



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS ÁREAS: PEDIATRÍA,
TRAUMATOLOGÍA, CASA DE MÁQUINAS Y PISO TÉCNICO DEL HOSPITAL
GENERAL RIOBAMBA IESS APLICANDO ESTÁNDARES DE LA
ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD”**

TRABAJO DE TITULACIÓN:
TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO DE MANTENIMIENTO

AUTOR: ANA SOFÍA YERBABUENA HUEBLA
DAVID GEOVANNY ASHQUI ASHQUI
DIRECTOR: Ing. SEGIO RAÚL VILLACRÉS PARRA. Ms.C

Riobamba - Ecuador

2019

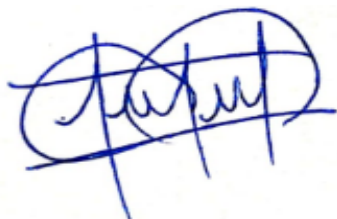
©2019, Ana Sofía Yerbabuena Huebla y David Geovanny Ashqui Ashqui

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, ANA SOFÍA YERBABUENA HUEBLA Y DAVID GEOVANNY ASHQI ASHQI, declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 03 de diciembre de 2019.



Ana Sofía Yerbabuena Huebla

C.C. 060512705-9



David Geovanny Ashqui Ashqui

C.C.060456579-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular: Tipo: Proyecto Técnico, “**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS ÁREAS: PEDIATRÍA, TRAUMATOLOGÍA, CASA DE MÁQUINAS Y PISO TÉCNICO DEL HOSPITAL GENERAL RIOBAMBA IESS APLICANDO ESTÁNDARES DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD**”, realizado por: **ANA SOFÍA YERBABUENA HUEBLA** y **DAVID GEOVANNY ASHQI ASHQI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. José Antonio Granizo

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



03/Dic/2019

Ing. Sergio Raúl Villacrés Parra

DIRECTOR DEL TRABAJO DE

INTEGRACIÓN CURRICULAR

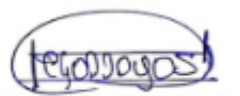


03/DIC/2019

Ing. César Marcelo Gallegos Londoño

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

INTEGRACIÓN CURRICULAR



03/Dic/2019

DEDICATORIA

El presente trabajo de integración curricular lo dedico principalmente a mi Dios, por ser mi guía, apoyo y fortaleza en los momentos de debilidad y dificultad.

A mis padres Víctor y Ana, por su sacrificio y trabajo en todos estos años, por ayudarme a cumplir un sueño más e inculcar en mí el ejemplo de perseverancia, valentía y esfuerzo. Los quiero mucho.

A mis tíos Gerardo y Victoria, por extenderme su mano en momentos difíciles, por ser un apoyo incondicional en mi vida, por confiar y creer en mis expectativas, por todos sus consejos, principios y valores que hicieron de mí una gran persona. A mis hermanos Iván y Sandra, por su apoyo incondicional.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mis abuelitos Tomas y Manuela, por apoyarme cuando más lo necesito, por el amor que me brindan cada día, siempre les llevo en mi corazón.

Ana Sofía Yerbabuena Huebla

El presente trabajo lo dedico a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza, para continuar en este proceso de obtener una de mis metas más deseadas.

A mi difunto padre Gonzalo Ashqui que desde el cielo me brinda luz y fuerzas para seguir adelante, su mayor deseo era tener un hijo profesional.

A mi madre Romelia, mi hermana Carmen, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar y convertirme en lo que soy. a mis hermanos/as por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

Finalmente quiero dedicar a una amiga por apoyarme cuando más las necesité, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

David Geovanny Ashqui Ashqui

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a mi Dios, brindándome sabiduría para culminar con éxito todas mis metas propuestas y a toda mi familia por ser un apoyo incondicional.

Mi profundo agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a toda la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, a todos mis docentes quienes con sus enseñanzas impartieron sus conocimientos. Especialmente a los ingenieros Sergio Villacrés y César Gallegos quienes fueron una guía para culminar mi trabajo de integración curricular, gracias a cada uno de ustedes por la dedicación, paciencia, apoyo incondicional y amistad.

Y por último, a cada uno de mis amigos que siempre estuvieron a mi lado en las buenas y en las malas, siempre brindándome su apoyo durante esta etapa de mi vida.

Ana Sofía Yerbabuena Huebla

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo. Asimismo, mi Madre, mi hermana, que con su esfuerzo y sacrificio me ayudaron a culminar mi carrera universitaria, agradezco infinitamente a mis Hermanos/as por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento. A toda mi familia con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, De igual forma agradezco a mi director, miembro de mi trabajo que gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo. A los Profesores que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichoso y contento.

A mis amigos. Con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas, que se convierten en amigos de vida y aquellos que serán mis colegas, gracias por todo su apoyo.

David Geovanny Ashqui Ashqui

TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1	Antecedentes	2
1.2	Justificación.....	3
1.3	Objetivos.....	4
1.3.1	<i>Objetivo General</i>	4
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
2.1	Generalidades del mantenimiento.....	5
2.2	Introducción al Mantenimiento Hospitalario según la (OMS).....	5
2.3	Importancia de mantenimiento de equipos médicos	6

2.4	Tipos de mantenimiento	6
2.5	Evaluación de la Gestión del Mantenimiento	7
2.5.1	<i>Criterios y subcriterios de la herramienta de evaluación</i>	7
2.5.2	<i>Priorización de los criterios y subcriterios</i>	8
2.5.3	<i>Descripción del instrumento de evaluