de gases	Mal periodo de mantenimiento	Parada	6	2	6	72

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 19 Cuadro AMFE del Sistema de Circulación de Agua.

8 CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR (CALDERO CB 101-250)								
SISTEMA:		3. SISTEMA DEL RECIPIENTE DE PRESIÓN						
SUBSISTEMA:		3.2 SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE AGUA						
COMPONENTE		MODO	CAUSAS	EFFECTOS	G	F	D	IPR
3.2.1	CONTROL DE NIVEL DE AGUA	Suciedad en el flotador, columna de agua y piezas móviles internas	Mal periodo de mantenimiento	Parada	8	3	6	144
3.2.2	VÁLVULAS PURGA MANUAL	Concentración de sólidos disueltos en el fondo del agua del recipiente de presión	No se ha realizado purga	Disminución grave de estándares	8	4	5	160
			Válvulas en mal estado		8	4	3	96
3.2.3	VÁLVULAS PURGA CONTINUA	Concentración de sedimento aceite y otras impurezas en la superficie del agua del recipiente de presión	No se ha realizado purga	Disminución grave de estándares	8	4	5	160
			Válvulas en mal estado		8	4	3	96
3.2.4	VÁLVULA DE PRUEBA	Operación Incorrecta	Elementos internos en mal estado	Parada	8	3	6	144
3.2.5	VÁLVULA DE SEGURIDAD	Operación Incorrecta	Elementos internos en mal estado	Parada	8	3	6	144

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 20 Cuadro AMFE del Sistema de Control Eléctrico.

9 CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR (CALDERO CB 101-250)								
SISTEMA:		4. SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO						
SUBSISTEMA:		-						
COMPONENTE	MODO	CAUSAS	EFFECTOS	G	F	D	IPR	
4.1	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	Operación Incorrecta	Suciedad	Parada	5	3	3	45
4.2	CABLES	Cables en mal estado	Obsolescencia	Parada, Posible corto circuito	8	4	3	96

Fuente: Reina y Villegas

#### 4.6.1.4 Cuadro de correctivos

Este cuadro se realiza con el objetivo de reducir el Índice de Prioridad de Riesgo (IPR). Un índice aceptable tiene que ser menor a 100 de acuerdo al análisis que el RCM nos sugiere.

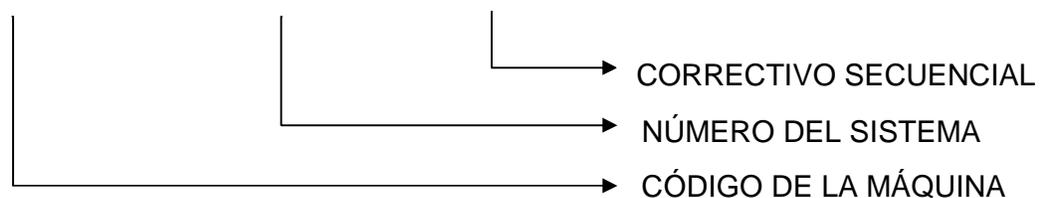
Pasos para La creación de Cuadros de Correctivos:

- Identificar los componentes que presentan un IPR mayor o igual a 100.
- Identificar la Causa Critica de funcionamiento.
- Plantear las Acciones Correctivas necesarias para cada caso.
- Definir la fecha y responsables del mantenimiento.
- Ubicar los nuevos valores de gravedad, frecuencia y defectibilidad.
- Finalmente el nuevo IPR que debe ser menor a 100.

Creación del código de correctivos:

Es importante que cada correctivo presente un código de corrección con el fin de tener un orden con la información y facilite la elaboración del programa, el código propuesto es el siguiente:

XX-01-01 - r.s.t - C000



El código de la máquina esta explicado en el Capítulo 3 en la parte correspondiente a la Codificación de Máquinas y Equipos, el número de sistema del componente está expresado en los diagramas sistemáticos y funcionales de este capítulo, el número correctivo secuencial se representa por la letra C mayúscula y le siguen tres números los mismos que representan la secuencia de correctivos.

Tabla 4. 21 Cuadro de Correctivos.

CUADRO DE CORRECTIVOS DE LOS DIFERENTES COMPONENTES														
N°	COMPONENTE	CAUSA CRITICA	G	F	D	IPR	CODIGO CORRECTIVO	CORRECTIVO	G	F	D	IPR	RESPONSABLE	FECHA
1.1.1	BOMBA DE AGUA	Cavitación en la bomba	5	3	8	120	CM-05-01-1.1.1-C001	Reemplazo de la bomba	3	1	8	24		
1.1.3	VÁLVULAS	(Incrustaciones) Contaminantes en el agua	6	4	7	168	CM-05-01-1.1.3-C002	Cambio de válvula	2	2	7	28		
1.1.4	TUBERÍAS	(Corrosión e incrustaciones) Contaminantes en el agua	5	4	7	140	CM-05-01-1.1.4-C003	Cambio de tubería,	2	3	7	42		
1.2.1	BOMBA DOSIFICADORA DE QUÍMICO	Falla el mecanismo de bombeo	6	4	7	168	CM-04-03-1.2.1-C004	Revisión del sistema mecánico de bombeo	3	2	7	42		
1.2.1	BOMBA DOSIFICADORA DE QUÍMICO	Desgaste y deterioro de los sellos	7	4	4	112	CM-04-03-1.2.1-C005	Cambio de sellos	3	2	4	24		

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 22 Cuadro de Correctivos (Continuación).

CUADRO DE CORRECTIVOS DE LOS DIFERENTES COMPONENTES														
N°	COMPONENTE	CAUSA CRITICA	G	F	D	IPR	CODIGO CORRECTIVO	CORRECTIVO	G	F	D	IPR	RESPONSABLE	FECHA
2.1.1	VENTILADOR DE TIRO FORZADO	Asuste inadecuado de las paletas del impulsor.	7	4	7	196	CM-05-01-2.1.1-C006	Verificar que el ventilador este bien asegurado al eje del motor	4	2	7	56		
2.2.1	BOMBA DE AIRE	No tiene suficiente aceite lubricante	8	4	4	128	CM-05-01-2.2.1-C007	Verificar el nivel de aceite lubricante, suministrar suficiente aceite lubricante	5	2	4	40		
2.2.3	QUEMADOR	Deterioro de elementos internos	7	3	6	126	CM-05-01-2.2.3-C008	Cambio de Válvulas	3	2	6	36		
2.2.4	TANQUE RECEPTOR DE AIRE-COMBUSTIBLE	Virutas de acero en mal estado	6	3	6	108	CM-05-01-2.2.4-C009	Inspeccionar viruta de acero y cambiar	4	2	6	48		
2.3.2	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Boya reguladora de nivel en mal estado	6	6	3	108	CM-06-05-2.3.2-C010	Chequear la boya reguladora de nivel reparar y si es necesario cambiar	4	2	3	24		

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 23 Cuadro de Correctivos (Continuación).

CUADRO DE CORRECTIVOS DE LOS DIFERENTES COMPONENTES														
N°	COMPONENTE	CAUSA CRITICA	G	F	D	IPR	CÓDIGO CORRECTIVO	CORRECTIVO	G	F	D	IPR	RESPONSABLE	FECHA
2.3.2	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Depósitos acumulados	7	5	3	105	CM-06-05-2.3.2-C011	Realizar limpieza periódica del tanque de almacenamiento de combustible	4	3	3	36		
2.3.2	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Fugas, tanque en mal estado	7	5	3	105	CM-06-05-2.3.2-C012	Inspección de fugas en el tanque	4	4	3	36		
2.3.4	VÁLVULA MEDIDORA	Empaques de válvula medidora en mal estado	6	5	6	180	CM-05-01-2.3.4-C013	Revisar válvula y reemplazar empaques	4	3	6	72		
2.3.5	COLADOR DE ACEITE COMBUSTIBLE	Acumulación de suciedad	5	8	4	160	CM-05-01-2.2.5-C014	Revisar y limpiar colador de aceite	3	4	4	48		
2.3.6	BOQUILLA DE ACEITE	Bloqueo en la punta de la boquilla	5	5	6	150	CM-05-01-2.3.6-C015	Limpieza de la boquilla de aceite	2	2	6	24		

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 24 Cuadro de Correctivos (Continuación).

CUADRO DE CORRECTIVOS DE LOS DIFERENTES COMPONENTES														
N°	COMPONENTE	CAUSA CRITICA	G	F	D	IPR	CÓDIGO CORRECTIVO	CORRECTIVO	G	F	D	IPR	RESPONSABLE	FECHA
3.1.1	CÁMARA DE COMBUSTIÓN	Limpieza nula o inadecuada de la cámara de combustión	5	6	5	150	CM-05-01-3.1.1-C016	Limpieza de la cámara de combustión	3	3	5	45		
3.1.2	TUBERÍAS	Depósitos de aceite, grasa o materia extraña	7	3	5	105	CM-05-01-3.1.2-C017	Reemplazar la tubería en mal estado	3	1	5	15		
3.1.2	TUBERÍAS	(Corrosión e incrustaciones) Contaminantes en el agua	7	3	5	105	CM-05-01-3.1.2-C018	Reemplazar la tubería dañada	3	2	5	30		
3.2.1	CONTROL DE NIVEL DE AGUA	Mal periodo de mantenimiento	8	3	6	144	CM-05-01-3.2.1-C019	Realizar el mantenimiento inmediatamente	3	2	6	36		
3.2.2	VÁLVULAS PURGA MANUAL	No se ha realizado purga	8	4	5	160	CM-05-01-3.2.2-C020	Efectuar la purga	3	2	5	30		

Fuente: Reina y Villegas

**Tabla 4. 25 Cuadro de Correctivos (Continuación).**

<b>CUADRO DE CORRECTIVOS DE LOS DIFERENTES COMPONENTES</b>														
<b>N°</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>CAUSA CRITICA</b>	<b>G</b>	<b>F</b>	<b>D</b>	<b>IPR</b>	<b>CÓDIGO CORRECTIVO</b>	<b>CORRECTIVO</b>	<b>G</b>	<b>F</b>	<b>D</b>	<b>IPR</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>FECHA</b>
3.2.4	VÁLVULA DE PRUEBA	Elementos internos en mal estado	8	3	6	144	CM-05-01-3.2.4-C021	Sustituir elementos en mal estado	4	2	6	48		
3.2.5	VÁLVULA DE SEGURIDAD	Elementos internos en mal estado	8	3	6	144	CM-05-01-3.2.5-C022	Reemplazar la válvula de seguridad	3	2	6	36		

**Fuente: Reina y Villegas**

#### **4.6.1.5 Actividades de Mantenimiento**

Las actividades de mantenimiento surgen como consecuencia del análisis realizado para la realización de los cuadros de correctivos, estas actividades están encaminadas a mejorar el índice de gravedad y el índice de frecuencia.

Para la realización de las actividades de mantenimiento, primeramente se debe elaborar formatos que permitan recoger información de aspectos muy importantes como: fecha, personal involucrado, herramientas y repuestos utilizados, tiempo utilizado, el componente y la actividad a realizar.

La información recolectada de cada una de las actividades que se realizan servirá para la realización de análisis estadísticos con miras a realizar un proceso de mejora continua del programa de mantenimiento, uno de los aspectos más importantes para mejorar es la relación horas – hombre.

Otro aspecto importante que se puede desprender de la información contenida en los formatos de las actividades de mantenimiento es el presupuesto que se debe tener para la realización de las actividades de mantenimiento.

Es importante que el personal que realice las actividades de mantenimiento siempre utilice el equipo de seguridad adecuado para evitar accidentes que pueden y deben evitarse.

Tabla 4. 26 Actividad de Mantenimiento

1.1.1	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO							
<b>COMPONENTE:</b>		BOMBA DE AGUA						
<b>ACTIVIDAD:</b>		REEMPLAZO DE BOMBA CAVITADA						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-05-01-1.1.1-C001	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Alicates, destornilladores, multímetro, juego de llaves de tuercas					
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>		Nueva bomba, empaques, sellos de seguridad, elementos de limpieza					
	<b>PERSONAL</b>							
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO(min.)</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>			
1	Examinar el sistema de circulación de agua			10				
2	Determinar las válvulas que se deben cerrar para interrumpir el flujo de fluido			10	Verificar el estado de las válvulas			
3	Apagar del motor de la bomba			5	Verificar el estado de las conexiones eléctricas			
4	Interrumpir el flujo de fluido			10	Verificar que la línea esté despresurizada			
5	Alistar el juego de llaves de tuercas			5	Verificar el estado de las herramientas			
6	Determinar que llaves se necesitan para desacoplar la bomba			5	Seleccionar con cuidado para evitar daños de las tuercas			
7	Desacoplar el motor de la bomba			10	Utilizar adecuadamente las llaves de tuercas			
8	Limpiar los acoples de la bomba con la línea			10	No utilizar elementos abrasivos			
9	Preparar las herramientas adecuadas para el acople de la nueva bomba			5	Seleccionar adecuadamente las llaves de tuercas			
10	Acoplar la nueva bomba al motor			20	Observar que los acoples sean correctos.			
11	Preparar la cantidad adecuada de empaques y sellos de seguridad			5				
12	Colocar los sellos y empaques de seguridad en los acoples			15				
13	Cebbar la nueva bomba para evitar daños en la nueva bomba			10				
14	Probar el funcionamiento de la nueva bomba			30	Verificar que no existan fugas en la línea			
15	Realizar mediciones de presión, voltaje e intensidad			15	Verificar que no existan fugas o fluctuaciones de voltaje e intensidad			

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 27. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

1.1.3 ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO								
<b>COMPONENTE:</b>		VÁLVULAS						
<b>ACTIVIDAD:</b>		CAMBIO DE VÁLVULA						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-05-01-1.1.3-C002	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Alicates, destornilladores, llaves de tuercas					
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>		Nueva válvula, empaques, sellos de seguridad					
	<b>PERSONAL</b>							
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO(min.)</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>			
1	Examinar el sistema de circulación de agua			10				
2	Determinar las válvulas que se deben cerrar para interrumpir el flujo de fluido			5				
3	Verificar el estado de las válvulas			5				
4	Interrumpir el flujo de fluido cerrando las válvulas			10				
5	Medir la presión en la línea de flujo			5	Verificar que no exista riesgos			
6	Preparar las herramientas necesarias para realizar el desacople de la válvula			5	Verificar el estado de las herramientas			
7	Examinar los acoples de la válvula con la línea			5	Verificar que los acoples no tengan tapotamientos			
8	Desacoplar la válvula dañada de la línea			10	Observar y verificar que los acoples estén en buen estado			
9	Limpiar los acoples			10	No utilizar elementos abrasivos			
10	Preparar la cantidad y empaques de seguridad adecuado			5				
11	Colocar los sellos y empaques de seguridad			15	Verificar que los sellos y empaques ocupen su lugar			
12	Acoplar la nueva válvula a la línea de flujo			20	Utilizar las llaves de tuercas adecuadas.			
13	Presurizar la línea de flujo			10	Abrir las válvulas lentamente			
14	Realizar mediciones de presión			15	Verificar que no existan fugas			

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 28. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

1.1.4 ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO								
<b>COMPONENTE:</b>		TUBERÍAS						
<b>ACTIVIDAD:</b>		CAMBIO DE TUBERÍA						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-05-01-1.1.4-C003	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Alicates, destornilladores, sierra en caso de ser necesario, llaves de tubo					
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>		Nueva línea cortada a la medida, empaques, sellos de seguridad, accesorios de línea de ser necesario					
	<b>PERSONAL</b>							
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO(min.)</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>			
1	Examinar el sistema de circulación de fluido			15				
2	Determinar las válvulas que se deben cerrar para interrumpir el flujo de fluido			10				
3	Verificar el estado de las válvulas a cerrar			10	Verificar que no existan taponamientos			
4	Interrumpir el flujo de fluido			5	Cerrar las válvulas con cuidado			
5	Alistar la nueva línea a ser instalada			10				
6	Verificar la longitud de la nueva línea a ser instalada			10	Esto evitará que existan problemas en el acople			
7	Preparar las herramientas para realizar el desacople de la línea dañada			10	Verificar el estado de las herramientas			
8	Verificar que no existan taponamientos en accesorios de la línea			10	Codos, válvulas, uniones			
9	Desacoplar los accesorios de la línea			10				
10	Desacoplar la línea dañada			30				
11	Verificar que los accesorios estén en buen estado			10	De lo contrario alistar nuevos accesorios			
12	Acoplar la nueva línea con sus accesorios			60	Reemplazar los accesorios en mal estado			
13	Preparar los sellos y empaques de seguridad							
14	Colocar los sellos y empaques de seguridad			30	Utilizar la cantidad adecuada			
15	Presurizar la nueva línea lentamente			5				
16	Realizar mediciones de presión			60	Verificar que no existan fluctuaciones de presión			

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 29. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

1.2.1		ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO						
<b>COMPONENTE:</b>		BOMBA DOSIFICADORA DE QUÍMICO						
<b>ACTIVIDAD:</b>		REVISIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO DE BOMBEO						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-04-03-1.2.1-C004	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Llaves de tuercas, martillos, destornilladores, llave de tubo					
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>		Empaques, sellos si es necesario					
	<b>PERSONAL</b>							
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO (min.)</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>			
1	Apagar el caldero			120	Verificar que la presión del caldero disminuya a cero			
2	Examinar el flujo de fluido			10	Inspección visual			
3	Verificar que la línea de conexión a la bomba esté despresurizada			5	Realizar mediciones de presión			
4	Preparar las herramientas para el desacople de la bomba y la línea de conexión			10	Revisar el estado de las herramientas			
5	Examinar el estado de los accesorios de la línea de conexión			10	Verificar que no existan taponamientos			
6	Desacoplar la línea de conexión y sus accesorios			10	Utilizar cuidadosamente la llave de tubo y llave de tuerca			
7	Desarmar la bomba			30	Utilizar las llaves de tuercas adecuadas			
8	Verificar el estado del rodete y acoples			20	Observar que no haya cavitación ni suciedad en los acoples			
9	Observar el estado de sellos y empaques			20	Verificar que no existan riesgos de fuga			
10	Rearmar la bomba			30	Realizar los acoples adecuadamente con las llaves de tuercas			
11	Encender el caldero			5	Verificar que alcance la presión de trabajo			
12	Realizar mediciones de presión			60	Verificar que no existan fugas en la línea			

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 30. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

1.2.1 ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO								
<b>COMPONENTE:</b>		BOMBA DOSIFICADORA DE QUÍMICO						
<b>ACTIVIDAD:</b>		CAMBIO DE SELLOS						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-04-03-1.2.1-C005	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Llaves de tuercas, martillos, destornilladores					
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>		Nuevos sellos especificados por el fabricante					
	<b>PERSONAL</b>							
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO (min.)</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>			
1	Apagar el caldero			120	Verificar que la presión del caldero disminuya a cero			
2	Examinar el flujo de fluido			10	Inspección visual			
3	Verificar que la línea de conexión a la bomba esté despresurizada			5	Realizar mediciones de presión			
4	Desarmar la bomba con la ayuda de las llaves de tuercas			15	Cuidado de no dañar otros elementos			
5	Preparar las herramientas para el desacople de la bomba y la línea de conexión			10	Revisar el estado de las herramientas			
6	Examinar el estado de los accesorios de la línea de conexión			10	Verificar que no existan taponamientos			
7	Desacoplar la línea de conexión y sus accesorios			10	Utilizar cuidadosamente la llave de tubo y llave de tuerca			
8	Desarmar la bomba			20	Utilizar con cuidado las llaves de tuercas			
9	Preparar los nuevos sellos a ser acoplados			5				
10	Verificar el estado de los sellos			20	Verificar la existencia de peligros de fugas			
11	Realizar el cambio de los sellos			30	Verificar que los acoples sean adecuados			
12	Encender el caldero			90	Verificar que alcance la presión de trabajo			
13	Probar el funcionamiento de los nuevos sellos			40	Realizar mediciones de presión, verificar que no existan fluctuaciones de presión			

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 31. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

2.1.1		ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO						
<b>COMPONENTE:</b>		VENTILADOR DE TIRO FORZADO						
<b>ACTIVIDAD:</b>		VERIFICAR QUE EL VENTILADOR ESTE BIEN ASEGURADO AL EJE DEL MOTOR						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-05-01-2.1.1-C006	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Llaves de tuercas, martillos, destornilladores					
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>							
	<b>PERSONAL</b>							
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO (min.)</b>		<b>OBSERVACIÓN</b>		
1	Apagar el caldero			60		Verificar que la presión del caldero disminuya a cero		
2	Verificar el estado de las conexiones del ventilador con el caldero			10		Verificar que no existan taponamientos		
3	Preparar las herramientas necesarias para el desacople de la carcaza externa			5		Verificar el estado de las herramientas		
4	Desacoplar la carcaza externa que cubre el ventilador			10		Utilizar adecuadamente las llaves de tuercas		
5	Desacoplar la carcaza externa del motor del ventilador			15		Utilizar adecuadamente las llaves de tuercas		
6	Verificar el estado de los elementos del ventilador			20		Acoples, manijas		
7	Verificar el acople del eje del motor con el ventilador			10		Observar que no existan depósitos de suciedad		
8	Acoplar nuevamente el eje del motor con el ventilador			15		Tener cuidado con los acoples		
9	Rearmar la carcaza externa del motor			20		Manipular con cuidado las llaves de tuercas		
10	Rearmar la carcaza externa del ventilador			25		Manejar con cuidado las llaves de tuercas		
11	Encender el caldero			90		Verificar que alcance la presión de trabajo		
12	Verificar que el suministro de aire sea el adecuado			20		Verificar que el color de la llama sea el adecuado		

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 32. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

2.2.1	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO							
<b>COMPONENTE:</b>		BOMBA DE AIRE						
<b>ACTIVIDAD:</b>		VERIFICAR EL NIVEL DE ACEITE LUBRICANTE SUMINISTRAR SUFICIENTE ACEITE LUBRICANTE						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-05-01-2.2.1-C007	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Llaves de tuercas, martillos, destornilladores,					
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>		Aceite de lubricación para la bomba de aire recomendado por el fabricante					
	<b>PERSONAL</b>							
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO (min.)</b>		<b>OBSERVACIÓN</b>		
1	Encender el caldero			90		Verificar que alcance la presión de trabajo.		
2	Observar atentamente el nivel de aceite en el tanque de aire - aceite			40		Verificar que no existan fluctuaciones grandes en el nivel de aceite		
3	De ser necesario apagar el caldero			120		Verificar que la presión del caldero sea cero		
4	Suministrar el aceite limpio y frío necesario para alcanzar el nivel adecuado de aceite en tanque de aire- aceite			20		Verificar que no existan impurezas en el aceite		
5	Encender el caldero			90		Verificar que alcance la presión de trabajo		
6	Verificar que el nivel de aceite sea el adecuado			60		Inspección visual		

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 33. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

2.2.3	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO							
<b>COMPONENTE:</b>		QUEMADOR						
<b>ACTIVIDAD:</b>		CAMBIO DE VÁLVULAS						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-05-01-2.2.3-C008	INICIO	HORA	FECHA	FIN	HORA	FECHA
RECURSOS	<b>HERRAMIENTAS</b>		Llaves de tuercas, martillos, destornilladores					
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>		Válvulas nuevas recomendadas por el fabricante, empaques, sellos					
	<b>PERSONAL</b>							
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
N°	PROCEDIMIENTO			TIEMPO (min.)	OBSERVACIÓN			
1	Apagar el caldero			120	Verificar que la presión del caldero sea cero			
2	Desacoplar el quemador de la carcaza principal del caldero			30	Cuidado de no dañar otros elementos			
3	Retirar las válvulas defectuosas			30	Cuidado de no dañar otros elementos			
4	Acoplar las nuevas válvulas con sus respectivos sellos y empaques			15	Utilizar las llaves de tuercas adecuadas			
5	Verificar que los acoples de las nuevas válvulas, sellos y empaques			60	Inspección visual			
6	Encender el caldero			90	Verificar que alcance la presión de trabajo			
7	Probar el funcionamiento de las nuevas válvulas			60	Verificar que el funcionamiento sea el adecuado, realizar mediciones de presión			

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 34. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

2.2.4	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO								
<b>COMPONENTE:</b>		TANQUE RECEPTOR DE AIRE-COMBUSTIBLE							
<b>ACTIVIDAD:</b>		INSPECCIONAR VIRUTA DE ACERO Y CAMBIAR							
<b>CÓDIGO:</b>		CM-05-01-2.2.4-C009	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA	
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Llaves de tuercas, martillos						
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>		Viruta de acero nueva recomendada por el fabricante diez onzas						
	<b>PERSONAL</b>								
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>					
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO (min.)</b>		<b>OBSERVACIÓN</b>			
1	Apagar el caldero			120		Verificar que la presión del caldero sea cero			
2	Desacoplar el tanque receptor de aire combustible			30		Cuidado de no dañar otros elementos			
3	Inspeccionar el estado de la viruta			20		Verificar que la viruta llene todo el espacio disponible			
4	Si es necesario cambiar la viruta			30		Compactar la viruta de manera que exista una densidad uniforme			
5	Acoplar el tanque receptor			40		Cuidado en los acoples			
6	Encender el caldero			90		Verificar que alcance la presión de trabajo			
7	Probar el funcionamiento del tanque receptor de aire combustible			60		Verificar que el consumo de aceite no sea elevado, si este es el caso la compactación de viruta es excesiva			

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 35. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

2.3.2		ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO						
<b>COMPONENTE:</b>		TANQUE DE ALMACENAMIENTO						
<b>ACTIVIDAD:</b>		CHEQUEAR LA BOYA REGULADORA DE NIVEL REPARAR Y SI ES NECESARIO CAMBIAR						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-06-05-2.3.2-C010	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Llaves de tuercas, martillos, destornilladores, recipiente para almacenar combustible					
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>		Boya reguladora de nivel si es necesario					
	<b>PERSONAL</b>							
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO (min.)</b>		<b>OBSERVACIÓN</b>		
1	Con el caldero apagado drenar todo el combustible que esté en el tanque hacia un recipiente exterior			20		Evitar en lo posible el desperdicio de combustible		
2	Limpiar el tanque en su interior			30		Verificar que no existan depósitos o materiales extraños		
3	Desacoplar la boya de regulación			10		Cuidado de no dañar la boya		
4	Verificar el estado de la boya de regulación			15		Comprobar que no existan rajaduras		
5	Si es necesario cambiar la boya de regulación			20		Cuidado con los acoples realizados		
6	Probar el funcionamiento del caldero a diferentes cargas de trabajo			60		Verificar que el suministro de combustible no sea excesivo		

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 36. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

2.3.2		ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO						
<b>COMPONENTE:</b>		TANQUE DE ALMACENAMIENTO						
<b>ACTIVIDAD:</b>		REALIZAR LIMPIEZA PERIÓDICA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-06-05-2.3.2-C011	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Llaves de tuercas, martillos, destornilladores, recipiente para almacenar combustible					
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>		elementos de limpieza					
	<b>PERSONAL</b>							
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO (min.)</b>		<b>OBSERVACIÓN</b>		
1	Con el caldero apagado drenar todo el combustible que esté en el tanque hacia un recipiente exterior			20		Evitar en lo posible el desperdicio de combustible		
2	Limpiar el tanque en su interior			30		Verificar que no existan depósitos o materiales extraños		
3	Llenar nuevamente el tanque con combustible			20		Cuidado de no desperdiciar combustible		
4	Encender el caldero y probar el funcionamiento del tanque			60		Verificar que el abastecimiento de combustible sea adecuado		

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 37. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

2.3.2		ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO						
<b>COMPONENTE:</b>		TANQUE DE ALMACENAMIENTO						
<b>ACTIVIDAD:</b>		INSPECCIÓN DE FUGAS EN EL TANQUE						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-06-05-2.3.2-C012	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>							
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>							
	<b>PERSONAL</b>							
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO (min.)</b>		<b>OBSERVACIÓN</b>		
1	Encender el caldero			90		Verificar el caldero alcance la presión de trabajo		
2	Realizar una inspección visual de los acoples y la línea de suministro de combustible hacia el caldero			20		Verificar que no existan fugas de combustible		
3	Verificar las lecturas de los medidores de presión			15		Comprobar que las lecturas estén dentro de los parámetros normales		

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 38. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

2.3.4		ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO						
<b>COMPONENTE:</b>		VÁLVULA MEDIDORA						
<b>ACTIVIDAD:</b>		REVISAR VÁLVULA Y REEMPLAZAR EMPAQUES						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-05-01-2.3.4-C013	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Llaves de tuercas, destornilladores, martillos					
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>		Empaques nuevos recomendados por el fabricante					
	<b>PERSONAL</b>							
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO (min.)</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>			
1	Apagar el caldero			120	Verificar que la presión del caldero sea cero			
2	Desacoplar la válvula medidora			20	Cuidado de no dañar otros elementos			
3	Verificar el estado de la válvula			30	Verificar que no existan daños en los elementos			
4	Inspeccionar los empaques			20	Verificar los daños existentes			
5	Reemplazar los empaques			30	Cuidado con los acoples			
6	Rearmar la válvula			40	Cuidado con los acoples a otros elementos			
7	Encender el caldero			90	Verificar que alcance la presión de trabajo			
8	Verificar el funcionamiento de la nueva válvula			60	Comprobar el desempeño normal			

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 39. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

2.3.5	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO								
<b>COMPONENTE:</b>		COLADOR DE ACEITE							
<b>ACTIVIDAD:</b>		REVISAR Y LIMPIAR COLADOR DE ACEITE							
<b>CÓDIGO:</b>		CM-05-01-2.2.5-C014	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA	
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Llaves de tuercas, destornilladores, martillos						
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>		Elementos de limpieza						
	<b>PERSONAL</b>								
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>					
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO (min.)</b>		<b>OBSERVACIÓN</b>			
1	Apagar el caldero			120		Verificar que la presión del caldero sea cero			
2	Desacoplar el colador de aceite			20		Cuidado de no dañar otros elementos			
3	Realizar la limpieza del colador de aceite			30		Comprobar que el colador está en buen estado			
4	Acoplar nuevamente el colador de aceite			20		Cuidado con los acoples a otros elementos			
5	Encender el caldero			90		Verificar que alcance la presión y temperatura de trabajo			
6	Inspeccionar que no existan fluctuaciones de presión			60		Realizar mediciones de presión			

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 40. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

2.3.6		ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO						
<b>COMPONENTE:</b>		BOQUILLA DE ACEITE						
<b>ACTIVIDAD:</b>		LIMPIEZA DE LA BOQUILLA DE ACEITE						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-05-01-2.3.6-C015	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Alicates, destornilladores, prensa, llave de horquilla, cepillo o un instrumento puntiagudo de madera suave					
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>							
	<b>PERSONAL</b>							
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO(min.)</b>		<b>OBSERVACIÓN</b>		
1	Apagar el caldero			120		Verificar que la presión del caldero sea cero		
2	Retirar el pasador y sacar el inyector del quemador			10		Verificar el estado de taponamiento de la boquilla		
3	Coloque el cuerpo de la boquilla en la prensa y con la llave de horquilla remover la punta			10				
4	Remover cuidadosamente el rotor y el resorte de fijación			10		Tener cuidado de no dañar o dejar caer alguna pieza		
5	Limpiar la boquilla utilizando en caso de ser necesario solventes			20		No utilizar objetos de metal		

6	Rearmar la boquilla	20	Inspeccionar la punta del electrodo por si hay señales de picaduras o depósitos. Verificar que el aislante de porcelana no tenga rajaduras. Inspeccionar los cables de ignición y las conexiones entre el transformador y el electrodo
7	Encender el caldero	90	Verificar que alcance la presión de trabajo
8	Verificar el color e intensidad de la llama	60	Inspección visual

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 41. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

3.1.1 ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO								
<b>COMPONENTE:</b>		CÁMARA DE COMBUSTIÓN						
<b>ACTIVIDAD:</b>		LIMPIEZA DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-05-01-3.1.1-C016	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Llaves de tuercas, cepillos metálicos,					
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>							
	<b>PERSONAL</b>							
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO(min.)</b>		<b>OBSERVACIÓN</b>		
1	Apagar el caldero			120		Verificar que la presión del caldero sea cero		
2	Abrir los dos puertas del caldero con las llaves de tuercas			20		Tener cuidado de no dañar el aislamiento o cualquier otro elemento		
3	Remover los depósitos de hollín y residuos de combustión por ambos lados			30		Utilizar adecuadamente los cepillos metálicos		
4	Cerrar los dos puertas del caldero			40		Tener cuidado de no dañar el quemador o cualquier otro accesorio		
5	Encender el caldero			90		Verificar que alcance la presión y temperatura de trabajo		
6	Medir la temperatura del cañón de la chimenea,			30		si esta temperatura es la normal entonces el mantenimiento es correcto		

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 42. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

3.1.2	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO							
<b>COMPONENTE:</b>		TUBERÍAS						
<b>ACTIVIDAD:</b>		REEMPLAZAR LA TUBERÍA DAÑADA						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-05-01-3.1.2-C018	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Llaves de tubo, desarmadores , martillos					
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>		Nueva tubería cortada a la medida					
	<b>PERSONAL</b>							
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO(min.)</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>			
1	Apagar el caldero			120	Verificar que la presión del caldero sea cero			
2	Despresurizar la línea			20	Realizar mediciones de presión			
3	Desacoplar la tubería defectuosa con las llaves de tubo			30	Tener cuidado de no dañar otros elementos			
4	Acoplar la nueva tubería con las llaves de tubo			40	Tener cuidado de no dañar cualquier elemento			
5	Encender el caldero			90	Verificar que alcance la presión de trabajo			
6	Verificar que no existan fluctuaciones de presión			30	Realizar mediciones de presión			

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 43. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

3.2.1 ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO								
<b>COMPONENTE:</b>		CONTROL DEL NIVEL DE AGUA						
<b>ACTIVIDAD:</b>		REALIZAR EL MANTENIMIENTO INMEDIATAMENTE DEL CONTROL DEL NIVEL DE AGUA						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-05-01-3.2.1-C019	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Llaves de tuercas, desarmadores , martillos					
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>		Tubo de vidrio si es necesario.					
	<b>PERSONAL</b>							
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO(min.)</b>		<b>OBSERVACIÓN</b>		
1	Apagar el caldero			120		Verificar que la presión del caldero sea cero		
2	Remover el mecanismo principal de interrupción de bajo nivel de agua			20		Tener cuidado de no dañar otros componentes		
3	Verificar el flotador y las partes móviles			15		Tener cuidado de no dañar estos elementos		
4	Remover los tapones de las conexiones o cruces			10		Verificar que estén libres obstrucciones		
5	Reemplazar de inmediato el tubo de vidrio si este está descolorido			10		Verificar que tanto la tubería de agua y el tubo de vidrio queden alineados verticalmente		
5	Encender el caldero			15		Verificar que la llama sea baja		
6	Verificar que al cortar el suministro de agua el interruptor de bajo nivel de agua funcione adecuadamente			30		Inspección visual		

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 44. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

3.2.2	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO							
<b>COMPONENTE:</b>		VÁLVULA DE PURGA MANUAL						
<b>ACTIVIDAD:</b>		EFECTUAR LA PURGA						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-05-01-3.2.2-C020	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA
<b>RECURSOS</b>								
		<b>HERRAMIENTAS</b>	Llaves de tuercas, desarmadores , martillos					
		<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>	Válvula nueva en caso de ser necesario					
		<b>PERSONAL</b>						
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO(min.)</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>			
1	Apagar el caldero			120	Verificar que la presión del caldero sea cero			
2	Desarmar la válvula retirando la contratuerca			20	Tener cuidado de no dañar otros componentes			
3	Retirar el tornillo de ajuste para disminuir la tensión en el diafragma			15	Tener cuidado de no dañar estos elementos			
4	Remover la suciedad que esté presente			10	Utilizar disolventes y/o franelas			
5	Rearmar la válvula			10	Tener cuidado en el rearmado de la válvula			
6	Efectuar la purga normalmente para verificar el estado de la válvula			30	Verificar que la purga sea normal			

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 45. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

3.1.2	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO								
<b>COMPONENTE:</b>		TUBERÍAS							
<b>ACTIVIDAD:</b>		REEMPLAZAR LA TUBERÍA EN MAL ESTADO							
<b>CÓDIGO:</b>		CM-05-01-3.1.2-C017	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA	
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Llaves de tubo, desarmadores , martillos						
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>		Nueva tubería cortada a la medida						
	<b>PERSONAL</b>								
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>					
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO(min.)</b>		<b>OBSERVACIÓN</b>			
1	Apagar el caldero			120		Verificar que la presión del caldero sea cero			
2	Despresurizar la línea			20		Realizar mediciones de presión y temperatura			
3	Desacoplar la tubería defectuosa con las llaves de tubo			30		Tener cuidado de no dañar otros elementos			
4	Acoplar la nueva tubería con las llaves de tubo			40		Tener cuidado de no dañar cualquier elemento			
5	Encender el caldero			90		Verificar que alcance la presión de trabajo			
6	Probar el funcionamiento de la nueva tubería			30		Realizar mediciones de presión			

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 46. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

3.2.4	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO							
<b>COMPONENTE:</b>		VÁLVULA DE PRUEBA						
<b>ACTIVIDAD:</b>		SUSTITUIR ELEMENTOS EN MAL ESTADO						
<b>CÓDIGO:</b>		CM-05-01-3.2.4-C021	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA
<b>RECURSOS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Llaves de tuercas, desarmadores , martillos					
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>		Elementos de la válvula de ser necesario					
	<b>PERSONAL</b>							
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>				
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO(min.)</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>			
1	Apagar el caldero			120	Verificar que la presión del caldero sea cero			
2	Despresurizar la línea			20	Realizar mediciones de presión			
3	Desacoplar la válvula de prueba con las llaves tuercas			15	Tener cuidado de no dañar otros elementos			
4	Verificar el estado de los elementos de la válvula			40	Inspección visual			
5	Reemplazar los elementos en mal estado			30	Cuidado en los acoples			
6	Encender y probar el funcionamiento de la válvula a varias cargas de trabajo			60	Realizar mediciones de presión			

Fuente: Reina y Villegas

Tabla 4. 47. Actividad de Mantenimiento (Continuación)

3.2.5	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO								
<b>COMPONENTE:</b>		VÁLVULA DE SEGURIDAD							
<b>ACTIVIDAD:</b>		REEMPLAZAR LA VÁLVULA DE SEGURIDAD							
<b>CÓDIGO:</b>		CM-05-01-3.2.5-C022	<b>INICIO</b>	HORA	FECHA	<b>FIN</b>	HORA	FECHA	
<b>RECURSOS<sup>o</sup></b>	<b>HERRAMIENTAS</b>		Llaves de boca lisa únicamente						
	<b>REPUESTOS / MATERIALES</b>		Válvula nueva y empaque nuevo						
	<b>PERSONAL</b>								
<b>ESTRATEGIA:</b>		Acciones correctivas		<b>SUPERVISOR:</b>					
<b>N°</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>			<b>TIEMPO(min.)</b>		<b>OBSERVACIÓN</b>			
1	Apagar el caldero			120		Verificar que la presión del caldero sea cero			
2	La válvula de seguridad debe ser montada en posición vertical			20		Se evita en la posición vertical la acumulación de contrapresión o suciedad en el asiento de la			
3	Si se utiliza un válvula de bridas cambiar el empaque			30		Ajustar los pernos de la brida uniformemente			
4	Acoplar un codo colector o una conexión flexible entre la válvula y el tubo de escape			40		Tener cuidado de no dañar cualquier elemento			
5	Encender el caldero probar el funcionamiento a varias cargas de trabajo			30		Realizar mediciones de presión			

Fuente: Reina y Villegas

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

El Hospital Carlos Andrade Marín como institución no brinda la importancia que se merece a la Ingeniería de Mantenimiento es por esta razón que no tiene un Departamento de Mantenimiento adscrito a la institución.

Como una de las actividades previas a la elaboración del programa de mantenimiento se recopiló información fundamental de los equipos del centro de energía del Hospital Carlos Andrade Marín, esta información fue recopilada a través de la creación de los libros de bitácora y de los manuales técnicos, que sin duda ayudaron mucho en las posteriores fases del proyecto.

El método actual de mantenimiento, a través de un contratista que brinda servicios de mantenimiento no realiza actividades encaminadas a la preservación de las funciones de los activos. Las actividades de mantenimiento están encaminadas a la reparación trivial de los equipos.

El centro de energía del Hospital Carlos Andrade Marín al no contar con un adecuado programa de mantenimiento está inmerso en un proceso de deterioro tanto de la maquinaria como del ambiente físico donde funciona.

El uso herramientas estadísticas permitió demostrar que existen problemas alrededor de la funcionabilidad y disponibilidad de las máquinas del centro de energía del HCAM, razón por la cual este proyecto tiende a la mejora del programa de mantenimiento existente.

La eventual implantación del programa de mantenimiento desarrollado en el presente proyecto impone mejoras al programa actualmente existente, mediante

el cambio de filosofía de gestión del mantenimiento, la propuesta del nuevo programa de mantenimiento está enfocada en **mantener la función de los equipos o máquinas a través del tiempo.**

La información escrita en el centro de energía del HCAM no fue lo suficientemente amplia, por lo que se requirió la experiencia de los encargados de mantenimiento, además de las herramientas estadísticas y de gestión de mantenimiento.

La finalidad de la creación del libro de bitácora para cada máquina o equipo no se limita a la mera recolección de datos de las operaciones de mantenimiento que se realizan, sino está destinado a que haciendo uso de la experiencia de los encargados del mantenimiento y herramientas estadísticas se alcance un mayor nivel de funcionalidad y disponibilidad de las máquinas reduciendo al mínimo los paros imprevistos.

El mantenimiento del centro de energía afecta a todos los aspectos del funcionamiento diario del HCAM, aspectos como: seguridad para los pacientes alojados, uso adecuado y eficiente de la energía son los más importantes.

El programa de mantenimiento desarrollado en este proyecto está pensado para que la relación costo – beneficio sea atractiva para la institución, cambiando radicalmente la forma en que se realizan las operaciones de mantenimiento en las máquinas.

La realización de las actividades de mantenimiento y el registro de estas en el libro de bitácora, permite obtener un manual de operación que puede ser utilizado para cada máquina en particular sin la necesidad de que personal experto realice todas las actividades.

Las máquinas que existen en el centro de energía del HCAM son la mayoría de ellas fabricadas en el exterior por lo que las empresas fabricantes y distribuidores

nacionales pueden eventualmente jugar un papel importante en la solución de problemas complejos.

El programa de mantenimiento desarrollado en este proyecto requiere que la bodega en todo momento y circunstancia tenga repuestos para evitar el paro innecesario y prolongado de una máquina, es por esta razón que la bodega pasa a ser una instancia muy importante para la implantación del nuevo programa de mantenimiento.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

La aplicación de un nuevo programa de mantenimiento requiere el concurso de todas las instancias administrativas del HCAM, es por esto que se requiere un cambio de filosofía de la gestión de los recursos humanos, con miras a lograr que todo el personal se involucre y actúe en forma proactiva a favor de la institución, el esfuerzo solamente de los encargados de mantenimiento no será suficiente-

La primera acción a tomar para la implantación de un nuevo programa de mantenimiento debe ser la creación de un departamento de Ingeniería de Mantenimiento adscrito a la institución con funciones claramente establecidas y con presupuesto propio que permita que el nuevo departamento ponga en marcha el nuevo programa de mantenimiento.

Los procedimientos de mantenimiento siempre se podrán mejorar por lo que el programa de mantenimiento deberá estar sujeto siempre a un proceso de mejora continua.

En vista de que el programa de mantenimiento requiere de un proceso de mejora incesante, también es necesario que el personal encargado de las actividades de mantenimiento reciba una capacitación continua.

La seguridad e higiene en el trabajo también es otro aspecto que se debe tomar en cuenta previa realización de un trabajo de mantenimiento, es por esta razón que se debe instruir al personal en la utilización de equipo de seguridad adecuado.

La comunicación entre el departamento de energía y otras instancias administrativas debe ser ágil y se debe llevar en términos de cordialidad y compañerismo.

El almacenamiento de los productos químicos que se utilizan en el tratamiento de agua para los calderos debe ser repensado para evitar que este se contamine con otros productos y que su eficacia disminuya por esta razón.

La implantación de un nuevo programa de mantenimiento requiere que la rotación de personal se realice de manera adecuada, es decir, se debe propender a la estabilidad laboral del personal que labora en el centro de energía, esto con el objetivo que el proceso de mejora del programa de mantenimiento sea realizado de manera eficiente.

Otro aspecto a tomar en cuenta es la ubicación del centro de energía, está enclavado entre dos bloques estructurales del hospital que albergan áreas médicas, lo cual constituye un enorme riesgo potencial para la seguridad tanto de pacientes como de los trabajadores, es por esto que a futuro se debe pensar en la reubicación del centro de energía fuera del entorno de las áreas médicas.

Las instalaciones del centro de energía tienen un aspecto poco estético debido a que se encuentran almacenados de manera inadecuada e insegura ciertos elementos como tuberías, aislantes, objetos de metal por lo cual es recomendable emprender en un proceso de ordenamiento que permita en el corto plazo el cambio de aspecto de la instalación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) MOUBRAY, John, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability-Centered Maintenance); Latinoamericana; 1ª Edición en Español, España; 2004.
- (2) TAVARES L.; Administración Moderna de Mantenimiento; Herrero Hermanos; México.
- (3) KNEZEVIC JEZDIMIR; Mantenimiento; Isdefe; 4ª Edición; España.
- (4) ARMAND, ALFONSO; Elementos de mantenimiento industrial; Ed. Centro Nacional de Productividad; México.
- (5) MORROW, L.C.; Manual de Mantenimiento Industrial; Editorial Mc Graw-Hill; México; 1986.
- (6) GRIMALDI-SIMONDS; La Seguridad Industrial. Su Administración; Alfaomega México; 1985.
- (7) D. KEITH DENTÓN; Seguridad Industrial; Mc Graw-Hill; México; 1984.
- (8) JACOME L.; Ingeniería de Mantenimiento; Escuela Politécnica Nacional.
- (9) AGUINAGA, Álvaro; Ingeniería del Mantenimiento; Escuela Politécnica Nacional; Ecuador; 2005.
- (10) ZABISKI, Erol; El Proceso de Planificación y Programación del Mantenimiento, 2007.
- (11) MARTÍNEZ, José Alejandro; Costo de Mantenimiento; 2001.
- (12) MONCHY, Francois; Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial; Editorial Masson; 1990.
- (13) MARIÑO;Hernando; Gerencia de Procesos; Alfaomega; Bogotá; 2001
- (14) MANUAL DE OPERACIÓN CALDERAS UNITARIAS MODELO CB CLEAVER-BROOKS; Manual N°750-97; E.U.A.; Revisión, 11/92.
- (15) BELTRÀN, CARMONA,CARRASCO,RIVAS, TEJEDOR; Guía para una gestión basada en procesos; Instituto Andaluz de Tecnología; España;2002
- (16) Servicios médicos y distribución de áreas médicas disponible en : [http://hcam.iess.gov.ec/html/pc\\_hospital.html](http://hcam.iess.gov.ec/html/pc_hospital.html)
- (17) Análisis de vibraciones en: <http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/41/tema15/tema15-4.htm>

- (18) Medidores de vibraciones disponible en:  
[www.pce-iberica.es/.../medidor-vm-120.htm](http://www.pce-iberica.es/.../medidor-vm-120.htm)
- (19) Endoscopía industrial disponible  
<http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-optico/endoscopio-pv-636.htm>
- (20) Ensayos no destructivos y ultrasonido industrial disponible en:  
[http://www.sirem.es/index.php?page=Servicios\\_Convencionales](http://www.sirem.es/index.php?page=Servicios_Convencionales)  
<http://www.ingenieriaalvarezbuyla.com/MarcoCentrConrCal.htm>
- (21) Termografía industrial disponible en:  
[www.interempresas.net/FotosArtProductos](http://www.interempresas.net/FotosArtProductos)
- (22) Herramientas estadísticas y de gestión de mantenimiento disponible en :  
<http://www.ongconcalidad.org/histogr.pdf>  
[http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/tqm/4\\_herramientas/4\\_herramientas.htm](http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/tqm/4_herramientas/4_herramientas.htm)  
<http://www.consultoriaenoperacion.com.mx/Diagrama%20Ishikawa.jpg>  
[http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_industrial/conceptodeseisigma/](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/conceptodeseisigma/)
- (23) Ablandamiento de agua disponible en:  
<http://www.hidrosoluciones.com.ar/tratamiento.php>
- (24) Estrategias de mantenimiento disponible en:  
<http://www.mitecnologico.com/Main/TiposDeMantenimiento>
- (25) Mantenimiento Preventivo de Equipo Médico; Disponible en:  
[http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/Curso\\_I\\_Clinica08/PDF/MANTTO.PREVENTIVO\\_JZSP.pdf](http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/Curso_I_Clinica08/PDF/MANTTO.PREVENTIVO_JZSP.pdf)
- (26) MANUAL DE INVENTARIO TÉCNICO; disponible en:  
<http://www.gruposaludgtz.org/proyecto/mspas-gtz/Downloads/Manual-de-Inventario-Tecnico.pdf>
- (27) Costos de Mantenimiento; Disponible en:  
[http://www.acercar.org.co/transporte/memorias/docs/01cap\\_mantenimiento.pdf](http://www.acercar.org.co/transporte/memorias/docs/01cap_mantenimiento.pdf)

# **A N E X O 1**

## **ORGANIGRAMA ADMINISTRATIVO**

# **A N E X O 2**

## **RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL**

## **MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR EN LA LABOR DE MANTENIMIENTO**

Antes de la ejecución de una actividad de mantenimiento se debe evaluar las medidas de seguridad que se deben tener en cuenta para la realización del trabajo de mantenimiento, para ello la organización debe tener un plan operativo especialmente para las actividades que conllevan mayor peligro

### **RECOMENDACIONES USUALES**

Las máquinas se fabrican bajo diferentes parámetros de seguridad, sin embargo siempre se busca proteger la integridad física de los operarios, es por esta razón que el deterioro de las máquinas, retirar dispositivos de seguridad, eliminar las protecciones eléctricas y electrónicas, ponen en serio riesgo la integridad y hasta la vida del operario y de quienes lo acompañan en el sitio de trabajo, las recomendaciones más frecuentes se resumen a continuación.

### **HERRAMIENTAS MANUALES**

Se debe utilizar la herramienta adecuada para cada trabajo; bajo ningún concepto utilizar adminículos, herramientas o máquinas que no hayan sido diseñadas para ejecutar una determinada acción. Por ejemplo: utilizar un cuchillo como destornillador; alicates como martillo; etc., las herramientas deben ser inspeccionadas antes de cada trabajo, verificando que estén en condiciones adecuadas para su uso.

En el caso de herramientas cortantes o punzantes, mantenerlas debidamente afiladas, deben mantenerse en fundas o alojamientos especiales y siguiendo un determinado orden.

Una vez finalizado el trabajo, las herramientas deben almacenarse debidamente ordenadas y con la punta o el filo protegidos para el caso de herramientas o utensillos cortantes o punzantes.

Para el caso de martillos, es necesario inspeccionar el mango y constatar que sea de madera resistente; nunca debe ser pintado ni barnizado; su diseño debe permitir una buena adaptación a la mano. Cuanto más grande sea el tamaño de la cabeza del martillo, el grosor del mango debe ser mayor. Antes de utilizar un martillo se debe evidenciar que está en perfectas condiciones, que la cabeza y el mango están sólidamente encajados y no exista el peligro de desprendimiento.

Para la selección del tamaño y tipo de martillo se debe tomar en cuenta los siguientes criterios:

- De bola: para trabajo en metales
- De peña: para trabajo de carpintería
- Macetas: para diferentes trabajos de albañilería
- De goma: para aflojar piezas apretadas.

Para el uso de destornilladores, se exhorta escoger un tamaño adecuado, de acuerdo a la cabeza del tornillo (de ranura, en cruz, de estrella, etc.).

Lo puntos que mencionan las obligaciones de la empresa respecto a este tema, se encuentra especificados en el capítulo II (DE LAS MÁQUINAS, HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y DEL RIESGO DEL ESFUERZO HUMANO) del Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo.

## **TRABAJOS EN ALTURA**

Un trabajo en altura implica un riesgo latente de caída.

Utilizar arnés de seguridad, firmemente unido a una línea de vida; todos los materiales que se necesiten depositarlos en la plataforma de trabajo, se deben colocar dentro de cajas o recipientes cerrados que minimicen el riesgo que implica su caída.

Las plataformas de trabajo, deben ser diseñadas y construidas con materiales sólidos, y su estructura, así como su resistencia, será proporcional a la carga que deban soportar, con un factor de seguridad apropiado. Los pisos y pasillos de las plataformas obligatoriamente deben ser antideslizantes, deben estar libres de obstáculos y además provistos de un sistema de drenaje que permita la eliminación de productos resbaladizos.

Las escaleras portátiles de mano, deben ofrecer siempre las garantías necesarias de estabilidad y seguridad. No se pintarán ni barnizarán, salvo con barniz transparente. Los largueros serán de una sola pieza. Al subir o bajar, se debe evitar dar la espalda a los escalones.

Mayor información y disposiciones acerca de trabajos en altura, se puede encontrar en el capítulo IV del Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo.

#### **MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA**

Estas operaciones de mantenimiento siempre serán realizadas con todos los motores apagados; de esta manera se evita la puesta en marcha involuntaria de la máquina averiada, se debe bloquear el dispositivo o sistema de encendido dependiendo del caso. El trabajo de mantenimiento o reparación deberá concluir con la colocación adecuada de las defensas y protecciones.

#### **PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS ELÉCTRICOS**

Antes de utilizar un aparato o instalación eléctrica, hay que cerciorarse de su estado, sin que esto signifique alterar o modificar los dispositivos de seguridad. En ambientes húmedos, se debe tomar precauciones extras, evitar a toda costa la utilización de conductores eléctricos que atraviesan zonas mojadas; y, cuando se tienen contacto directo con agua, por ejemplo manos mojadas.

En caso de una vería, lo primero que se debe realizar es cortar suministro de energía eléctrica. Seguidamente se debe tomar las medidas de precaución adecuadas, evitar la reparación provisional de cables dañados, mediante la

utilización cintas aislantes o similares, que más temprano que tarde terminan por dañarse.

## **VENTILACIÓN**

La ventilación debe ser suficiente para garantizar que las concentraciones de contaminación en el aire permanezcan debajo de los niveles permitidos por la autoridad competente. Si no se obtiene suficiente ventilación por medios naturales, se debe proveer ventilación a través de dispositivos mecánicos

Se debe evitar que los niveles excesivos de contaminantes sean dispersados a otras áreas de trabajo. Todas las personas en las cercanías del área de trabajo contaminadas deben estar protegidas.

## **ROPA DE TRABAJO Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL**

Si se utiliza uniforme en el lugar de trabajo debe ser cómodo y adecuado a las condiciones climáticas de trabajo. El equipo de protección individual (EPI), debe ser entregado a cada trabajador, quien se encuentra obligado a utilizarlo.

El empleador, que puede ser una persona natural o jurídica debe proporcionar a los trabajadores el equipo de protección necesario, así como, velar por el uso específico de los mismos.

El equipo de protección el trabajo de mantenimiento, está esencialmente dirigido a prevenir caídas en altura, cortes, inhalaciones, radiaciones ionizantes y riesgos eléctricos, es así que, el equipo básico que cualquier técnico de mantenimiento debe poseer es el siguiente:

Guantes

Arnés de seguridad, cuerdas de amarre y amortiguador de caídas (trabajos en altura)

Calzado antideslizante

Alfombrillas, banquetas y plataformas aislantes

Herramientas aislantes

- Máscaras de protección (material particulado)
- Protectores auriculares (ruido excesivo)
- Protectores visuales (proyección de partículas)
- Delantales de cuero

Todo equipo de protección individual, debe tener las instrucciones para su uso correcto, en el idioma adecuado, así como mantenerse en buenas condiciones y comprobando periódicamente su eficacia.

Lo acápites que mencionan las obligaciones de la empresa y del trabajador respecto a este tema, se encuentra especificados en el capítulo IX (DE LA ROPA DE TRABAJO Y DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL) del Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo.

## **EL MANTENIMIENTO COMO FUNDAMENTO DE LA SEGURIDAD**

El mantenimiento es mucho más que un asunto de sustituir lámparas y cables dentro de la industria, éste va ligado a un proceso de elaboración de bienes o la oferta de servicios, es decir, la razón de ser de la empresa, con el fin de desplegar una política seria de competitividad, cumplimiento, seguimiento riguroso de las normas de seguridad industrial y a un cambio de mentalidad empresarial, orientado a lograr la calidad total en sus productos o servicios para obtener excelentes resultados que signifiquen mayores beneficios.

EL Mantenimiento Industrial ofrece un bien real: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad.

El mantenimiento industrial incide básicamente en seis puntos:

- Los costos de producción
- La calidad del producto o servicio
- La capacidad operacional (importante para los plazos de entrega)
- La seguridad e higiene industrial
- La calidad de vida de los colaboradores de la empresa, y
- La imagen y seguridad ambiental de la compañía.

A esto se suma el marco legal referente a la seguridad industrial que contempla en ella el mantenimiento industrial, como un punto básico a cumplir para garantizar seguridad, no sólo a los operarios, sino para aumentar la vida útil de la maquinaria, y que obligan a las empresas a tecnificares y evolucionar para ajustarse internacionalmente a las exigencias del mundo globalizado.

Las relaciones con la Seguridad Industrial garantizan medios documentados de seguridad relativos a las operaciones de mantenimiento, determinan y suministra recursos necesarios para garantizarla; programa las acciones de control sobre las acciones eficaces. establecidas, tiene planes de emergencia ante incidentes y accidentes ambientales y realiza estudios relativos a la seguridad para introducir métodos de trabajos más seguros y

## **FORMATOS DE INFORMACIÓN Y CONTROL**

### **INFORMACIÓN DE RIESGOS**

Las tarjetas de información, son documentos donde se expone el riesgo característico de una máquina, medios de protección y consignas de seguridad para el operario o técnico de mantenimiento.

Las tarjetas informativas de riesgos de la máquina estarán a disposición de los trabajadores de forma que se garantice un acceso fácil y permanente. Antes de la utilización de una nueva máquina, o ante la incorporación de un trabajador al puesto, la empresa garantizará la capacitación a los trabajadores sobre los riesgos de operar una determinada máquina, utilizando para ello los contenidos de la tarjeta o el manual del fabricante.

Se asegurará que cada máquina, y en especial las partes de ella que sean esenciales para mantener sus condiciones de seguridad, reciban el mantenimiento que haya indicado el fabricante, utilizando un programa periódico de mantenimiento preventivo. Dado el caso de no disponer de información sobre este mantenimiento por parte del fabricante, se deberá elaborar un plan de mantenimiento adecuado para la empresa.

# **A N E X O 3**

**FOTOGRAFÍAS DE LAS MÁQUINAS DEL CENTRO DE  
ENERGÍA DEL HCAM**



**Figura A.3. 1 Sistema de Presión Constante**



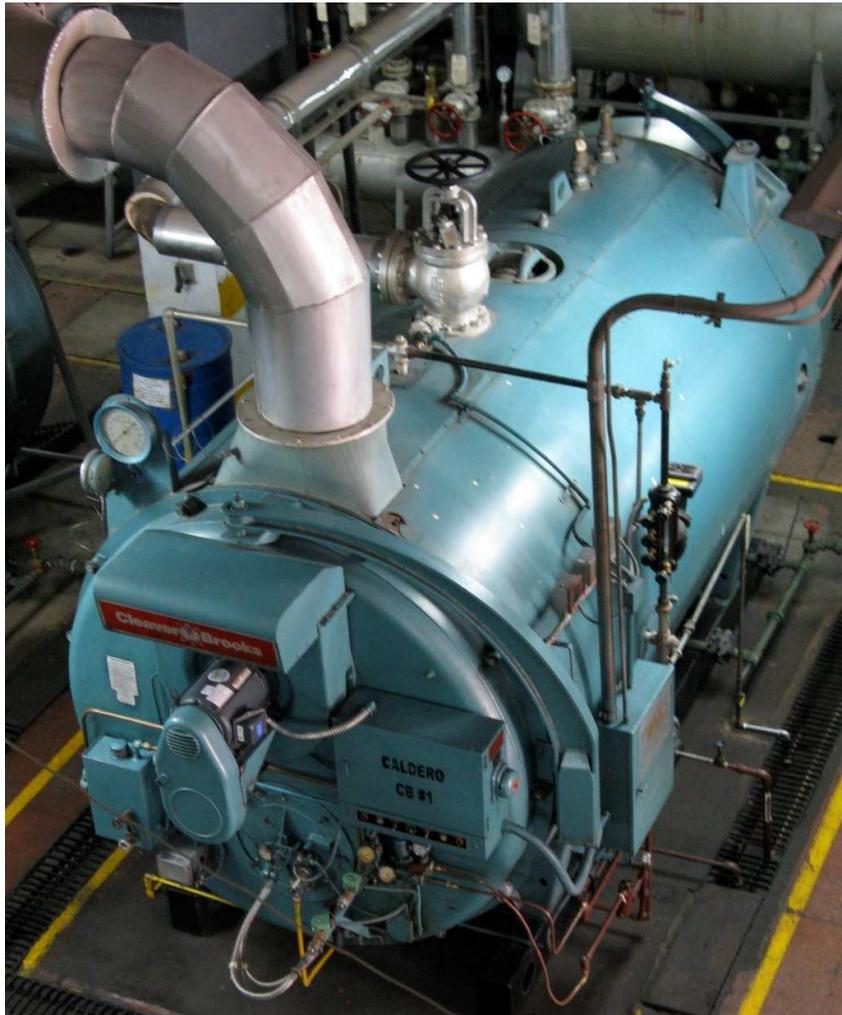
**Figura A.3. 2 Sistema Contra Incendios**



Figura A.3. 3 Caldero Power Master 3L



**Figura A.3. 4 Caldero Cleaver Brooks CB 100-60**



**Figura A.3. 5 Caldero Cleaver Brooks CB 101-250**



**Figura A.3. 6 Bomba Dosificadora de Químico**



Figura A.3. 7 Tanque de Condensado N°1 y Bombas de Agua para Calderos N°1, N°2 y N°3



Figura A.3. 8 Tanque de Condensado N°2 y Bombas de Agua para Calderos N°4 y N°5



Figura A.3. 9 Ablandadores de Agua



Figura A.3. 10 Compresor de Aire



**Figura A.3. 11 Bombas de Vacío**



**Figura A.3. 12 Tanques de agua Caliente N°1 y N°2**



**Figura A.3. 13 Tanque Diario de Combustible**



**Figura A.3. 14 Generador Eléctrico N°1**



**Figura A.3. 15 Generador Eléctrico N°2**



**Figura A.3. 16 Generador Eléctrico N°3**



**Figura A.3. 17 Contador de Combustible y Bomba de Recepción de Combustible**



**Figura A.3. 18 Bomba Clorificadora de Agua**



**Figura A.3. 19 Bomba de Pozo Profundo**

# **A N E X O 4**

## **RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO**

## **REFRACTARIO**

La caldera se embarca en un refractario completamente instalado. Este consiste de una puerta trasera, la puerta interior y el revestimiento del horno (hogar). El mantenimiento normal requiere poco tiempo y dinero y prolonga la duración del refractario. El mantenimiento preventivo durante las inspecciones periódicas le informará al operador de las condiciones del refractario y le evitará interrupciones inesperadas y reparaciones mayores.

Se recomienda aplicar frecuentemente una capa brochada a las superficies del refractario. Para este propósito se usa una mezcla adhesiva de alta temperatura secada al aire, diluida con agua a una consistencia pastosa.

Los intervalos de aplicaciones de nuevos revestimientos varían de acuerdo a las cargas de operación y las determina el operador cuando abre la caldera para efectuar las inspecciones programadas.

## **REVESTIMIENTO DEL HORNO**

El mantenimiento consiste en la aplicación ocasional de capa brochada a todo el revestimiento. Recubrir todas las facturas y grietas aplicando una mezcla (argamasa) adhesiva de alta temperatura con una trulla (palustre) o con la punta de los dedos. Esto se debe hacer tan pronto se detecten las cuarteaduras.

En caso de que se desprendan o quemén segmentos del revestimiento, reemplazar todo el refractario. Cualquier pedazo de refractario que se rompa debe removerse tan pronto se detecte de manera que no se funda en el fondo del horno y obstruya la llama.

Si necesita reemplazarse adquirir los materiales de reemplazo apropiados. Retirar el refractario existente. Limpiar el horno para remover el cemento viejo del refractario u otro material extraño para asegurar que el nuevo revestimiento se asiente firmemente contra el acero. Inspeccionar la firmeza del metal del horno.

En caso de existir abrazaderas de metal soldadas al final del revestimiento. Estas se instalaron para evitar el viraje durante el embarque y no tiene otro propósito. Están soldadas provisionalmente y pueden removerse cuando se instale el nuevo

revestimiento. Si no se remueven asegurarse que el revestimiento tiene el espacio libre entre la abrazadera y el final del refractario para que permita la expansión en esa dirección.

Dependiendo de la presión clasificada de la caldera, el horno puede ser del tipo corrugado. Aunque no es necesario rellenar las concavidades para hacer la instalación más conveniente, se pueden rellenar algunas o todas las cuencas onduladas con cemento aislante. La loseta revestidora deberá ajustarse firmemente contra la corona de las ondulaciones.

### **INSTALACIÓN DEL REVESTIMIENTO Modelos CB 125-150-200**

La loseta de tragante debe instalarse a ras con el frente del horno y debe quedar ajustadamente contra sus lados. Las dos hileras deben quedar bien ajustadas contra la pared del horno. No es necesario dejar espacio para expansión.

Se recomienda colocar primero la loseta para marcar la posición, retirarla y luego instalarla con la cantidad adecuada de cemento para refractario. Los empalmes finos son deseables. Generalmente es necesario rebanar una parte de una o más losetas para que se ajusten. Si se requiere una pieza de relleno, cortar a la medida e instalarla en el fondo del horno.

Es importante que quede un buen sello entra la cámara del quemador y la loseta de tragante. Cubrir liberalmente el área de sellado con una pasta de cemento de asbesto o equivalente, mezclada con agua antes de oscilar la cámara del quemador para que quede en su lugar.

### **INSTALACIÓN DEL REVESTIMIENTO Modelos CB 250-300-350**

La loseta de tragante debe instalarse para mantener aproximadamente 12 pulgadas (30.5 cm) de diámetro interior y debe estar centrada en el horno. Ya que el grueso del metal del horno varía con la presión del diseño de la caldera, se debe usar una calza de grueso apropiado para compensar el desfase. Se puede usar una o dos hileras de cartón o material refractario para centrar el aro. Las hileras interiores de la loseta revestidora pueden quedar bien ajustadas contra la pared del horno ya que el diámetro interior de estas no es un factor relevante.

Se recomienda colocar primero la loseta para marcar la posición, retirarla y luego instalarla con la cantidad adecuada de cemento para refractario. Los empalmes finos son deseables. Generalmente es necesario rebanar una parte de una o más losetas para que se ajusten. Si se requiere una pieza de relleno, cortar a la medida requerida e instalarla en el fondo del horno.

Es importante que haya un buen sello entre la cámara del quemador y la cara delantera del revestimiento. Cuando instale la cámara, cubra liberalmente esta superficie con cemento para refractario.

Permitir que el refractario se seque al aire el tiempo necesario. Si la caldera se necesita usar inmediatamente, encender con la alimentación baja e intermitentemente de ser posible.

### **PUERTA TRASERA**

La puerta trasera es un casco con losetas deflectoras horizontales y revestido con material aislante y concreto refractario.

Pintura quemada o descolorida en la superficie exterior de la puerta no indica necesariamente problema en el refractario, pero puede ser una indicación de otras condiciones tales como:

Empaques con fugas.

Sello inadecuado.

Pernos de retención de la puerta apretados desigualmente o no lo suficiente.

La línea de aire que va al tubo de observación posterior puede estar bloqueada o floja.

Repintada con pintura no resistente al calor.

Por lo tanto antes de asumir que se necesita reparar el refractario:

Chequear la condición del empaque tipo “renacuajo” y de la cuerda selladora.

Chequear la condición del cemento aislante que protege el empaque tipo “renacuajo”

Chequear que no existan cuarteaduras en el concreto refractario en los extremos de la loseta deflectora.

Chequear la tensión de los pernos de la puerta.

Revisar que la línea de aire al tubo de observación esté despejada y las conexiones bien apretadas. De ser necesario, utilizar una manguera de aire para limpiar.

Es normal que los refractarios expuestos a gases calientes desarrollen cuarteaduras finas. Esto bajo ningún punto de vista indica diseño o mano de obra inadecuados. Ya que los materiales de los refractarios se expanden y se contraen con cambios de temperatura, se debe esperar que muestren cuarteaduras menores debido a la contracción cuando se examina a baja temperatura. Grietas de hasta 1/8" (3.2mm) de ancho se puede esperar que cierren a alta temperatura. De existir cuarteaduras relativamente grandes (1/8" a 1/4") o (3.2 mm a 6.4mm) limpiarlas y rellenarlas con mezcla adhesiva de alta temperatura. Cualquier abertura que se vea entre el concreto refractario y la loseta deflectora se debe rellenar de manera similar.

Después de abrir la puerta trasera, limpiar la pestaña o reborde con un raspador o cepillo de alambre. Limpiar cuidadosamente la superficie del refractario con un cepillo de fibra para no dañar la superficie. Limpiar las superficies de la loseta deflectora y del casco de la caldera. Remover el revestimiento de la mitad inferior de la puerta trasera antes de cerrarla.

La mitad superior de la puerta tiene un material aislante liviano similar al usado en la puerta interna. Una mezcla fina de capa brochada aplicada suavemente con un cepillo ayuda a conservar una superficie dura.

Si es necesario reemplazar la loseta deflectora o el refractario, contactarse con el representante local de Cleaver – Brooks solicitando el boletín C10 – 4101 el cual cubre reparaciones mayores o reemplazo del refractario de la puerta trasera.

## **PUERTA INTERNA DELANTERA**

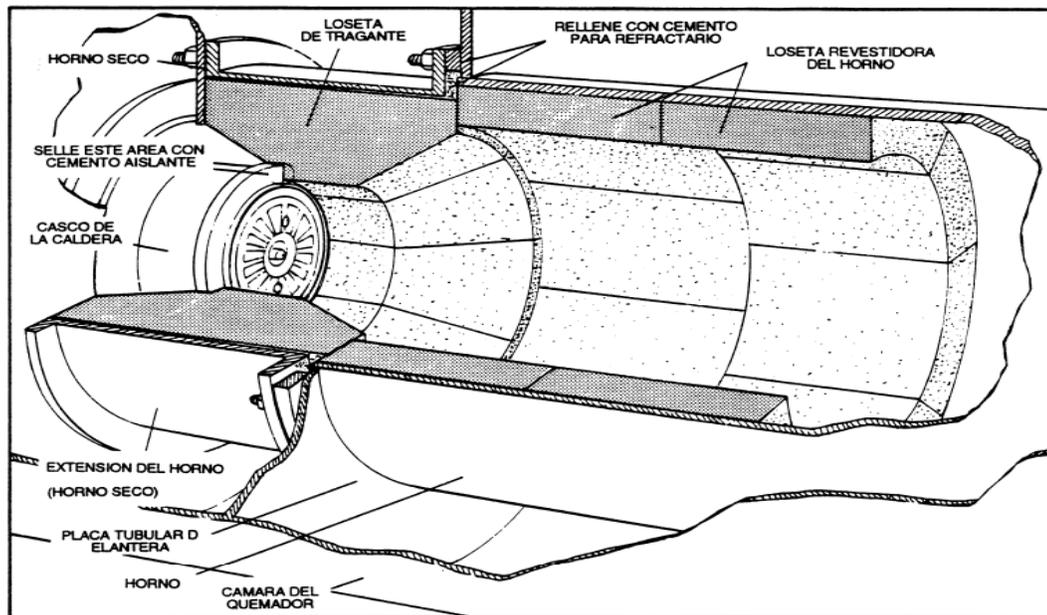
La puerta interna delantera está revestida con un material aislante de concreto de peso liviano. Después de un tiempo se pueden desarrollar cuarteaduras finas, sin embargo, estas generalmente tienden a cerrarse debido a la expansión cuando se enciende la caldera.

Una mezcla fina de capa brochada aplicada con un cepillo ayuda a conservar una superficie dura.

Reparaciones menores se pueden efectuar engrandeciendo o recortando las áreas afectadas, asegurándose que estén limpias y luego efectuando el remiando correspondiente. Si se requiere reemplazar toda la instalación, remover el material existente y limpiar hasta llegar al metal sin revestimiento. Inspeccionar los pasadores de retención y reemplazarlos en caso de ser necesario. También se puede usar una malla de refuerzo colocada apropiadamente. El aislante recomendado se conoce como "Vee Bloc Mix".

Mezclar el material con agua a una consistencia que pueda aplicarse con un palustre. La mezcla debe ser completamente uniforme, ninguna parte más húmeda o más seca que la otra. Coloque la mezcla con el palustre en las áreas que se van a remendar. Si se procede con el cambio de todo el aislante comenzar en la parte inferior de la puerta y aplicar la mezcla al mismo espesor del refuerzo protector. Con un palustre aplicar la mezcla en capas horizontalmente de un lado a otro en toda la puerta hasta alcanzar el espesor requerido.

Permitir que se seque al aire el tiempo que sea necesario. Si la caldera se necesita usar inmediatamente, encender intermitentemente con llama baja para evitar que el material se seque rápido.



REVESTIMIENTO REFRACTARIO DEL HORNO — 125-150-200 HP

Figura A.4. 1 Revestimiento Refractario del Horno 1<sup>34</sup>

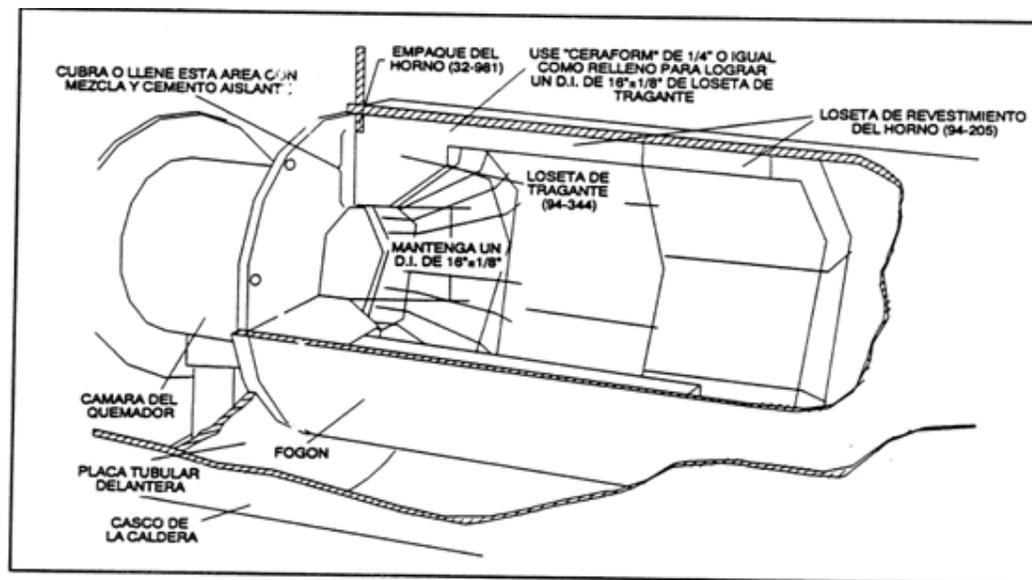


Figura A.4. 2 Revestimiento Refractario del Horno 2<sup>35</sup>

<sup>34</sup> Fuente: MANUAL DE OPERACIÓN CALDERAS UNITARIAS MODELO CB CLEAVER-BROOKS

<sup>35</sup> Fuente: MANUAL DE OPERACIÓN CALDERAS UNITARIAS MODELO CB CLEAVER-BROOKS

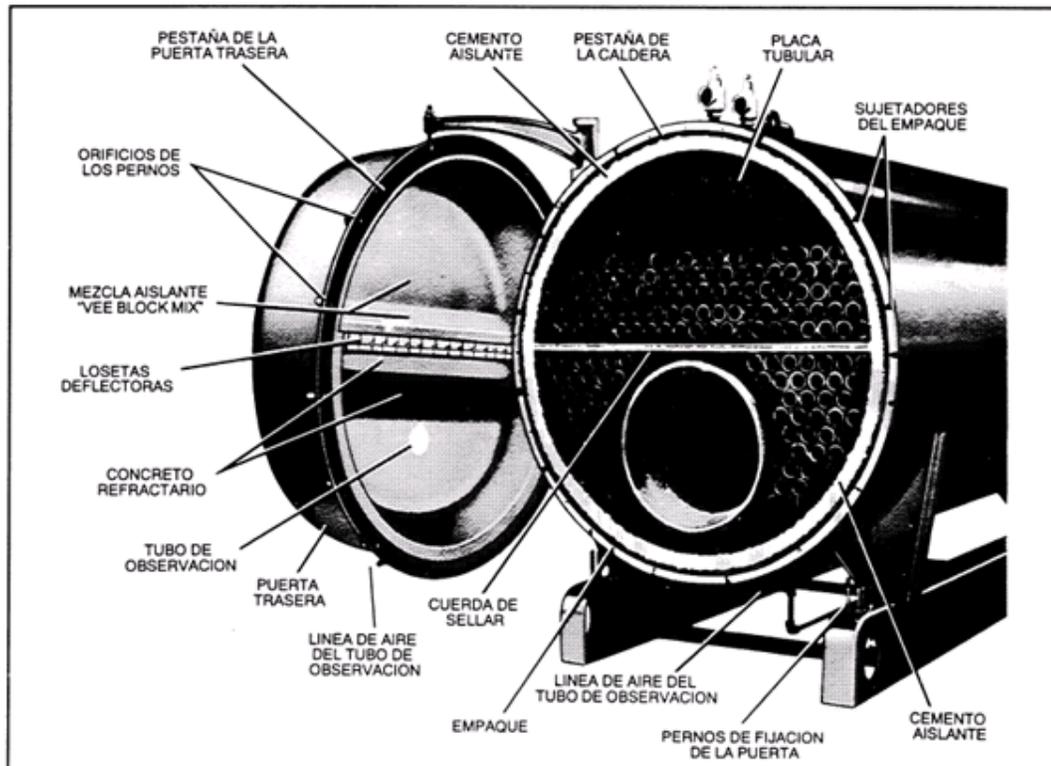


Figura A.4. 3 Puerta Trasera Abierta<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Fuente: MANUAL DE OPERACIÓN CALDERAS UNITARIAS MODELO CB CLEAVER-BROOKS

## **SISTEMA DE LUBRICACIÓN**

### **Bomba de aire**

La bomba de aire por si sola requiere poco mantenimiento, sin embargo, la duración de la bomba depende de que se le suministre suficiente aceite lubricante limpio y frío. El nivel de aceite en el tanque de aire- aceite se debe observar con detenimiento.

La falta de aceite dañará la bomba, lo que hará necesario el reemplazo. No se recomienda desarmar o reparar la bomba en el local de trabajo.

### **Aceite Lubricante**

El aceite lubricante debe estar visible todo el tiempo en el tubo de vidrio del indicador. No se requiere un nivel específico siempre y cuando el aceite esté visible. No se debe hacer funcionar el caldero si el aceite no está visible.

Se debe usar aceite con la viscosidad apropiada. Se recomienda utilizar aceite detergente SAE20 aunque el SAE10 también es permisible. Marcas conocidas como Havoline (Texaco), Mobil Oil (Mobil), Shell X100 y Permaluble (American) funcionan satisfactoriamente.

Normalmente el aceite se agrega removiendo primero la tapa del tubo de llenado en la parte superior del tanque y agregando suficiente aceite para levantar el nivel al punto medio del vidrio de nivel. Esto no se puede efectuar cuando la caldera está en funcionamiento. Si es absolutamente necesario agregar aceite durante la operación remover el depurador de aire y agregar despacio aceite limpio en el orificio.

El aceite y su recipiente deben estar limpios. Aunque hay un filtro en la línea del aceite lubricante, su objetivo es remover materiales indeseables en lugar de servir de filtro para aceite sucio.

**Depurador de Aire**

Bajo ninguna circunstancia operar la bomba sin el depurador de aire en su lugar. El depurador debe inspeccionarse y su elemento debe limpiarse. Se debe mantener el nivel correcto de aceite en el depurador.

**Tanque de Aire – Aceite**

El tanque de aire – aceite contiene virutas de acero que se usan como medio filtrante para separar el aceite lubricante del aire comprimido. La viruta está compactada en dos compartimientos conteniendo cada uno aproximadamente cinco onzas. La viruta debe reemplazarse periódicamente siempre que la inspección revele la necesidad de hacerlo. Se debe compactar cuidadosamente para asegurar una densidad pareja.

No se debe comprimir demasiado la viruta y además se debe asegurar que llene todo el espacio disponible. El compactamiento inadecuado puede causar un consumo de aceite elevado. Es necesario utilizar la viruta adecuada recomendada por Cleaver – Brooks.

En caso que sedimento se acumule en el tanque es necesario drenarlo y lavarlo a presión con un solvente adecuado.

**Serpentín de Enfriamiento del Aceite Lubricante**

Las aletas de la tubería deben mantenerse limpias y libre de polvo o suciedad que pueda contrarrestar el flujo de aire y causar recalentamiento. Utilizar una manguera de aire para limpiar la suciedad. La limpieza interna de los tubos raramente se requiere si se usa aceite lubricante de buena calidad.

### **Colador del Aceite Lubricante**

El cedazo del colador del combustible debe retirarse y limpiarse periódicamente. Se recomienda remover el cedazo cada mes y limpiarlo adecuadamente sumergiéndolo en solvente y secándolo con aire a presión. Para retirarlo aflojar el tornillo de la tapa teniendo cuidado de no perder el empaque de cobre.

Golpear ligeramente la tapa para aflojarle. Inspeccionar el empaque de la tapa. Deslizar las puntas de un alicate en la cruz en la parte superior del colador y girar hacia la izquierda para retirar la canasta. Ensamblar nuevamente en orden inverso.

### **General**

Mantener el motor y otros componentes limpios para evitar recalentamiento o daño de los mismos. Se deben seguir las recomendaciones del fabricante para lubricar el motor.

Los fabricantes de motores eléctricos difieren en sus especificaciones con relación a la lubricación y cuidado de los cojinetes del motor y se deben seguir sus recomendaciones.

Los motores equipados con cojinetes de bolas vienen pre-lubricados. El tiempo que un cojinete puede funcionar sin tener la necesidad de agregar grasa dependerá de muchos factores. La capacidad del motor, el tipo de envoltura del motor, servicio, condiciones atmosféricas, humedad y temperatura ambiental, son algunos de los factores involucrados.

La renovación completa de la grasa, de ser necesaria, se puede lograr forzando hacia afuera la grasa vieja con la nueva. Limpiar correctamente las partes del bastidor alrededor de los tapones de relleno y de drenaje (arriba y debajo de los cojinetes). Remover el tapón de drenaje (abajo) y retirar la grasa endurecida que se haya acumulado en el orificio de drenaje.

Con el motor sin funcionar agregar grasa nueva a través del orificio de llenado hasta que salga grasa limpia del orificio de drenaje. Antes de colocar nuevamente el tapón de drenaje, hacer funcionar el motor durante 10 o 20 minutos para que

expulse el exceso de grasa. La tapa del orificio de llenado y el tapón de drenaje deben limpiarse correctamente antes de colocarse de nuevo.

El lubricante utilizado debe ser limpio e igual en calidad a uno de los grados de grasa comercial en el mercado local. Algunos de los lubricantes que se recomiendan son:

Gulf Oil	Grasa de Precisión No2
Humble Oil	Andok B
Texaco	Multifak No 2
Phillips	1B + RB No 2
Fiske Bros	Lubricante para cojinete de bolas
Standard/Mobil	Mobilux No 2

#### Interconexiones de Control

Aplicar un lubricante de alta temperatura que no sea pegajoso ni gotee, como grafito o un derivado de silicón, a todas las articulaciones pivotadas y piezas móviles. Lubricar correctamente y eliminar el exceso. Repetir la aplicación en los intervalos requeridos para mantener la movilidad de las piezas.

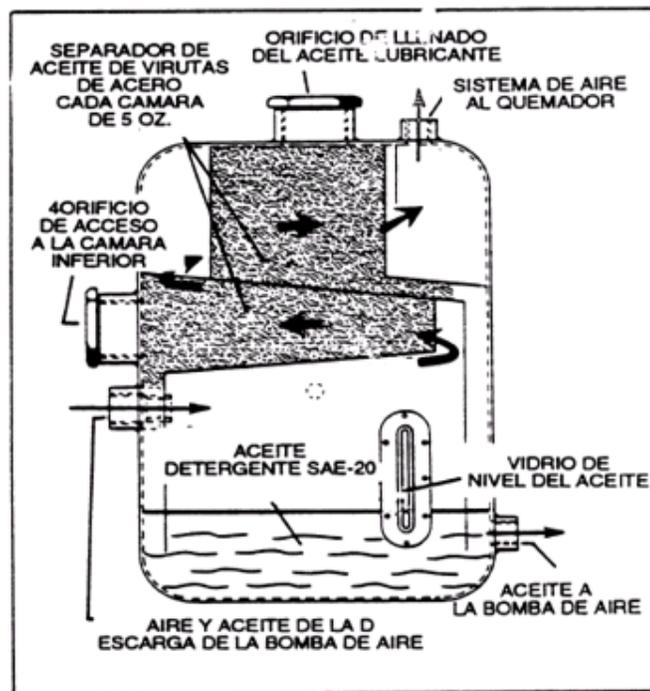


Figura A.4. 4 Tanque Receptor de Aire - Aceite<sup>37</sup>

## VENTILADOR DE TIRO FORZADO

La posición de las paletas del impulsor con relación a la cámara de la entrada de aire es de extrema importancia a la capacidad de salida del ventilador.

Las paletas del impulsor no deben rozar o hacer contacto con la caja, pero al mismo tiempo, el espacio libre no debe ser mayor de 0.030 pulgadas (0.8 mm) y preferiblemente menos.

El cuadro inserto en la parte inferior derecha de la figura A4.4.5 muestra el impulsor visto desde el costado del motor, indicando la dirección de rotación.

El cuadro inserto en la parte superior derecha muestra una designación de "rotación igual a la dirección de las agujas del reloj" y "rotación contraria a la dirección de las agujas del reloj".

<sup>37</sup> Fuente: MANUAL DE OPERACIÓN CALDERAS UNITARIAS MODELO CB CLEAVER-BROOKS

Verificar periódicamente que el ventilador esté bien asegurado al eje del motor. Si la caldera se instala en un sitio con bastante presencia de polvo, verificar que las paletas no tengan depósitos de suciedad o tierra ya que esta acumulación puede disminuir la capacidad de ventilación o puede conducir a una condición de desbalance.

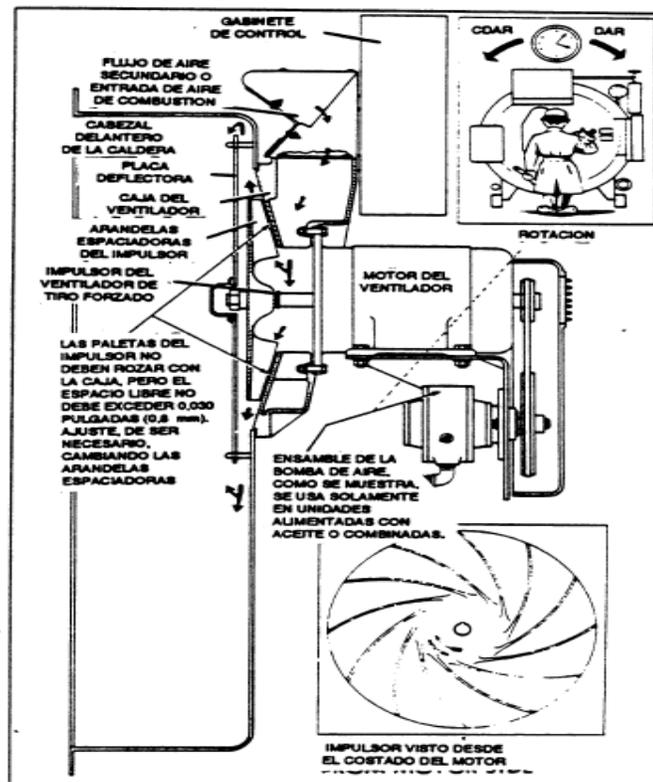


Figura A.4. 5 Flujo de Aire Secundario de Combustión<sup>38</sup>

<sup>38</sup> Fuente: MANUAL DE OPERACIÓN CALDERAS UNITARIAS MODELO CB CLEAVER-BROOKS

## CONTROLES ELÉCTRICOS

La mayoría de los controles de operación requieren poco mantenimiento aparte de la inspección periódica.

Verificar la tensión de las conexiones eléctricas y mantener limpios los controles.

Eliminar cualquier suciedad acumulada en el interior del control usando aire de baja presión y tener cuidado de no dañar el mecanismo.

Verificar si están dañados o rotos los interruptores de mercurio. Una espuma oscura sobre la superficie de mercurio generalmente brillante podría conducir a una acción errática del control.

Asegurarse que los controles de este tipo estén nivelados correctamente empleando el indicador de nivelación.

De ser necesario se debe limpiar la tubería que va hacia los controles que operan a presión.

Se debe mantener las tapas en los controles todo el tiempo.

El polvo y la suciedad pueden causar desgaste excesivo y recalentamiento de los contactos del arranque del motor y del relé. Los contactos del arranque tienen un revestimiento de plata y no se dañan por descoloración o picaduras leves. No utilizar limas o materiales abrasivos como papel lija en la punta de los contactos ya que se eliminaría la capa de plata metálica con la cual están recubiertas.

Utilizar un bruñidor de lija para pulir y limpiar los contactos. El reemplazo de los contactos es necesario solamente cuando la capa de plata esté muy fina por el desgaste.

Los relevadores térmicos (sobrecargas) son del tipo de aleación fundida y cuando “saltan” se debe dar tiempo a la aleación para que se resolidifique antes que el relevador pueda ser restablecido. Reemplazar estas unidades si “saltan” repetidamente cuando la corriente del motor es normal. Si la condición persiste, es necesario determinar la causa del consumo excesivo de energía.

El suministro del corriente a la caldera debe protegerse con fusibles de doble elemento o interruptores protectores. Se deben utilizar fusibles similares en circuitos derivados. No se recomiendan fusibles no monoestables.

Control de Programación.

Este control no requiere ajuste, ni se debe intentar alterar el ajuste de los contactos. Los contactos puede que requieran limpieza ocasional. De necesitarla seguir las instrucciones indicadas por Cleaver – Brooks.

No utilizar materiales abrasivos, mantener cerrada la puerta del gabinete de control durante la operación normal.

Las lentes del detector de la llama deben limpiarse tan a menudo como lo permitan las condiciones de operación. De ser necesario utilizar un trapo suave humedecido con detergente.

No es recomendable ni es práctico el reemplazo de los componentes internos a menos que sea el amplificador enchufable.

Cuando se reemplace un control o se limpie los contactos cerciorarse de desconectar el interruptor de la corriente principal, ya que el control tiene corriente aunque el interruptor del quemador esté apagado.

Se debe establecer un procedimiento de verificación de seguridad para comprobar todo el sistema de seguridad de la llama por lo menos una vez al mes o más menudo.

Las pruebas deben verificar que los dispositivos de seguridad detengan la operación de la un unidad de haber fallas en el encendido del piloto, falla en encender la llama principal y por pérdida de llama. Cada una de estas condiciones deberá verificarse en base a un programa planificado. Estas pruebas también sirven para verificar el ajuste de la válvula de combustible.

Verificación de falla en la llama del piloto.

Cerrar el suministro principal de combustible.

Encender el quemador. El sistema de piloto se activará al final del período de pre-purga. Ya que no hay ninguna llama del piloto que detectar, la válvula del piloto será desactivada y las válvulas principales del combustible no se activarán.

Cerciorarse que exista chispa de la ignición pero que no haya llama.

El programador completará su ciclo durante el cual el interruptor de seguridad conectará un cierre de seguridad activando la luz indicadora de falla de llama.

Apagar el interruptor del quemador. Restablecer el interruptor de seguridad después de permitir que se enfríe el elemento térmico durante un tiempo prudencial.

Verificación de Falla en el Encendido de la Llama Principal.

Cortar el suministro principal de combustible al quemador.

Encender el interruptor del quemador, el piloto encenderá después de completar el período de pre-purga.

El relevador 2K se desengancha antes de cuatro segundos después de finalizar el período de prueba del quemador principal.

El interruptor de seguridad soltará y cerrará aproximadamente 30 segundos después del final del período de la prueba de ignición. La luz indicadora de falla de llama se activará.

Apagar el interruptor del quemador.

Restablecer el interruptor de seguridad después de permitir que se enfríe el elemento térmico durante un tiempo prudencial.

Restablecer el suministro principal de combustible

Verificación de Pérdida de Llama.

Con el quemador en operación normal, cortar el suministro principal de combustible al quemador para apagar la llama principal.

El relevador 2K se desengancha antes de cuatro segundos después de apagar la llama. El motor soplador funciona durante el período de post-purga. El interruptor de seguridad soltará y cerrará aproximadamente 30 segundos más tarde desactivando el relevador principal 1K. La luz indicadora de falla de llama se activará.

Apagar el interruptor del quemador.

Restablecer el interruptor de seguridad después de permitir que se enfríe el elemento térmico durante un tiempo prudencial.

Restablecer el suministro principal del combustible.

CARGA ELECTRICA	MONOFASICO 50/60 HZ			TRIFASICO 50/60 HZ			
	110-120 V	220-240 V	200-208 V	220-240 V	346-416 V	440-480 V	550-600 V
MOTOR DE 1/4 HP	FRN 8	FRN 4-1/2	FRN 1-8/10	FRN 1-8/10		FRS 1	FRS 8/10
MOTOR DE 1/3 HP	FRN 9	FRN 4-1/2	FRN 1-8/10	FRN 1-8/10		FRS 1	FRS 8/10
MOTOR DE 1/2 HP	FRN 12	FRN 6-1/4	FRN 2-8/10	FRN 2-8/10	FRS 1-8/10	FRS 1-4/10	FRS 1
MOTOR DE 3/4 HP	FRN 17-1/2	FRN 9	FRN 4-1/2	FRN 4-1/2	FRS 2-1/4	FRS 1-8/10	FRS 1-4/10
MOTOR DE 1 HP	FRN 20	FRN 10	FRN 5	FRN 5	FRS 3-2/10	FRS 2-1/4	FRS 1-8/10
MOTOR DE 1-1/2 HP	FRN 25	FRN 12	FRN 7	FRN 7	FRS 4	FRS 3-2/10	FRS 2-1/2
MOTOR DE 2 HP	FRN 30	FRN 15	FRN 9	FRN 9	FRS 5-8/10	FRS 4-1/2	FRS 3-1/2
MOTOR DE 3 HP	FRN 40	FRN 20	FRN 12	FRN 12	FRS 8	FRS 6-1/4	FRS 5
MOTOR DE 5 HP		FRN 35	FRN 20	FRN 20	FRS 12	FRS 10	FRS 8
MOTOR DE 7-1/2 HP		FRN 50	FRN 30	FRN 30	FRS 17-1/2	FRS 15	FRS 12
MOTOR DE 10 HP		FRN 60	FRN 40	FRN 35	FRS 20	FRS 17-1/2	FRS 15
MOTOR DE 15 HP			FRN 60	FRN 50	FRS 30	FRS 25	FRS 20
MOTOR DE 20 HP			FRN 70	FRN 70	FRS 40	FRS 35	FRS 25
MOTOR DE 25 HP			FRN 90	FRN 80	FRS 50	FRS 40	FRS 35
MOTOR DE 30 HP			FRN 100	FRN 100	FRS 60	FRS 50	FRS 40
MOTOR DE 40 HP			FRN 150	FRN 150	FRS 80	FRS 70	FRS 50
MOTOR DE 50 HP			FRN 175	FRN 175	FRS 100	FRS 80	FRS 70
MOTOR DE 60 HP			FRN 200	FRN 200	FRS 125	FRS 100	FRS 80
MOTOR DE 75 HP			FRN 250	FRN 250	FRS 150	FRS 125	FRS 100
MOTOR DE 100 HP			FRN 350	FRN 300		FRS 150	FRS 125
MOTOR DE 125 HP			FRN 450	FRN 400		FRS 200	FRS 150
MOTOR DE 150 HP			FRN 500	FRN 450		FRS 225	FRS 200
MOTOR DE 200 HP				FRN 600		FRS 300	FRS 250
CALENTADOR DE 2 KW	FRN 20	FRN 12	FRN 7	FRN 7		FRS 4-1/2	FRS 3-2/10
CALENTADOR DE 3 KW	FRN 30	FRN 15	FRN 10	FRN 10	FRS 6-1/4	FRS 5-6/10	FRS 4-1/2
CALENTADOR DE 5 KW	FRN 50	FRN 25	FRN 15	FRN 15	FRS 10	FRS 8	FRS 6-1/4
CALENTADOR DE 7-1/2 KW			FRN 25	FRN 25	FRS 15	FRS 12	FRS 10
CALENTADOR DE 10 KW			FRN 30	FRN 30	FRS 25	FRS 17-1/2	FRS 12
CALENTADOR DE 15 KW			FRN 45	FRN 45	FRS 35	FRS 25	FRS 20
VOLTAJE DEL TRANSFORMADOR DEL CIRCUITO DE CONTROL	1/2 KVA.	1 KVA.	1-1/2 KVA.				
110-120	FRN-10	FRN-12	FRN-15				
208-240	FRN-6 1/4	FRN-7	FRN-8				
346-416	FRS-4 1/10	FRS-6	FRS-7				
440-480	FRS-3 2/10	FRS-4 1/10	FRS-5				
550-600	FRS-3 2/10	FRS-4 1/10	FRS-5				

CONSULTE AL DEPTO. DE INGENIERIA ELECTRICA DE CLEAVER-BROOKS SOBRE EL TAMAÑO DEL FUSIBLE "FUSETRON" PARA SISTEMAS DE POTENCIA CON VOLTAJE, FRECUENCIA O FASE QUE NO SE MENCIONE ARRIBA.

Figura A.4. 6 Tamaños Máximos Recomendados para Fusibles<sup>39</sup>

<sup>39</sup> Fuente: MANUAL DE OPERACIÓN CALDERAS UNITARIAS MODELO CB CLEAVER-BROOKS

**A N E X O 5**  
**INVENTARIO DEL CENTRO DE ENERGÍA DEL**  
**HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN**



ITEM	CANTIDAD	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	TIPO DE FLUIDO	OPERATIVO		UBICACIÓN
							SI	NO	
1	1	BOMBA DE AGUA # 1	GOULDS, ITT	3656	7BF1Q2AO	AGUA	x		CASA DE MÁQUINAS
2	1	BOMBA DE AGUA # 2	GOULDS, ITT	3656	7BF1Q2AO	AGUA	x		CASA DE MÁQUINAS
3	1	BOMBA DE AGUA # 3	GOULDS, ITT	3656	7BF12135	AGUA	x		CASA DE MÁQUINAS
4	1	BOMBA CONTRA INCENDIO	PATTERSON	S/M	FP-CO51892	AGUA	x		CASA DE MÁQUINAS
5	1	BOMBA DE VACÍO # 1	INGERSOLL-RAND	15VX7	30T720175	VACÍO	x		CASA DE MÁQUINAS
6	1	BOMBA DE VACÍO # 2	INGERSOLL-RAND	15VX7	30T720182	VACÍO	x		CASA DE MÁQUINAS
7	1	COMPRESOR DE AIRE	INGERSOLL-RAND	T30780H	30T691495	AIRE	x		CASA DE MÁQUINAS
8	1	ABLANDADOR DE AGUA # 1	CULLIGAN	HI - FLO52	S/N	AGUA	x		CASA DE MÁQUINAS
9	1	ABLANDADOR DE AGUA # 2	CULLIGAN	HI - FLO52	S/N	AGUA	x		CASA DE MÁQUINAS
10	1	CALDERO #1	CLEAVER BROOKS	CB101 - 250	L - 80545	VAPOR	x		CASA DE MÁQUINAS
11	1	CALDERO #2	CLEAVER BROOKS	CB101 - 250	L - 80547	VAPOR	x		CASA DE MÁQUINAS
12	1	CALDERO #3	CLEAVER BROOKS	CB101 - 250	L - 80546	VAPOR	x		CASA DE MÁQUINAS

Fuente: HCAM

ITEM	CANTIDAD	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	TIPO DE FLUIDO	OPERATIVO		UBICACIÓN
							SI	NO	
13	1	CALDERO #4	CLEAVER BROOKS	CB100 - 60	L - 76513	VAPOR	x		CASA DE MÁQUINAS
14	1	CALDERO #5	POWER- MASTER	3L	G705008	VAPOR		x	CASA DE MÁQUINAS
15	1	BOMBA DOSIFICADORA DE QUIMICO # 1	BISON	X409-XT- EFAXXXX	706200303	QUIMICO DESINCRUSTANTE	x		CASA DE MÁQUINAS
16	1	BOMBA DOSIFICADORA DE QUIMICO # 2	BISON	X409-XT- EFAXXXX	-	QUIMICO DESINCRUSTANTE	x		CASA DE MÁQUINAS
17	1	BOMBA DOSIFICADORA DE QUIMICO # 3	BISON	X409-XT- EFAXXXX	704200300	QUIMICO DESINCRUSTANTE	x		CASA DE MÁQUINAS
18	1	BOMBA DOSIFICADORA DE QUIMICO # 4	CHEM-TECH	X215-XA- AAAAXXX	12200087	QUIMICO DESINCRUSTANTE	x		CASA DE MÁQUINAS
19	1	BOMBA DE AGUA CALDERO # 1	AURORA	H6T-S-116ABF	02-422604	AGUA	x		CASA DE MÁQUINAS
20	1	BOMBA DE AGUA CALDERO # 2	AURORA	H6T-S-116ABF	03-884529-2	AGUA	x		CASA DE MÁQUINAS
21	1	BOMBA DE AGUA CALDERO # 3	AURORA	H6T-S-116ABF	06-1351989-2	AGUA	x		CASA DE MÁQUINAS
22	1	BOMBA DE AGUA CALDERO # 4	AURORA	H6T-S-115ABF	06-1414226-4	AGUA	x		CASA DE MÁQUINAS
23	1	BOMBA DE AGUA CALDERO # 5	AURORA	H6T-S-115ABF	06-1114226-6	AGUA	x		CASA DE MÁQUINAS
24	1	TANQUE DE AGUA CALIENTE # 1	-	-	-	AGUA	x		CASA DE MÁQUINAS

Fuente: HCAM

ITEM	CANTIDAD	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	TIPO DE FLUIDO	OPERATIVO		UBICACIÓN
							SI	NO	
25	1	TANQUE DE AGUA CALIENTE # 2	-	-	-	AGUA	x		CASA DE MÁQUINAS
26	1	TANQUE DE CONDENSADO # 1	-	-	-	AGUA	x		CASA DE MÁQUINAS
27	1	TANQUE DE CONDENSADO # 2	-	-	-	AGUA	x		CASA DE MÁQUINAS
28	1	TANQUE DIARIO DE COMBUSTIBLE	-	-	-	DIESEL	x		CASA DE MÁQUINAS
29	1	GENERADOR ELÉCTRICO # 1	DEUTZ	F3L912	6637251	GENERACIÓN ELÉCTRICA A DIESEL	x		CAÑERÍAS BLOQUE 2
30	1	GENERADOR ELÉCTRICO # 2	DEUTZ	F4L912	6475789	GENERACIÓN ELÉCTRICA A DIESEL	x		CAÑERÍAS BLOQUE 3
31	1	GENERADOR ELÉCTRICO # 3	CUMMINS	125DGE8	E950578216	GENERACIÓN ELÉCTRICA A DIESEL	x		CAÑERÍAS BLOQUE 4
32	1	BOMBA DE POZO PROFUNDO	FRANKLIN ELECTRIC	S/M	S/N	AGUA	x		POZO PROFUNDO
33	1	BOMBA CLORIFICADORA	MILTON ROY	X015-XA-AAAAXXX	706200239	COLORO LÍQUIDO	x		POZO PROFUNDO
34	1	BOMBA DE RECEPCIÓN DE COMBUSTIBLE	S/M	18097-P7CCE	10817 - 1	DIESEL	x		MANTENIMIENTO BLOQUE 2
35	1	CONTADOR DE COMBUSTIBLE	TOKHEM	1450-30-8P-4	03114 46687	DIESEL	x		MANTENIMIENTO BLOQUE 3

Fuente: HCAM

# **A N E X O 6**

## **MODELO DE BITÁCORA**

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO HCAM LIBRO DE CONTROL DE ACTIVIDADES (BITÁCORA)							N°
MÁQUINA:	CÓDIGO CONTA.	INICIO	HORA	FECHA	FIN	HORA	FECHA
<b>F A L L A</b>	<b>TIPO:</b>						
	<b>SINTOMA:</b>						
	<b>DIAGNOSTICO:</b>						
<b>S O L U C I Ó N</b>	<b>TIPO DE MANTENIMIENTO:</b>						
	<b>PROCEDIMIENTO:</b>						
<b>R E C U R S O S</b>	<b>HERRAMIENTAS:</b>						
	<b>REPUESTOS/MATERIALES:</b>						
	<b>PERSONAL:</b>						
<b>OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:</b>							
<b>RESPONSABLE:</b>				<b>SUPERVISOR:</b>			
<b>NOMBRE:</b>				<b>NOMBRE:</b>			
_____				_____			

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO HCAM LIBRO DE CONTROL DE ACTIVIDADES (BITÁCORA)							N°	
MÁQUINA:	CÓDIGO CONTA.	INICIO	HORA	FECHA	FIN	HORA	FECHA	
CALDERO C.B. # 1			8:30	08-11-26		10:07	08-11-26	
F A L L A	<b>TIPO:</b> MECÁNICA							
	<b>SÍNTOMA:</b>							
	EXCESO DE VIBRACIONES EN EL ARRANQUE DEL MOTOR DEL VENTILADOR							
	SOBRECALENTAMIENTO DEL MOTOR							
S O L U C I Ó N	<b>DIAGNOSTICO:</b>							
	DESBALANCEO DEL VENTILADOR							
R E C U R S O S	<b>TIPO DE MANTENIMIENTO:</b> CORRECTIVO							
	<b>PROCEDIMIENTO:</b> SE DETECTÓ QUE EXISTIA EFECTIVAMENTE UN DESBALANCEO CON UNA							
	MEJORA DE VIBRACIONES, PARA SOLUCIONAR ESTE PROBLEMA SE REALIZARON TRES AJUSTES EN							
	LA PARTE POSTERIOR DEL VENTILADOR PARA COLGAR PERNAS QUE EQUILIBRARON COMO PIEZAS.							
LA UBICACIÓN DE LOS AJUSTES ES DE ACERCA A LAS MEDIDAS DEL MEDIDOR DE VIBRACIONES								
<b>HERRAMIENTAS:</b> TALADRO, MEDIDOR DE VIBRACIONES, LLAVES DE TORX Y								
<b>REPUESTOS/MATERIALES:</b> SE UTILIZÓ PERNAS HECHOS QUE EXISTIAN EN LA CASA DE								
MÁQUINAS								
<b>PERSONAL:</b> SE NECESITABA 2 TÉCNICO COMPETIVO (NO TRABAJA PARA EL HOSPITAL) Y								
DOS PERSONAS QUE TRABAJAN PARA LA CASA DE MÁQUINAS								
<b>OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:</b>								
NO SE NECESITÓ SUPLENIR REPUESTOS A BUENA.								
UTILIZAR PROTECCIONES PARA OJOS.								
<b>RESPONSABLE:</b>				<b>SUPERVISOR:</b>				
NOMBRE: ING. JEFERSON GONZÁLEZ				NOMBRE: EDUARDO TITAN				
_____				_____				

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO HCAM LIBRO DE CONTROL DE ACTIVIDADES (BITÁCORA)						N°	
MÁQUINA:	CÓDIGO CONTA.	INICIO	HORA	FECHA	FIN	HORA	FECHA
Combo desulfurador de Químico CB1			9:00				10:00
F A L L A	TIPO:						
	SÍNTOMA:						
	Fuga de químico en la bomba						
	DIAGNOSTICO:						
Cambio de empaque							
S O L U C I Ó N	TIPO DE MANTENIMIENTO: <i>Correctivo</i>						
	PROCEDIMIENTO: <i>Se revisa internamente la parte en donde se observa la fuga, se detecta que la o-ring estaba rota, se calza uno que existía en la máquina, se prueba y se observa que la fuga ya no continúa</i>						
	HERRAMIENTAS:						
R E C U R S O S	<i>Placa de tules, destornillador plano y destornillador</i>						
	REPUESTOS/MATERIALES:						
	<i>o-ring</i>						
	PERSONAL: <i>Falían Morales</i>						
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:							
<i>debe ser necesario pedir material a bodega</i>							
RESPONSABLE:				SUPERVISOR:			
NOMBRE:				NOMBRE: <i>EDUARDO TIPAN</i>			
_____				_____ 			

**A N E X O 7**  
**SERVICIOS MÉDICOS QUE BRINDA EL HCAM**

El hospital brinda los siguientes servicios médicos a los afiliados del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (I.E.S.S.)

### **Servicio de Ginecología**

Las subespecialidades que se ofrecen son:

Clínica ginecológica

Endocrinología ginecológica

Mastología: clínica, quirúrgica

Cirugía ginecológica: abierta, endoscópica, vaginal

Cirugía oncológica ginecológica

Patología cervical

Fertilidad

Planificación familiar.

### **Centro de Alto Riesgo Obstétrico**

En esta área se brinda atención especializada a pacientes embarazadas complicadas con diversas patologías, y también a pacientes embarazadas normales; por lo tanto se atienden partos normales, se realizan cesáreas y por ser un centro a donde confluyen los servicios de Ginecología, Obstetricia y Cirugía se resuelven todos los casos quirúrgicos que requiere la mujer, tanto con video laparoscopia, cuanto con cirugía abierta, de acuerdo a los requerimientos de las diversas patologías.

### **Servicio de Obstetricia**

En esta área se presta atención a las pacientes que requieren de tratamiento clínico en obstetricia normal, patología obstétrica y en la recuperación post operatoria de la especialidad.

### **Servicio de Neonatología y Perinatología**

En esta área se presta atención a pacientes que son recién nacidos normales y patológicos contando con una Unidad de Terapia Intensiva Neonatológica.

### **Servicio de Pediatría**

Son atendidos en este servicio los niños y niñas desde 1 mes hasta 1 año de edad, hijos de afiliadas. Los niños y niñas del seguro campesino desde 1 mes hasta los 12 años de edad y los hijos de los empleados del I.E.S.S<sup>40</sup>, hasta los 12 años de edad.

Cuenta con una trabajadora social que ayuda a resolver todos los casos en los que se requiere sus servicios.

### **Servicio de Estomatología**

El Servicio de Estomatología del Hospital Carlos Andrade Marín, es una unidad operativa técnico-administrativa de nivel 3, destinada a brindar atención integral odontológica-médica y cumplir actividades de docencia e investigación.

Atiende pacientes de interconsulta o referidos de dispensarios, en programas para:

Hospitalizados

Ambulatorios con enfermedades de riesgo asociadas

Especialidades odontológicas

Infectología

Emergentes, en lo referente al diagnóstico, tratamiento y control de las enfermedades orales y tumores buco-máxilo-faciales.

---

<sup>40</sup> En el presente proyecto las siglas I.E.S.S. significan Instituto Ecuatoriano de Seguridad de Social

Se prioriza la atención al paciente hospitalizado con visita en el piso para eliminación de focos sépticos y en coordinación con los demás servicios médicos.

Se atiende a pacientes ambulatorios con enfermedades de riesgo asociadas, en base a protocolos de atención que son anualmente revisados. Se incluyen pacientes con: alteraciones hematológicas, afecciones cardiovasculares, renales, hepáticas, respiratorias, oncológicas, diabéticas, inmunodeprimidos, neurológicos, madres gestantes, entre otros.

El programa de especialidades incluye: cirugía máxilo facial, patología oral, medicina oral, periodoncia y endodoncia. Para su atención los pacientes deberán ser referidos tanto de otros servicios hospitalarios, cuanto de los diferentes dispensarios del I.E.S.S.

### **Servicio de Oncología y Radioterapia**

El Servicio de Oncología del HCAM, brinda atención a pacientes con diagnóstico histopatológico de malignidad en las modalidades de Quimioterapia, Radioterapia, así como en las aplicaciones derivadas de su tratamiento de enfermedad oncológica, tanto en su aspecto físico, psicológico y social.

En cuanto a procedimientos se realizan:

Tratamientos:

Quimioterapia intravenosa e intracavitaria

Radioterapia: simulación, dosimetría, puesta y tratamiento

Colocación de catéteres

Cirugías:

Cirugía menor

Biopsias

Paracentesis, toraconentesis, laparocentesis

**Atenciones:**

Diagnóstico

Estadía

Tratamientos tanto en consulta externa como en hospitalización

**Tratamientos frecuentes:**

Cáncer de seno

Linfomas

Estómago

Próstata

Pulmón

Colon

Recto

**Servicio de Neurología**

La neurología es uno de los servicios que abarcan muchos subservicios que son los siguientes:

**Cráneo Facial por Sinostosis:**

Remodelación

Avances

Procedimientos combinados

**Malformaciones Congénitas:**

Hidrocefalia

Meningocele

Mielomeningocele

**Trauma Cráneo Encefálico:**

Fracturas hundidas

Hematoma extradural

Hematoma subdural

- Lesiones combinadas
- Instalación de aparatos para medir presión intracraneal
- Fístula de líquido céfalo raquídeo
- Craneoplastia acrílica

#### Trauma Raquimedular

#### Infecciosas - Parasitarias:

- Neurocisticercosis de diverso tipo
- Meningitis de diverso tipo
- Absceso cerebral
- Empiema subdural

#### Hidrocefalia:

- Derivación ventrículo atrial
- Derivación ventrículo peritoneal
- Tercer ventrículo cisternostomía

#### Tumores Cerebrales:

- Supratentoriales
- Infratentoriales
- De hipófisis por vía transesfenoidal

#### Vascular Cerebral:

- Aneurismas cerebrales
- Malformación arterio venosa

#### Tumores Raquimedulares:

- Intra medulares
- Extramedulares intraraquídeos
- Intra extra raquídeos

#### Patología Degenerativa de la Columna:

- Discectomía cervical
- Discectomía lumbar
- Reemplazo de discos de columna
- Injertos autólogos y heterólogos

**Nervio Periférico:**

- Descompresión a diferente nivel
- Plastía e Injerto
- Rotaciones

Cirugía Neurológica Pediátrica por diversas condiciones que pueden ser agrupadas en una forma más o menos similar.

Atención de especialidad por consulta externa.

Atención de especialidad por urgencias.

Manejo de dolor.

**Servicio de Nefrología**

**Procedimientos:**

- Biopsia renal percutánea
- Cambio de línea de transferencia
- Diálisis Peritoneal Continua Ambulatoria (DPCA)
- Diálisis Peritoneal Intermitente (DPI)
- Diálisis Peritoneal Automatizada (APD)
- Educación y entrenamiento para pacientes en diálisis peritoneal
- Hemodiálisis agudos
- Hemodiálisis crónicas bajo flujo
- Hemodiálisis crónicas alto flujo
- Implantación de acceso peritoneal permanente
- Implantación de acceso peritoneal temporal
- Permeabilización de acceso vascular interno para hemodiálisis
- Permeabilización de catéter central permanente para hemodiálisis
- Permeabilización de catéter peritoneal

Post operatorio inmediato de trasplante renal  
Test de Equilibrio Peritoneal (PET)  
Test de depuración y ultrafiltración (KT/V)  
Corrección de catéter peritoneal disfuncionante  
Confección de acceso vascular para hemodiálisis (FAV)  
Confección de acceso vascular para hemodiálisis (FAV SINTÉTICO)  
Hemodiafiltración - Hemofiltración - Hemoperfusión  
Re-entrenamiento de pacientes de CAPD  
Entrevista pacientes: medica, psicológica, nutricional, social  
Entrevistas familiares

### **Servicio de Urología**

#### Procedimientos:

Trasplante renal  
Litotripsia extracorpórea por ondas de choque  
Laparoscopia urológica  
Endourología  
Nefrolitotomía abierta y percutánea  
Nefrolitotomía bivalva  
Pielolitotomía  
Plastias ureteropiélicas  
Uréterolitotomía  
Prostatectomía radical retropúbica  
Prostatectomía abierta y transuretral  
Cistoplastias  
Derivaciones urinarias continentales  
Prótesis de pene, testículos, esfínteres  
Instrumentación urológica  
Imagenología urológica, biopsias prostáticas eco dirigidas  
Hospitalización y consulta externa

### **Servicio de Gastroenterología**

Las enfermedades y procedimientos más frecuentes que se realizan en el Servicio de Gastroenterología y Centro de Endoscopia Digestiva de esta unidad médica son:

- K22 Otras enfermedades del esófago
- K25 Úlcera gástrica
- K28 Úlcera gastroyenunal
- K31 Otras enfermedades del estómago y duodeno
- K57 Enfermedad diverticular del intestino
- K74 Fibrosis y Cirrosis del hígado
- K76 Otras enfermedades del hígado
- K83 Otras enfermedades de vías biliares
- K85 Pancreatitis aguda
- C22 Tumor maligno del hígado y vías biliares
- Pancreatografía Retrógrada Endoscópica (ERCP)
- Extracción de cálculos y colocación de stents en vías biliares
- Colonoscopías
- Escleroterapias y Polipeptomías

### **Servicio de Oftalmología**

Los quince procedimientos, cirugías, atenciones y tratamientos más frecuentes que se realizan en el Servicio de Oftalmología son:

Procedimientos:

- Ecografía ocular
- Eco biometría
- Láser
- Campimetría
- Queratometría
- Paquimetría

Refracción  
Autorefracción  
Tomografía de órbita  
Resonancia magnética  
Sondaje de vía lagrimal  
Dacriocistografía

**Cirugías:**

Extracción extracapsular de catarata con implantación de lente intra ocular.  
Extracción extracapsular de catarata con facoemulsificación con implantación de lente intraocular plegable.  
Reaplicación de desprendimiento de retina  
Vitrectomía posterior  
Resección de Pterigión  
Dacriocistorrinostomía (por obstrucción de conducto lagrimal)  
Corrección de Ptosis palpebral  
Corrección de Entropión  
Corrección de Ectropión  
Tumores de órbita  
Cirugía filtrante para glaucoma  
Implante de válvulas para glaucoma  
Transplante de córnea  
Trauma ocular  
Recubrimiento conjuntival

**Atenciones y Tratamiento:**

Examen oftalmológico  
Conjuntivitis  
Cuerpo extraño  
Ojo seco  
Queratitis  
Pterigión  
Cataratas  
Glaucoma

- Tumor orbitario
- Trauma ocular y de órbita
- Ptosis
- Entropión
- Ectropión
- Retinopatía diabética
- Oclusiones vasculares
- Uveítis
- Otras retinopatías

### **Servicio de Obstetricia.**

Los procedimientos, atenciones y tratamientos que se realizan en el Servicio de Obstetricia son:

- Partos Normales
- Cesáreas
- Histerectomías
- Laparotomías
- Legrados
- Cerclajes
- Atención embarazo de alto riesgo

### **Servicio de Cardiología**

Atenciones y tratamientos que se brindan en cardiología y en la Unidad de Cuidados Coronarios son:

Diagnóstico y tratamiento de la insuficiencia cardiaca.

Diagnóstico y tratamiento de valvulopatías.

Diagnóstico y tratamiento con fibrinólisis, anticoagulación y antiagregación plaquetaria para el síndrome coronario agudo con elevación del ST (Infarto agudo de miocardio) y sin elevación de ST (Angina inestable e infarto no Q).

Diagnóstico y tratamiento de bradiarritmias y taquiarritmias con antiarrítmicos intravenosos u orales, colocación electiva y emergente de marcapasos, cardioversión eléctrica.

Procedimientos:

- Angioplastía y colocación de stent en las arterias coronarias
- Valvuloplastías con balón
- Colocación de marcapasos
- Estudio electrofisiológico y ablación con radiofrecuencia
- Cardioversión eléctrica electiva y emergente
- Monitoreo ambulatorio Holtter
- Monitoreo ambulatorio de la presión arterial
- Estudio y diagnóstico ecocardiográfico
- Pruebas ergométricas
- Estudio y Diagnóstico por gammagrafía cardíaca (Medicina Nuclear)

### **Servicio de Rehabilitación**

La Organización Mundial de la Salud, ha dividido a la atención médica en 3 etapas:

- Preventiva
- Curativa
- Rehabilitación

En este afán el servicio de rehabilitación realiza rutinas para recuperar funcionalidad, de caderas sometidas a atroplastias totales por coxartrosis, mediante técnicas protocolizadas.

Los pacientes que han sufrido enfermedad vascular cerebral sufren secuelas motoras sensitivas, de lenguaje; los mismos que son atendidos para conseguir la mayor adaptabilidad en su medio laborar, social y familiar mediante técnicas:

- Facilitación neuro-muscular
- Reeducción muscular
- Reeducción de marcha
- Reeducción de equilibrio
- Mejorar coordinación gruesa y fina
- Disminución de espasticidad
- Mejorar fuerza y arcos de movilidad

En casos de trastornos de lenguaje como: afasias, disartrias, disfonías, etc., contamos con Terapistas de Lenguaje, quienes actúan sobre la comprensión, expresión, lectura, escritura, cálculo, que se hallan alteradas en estas lesiones.

La mano se afecta con severidad en estas lesiones cerebrales para ello los terapeutas ocupacionales intervienen en el estado motor, amplitud articular, estado sensitivo, para lograr independencia en las actividades de la vida diaria, recomendando programas de refuerzo para casa, así como también, la ayuda de equipos y accesorios.

En casos de amputaciones músculo - esqueléticos, los médicos del servicio prescriben prótesis correspondientes y en casos de corrección las órtesis respectivas.

Los niños que padecen de retardo motor son avocados a valoración neuro-pediátrica mediante el método Vojta, de igual manera el tratamiento rehabilitador. Siendo el único servicio de rehabilitación en el país que utiliza este método de eficacia comprobada.

Las secuelas de fracturas óseas que limitan e incapacitan a estos pacientes luego de cirugía y la colocación de yesos recobran funcionalidad mediante la utilización de procedimientos de kinesioterapia, hidroterapia, fortalecimiento muscular, reeducación funcional, entre otros procesos.

La degeneración osteo-articular afecta a la mayoría de personas de edad adulta creando cuadros de dolor y limitación funcional para ello se utiliza procedimientos específicos para mejorar función y calmar el dolor con electroterapia, termoterapia, masoterapia, entre otros.

La actividad del ser humano y su esfuerzo diario repercute en lesiones de columna lumbar ya sea por espondilosis, artrosis, hernias discales, se ofrece en este servicio procedimientos o técnicas que alivian dolor, restablecen función y evitan cirugías de disco intervertebral.

En lesión de nervio periférico se mejora la fuerza, coordinación, sensibilidad con la ayuda de electroterapia, terapia ocupacional, quinesioterapia, y otras.

En enfermedades musculares que acarrearán limitación para las actividades diarias y de marcha se mejora capacidades residuales del músculo y mantener en las mejores condiciones para su vida diaria.

Para tratar los casos que acuden al servicio y que ameritan rehabilitación se dispone a más de los medicamentos, de técnicas específicas de la especialidad para cada una de las dolencias así como también de equipos médicos que ayudan a estos procedimientos como: ultrasonido, electro estimuladores, ondas cortas, hidroterapia, termoterapia, gimnasio equipado con: bandas sin fin, bicicletas, poleas, y otros equipos.

Se forman equipos multidisciplinarios en vista de que los pacientes no son atendidos para valorar un órgano o un sistema sino en la esfera Bio-Psico-Social el servicio cuenta con: Auxiliar de rehabilitación, Psicólogo, Trabajadora Social, Terapistas Físicos, Terapia Ocupacional y Terapia de Lenguaje, Fisiatra.

En los traumatismos raqui-medulares se tratan repercusiones motoras sensitivas con la finalidad de lograr independencia con técnicas específicas y prescripción de brace y sillas de ruedas cuando lo requieren

**Cirugía General.**

Las intervenciones quirúrgicas más comunes que se realizan son:

- Apendicetomía
- Apendicetomía laparoscópica
- Colecistectomía
- Colecistectomía laparoscópica
- Exploración de vías biliares
- Reparación de hernia inguinal
- Reparación de hernia incisional
- Gastrectomía subtotal
- Gastrectomía total
- Colectomía subtotal
- Resección anterior del recto
- Resección abdominoperineal del recto
- Esplenectomía
- Tiroidectomía
- Pancreatectomía

**A N E X O 8**  
**DISTRIBUCIÓN DE PLANTA CENTRO DE ENERGÍA DEL**  
**HCAM**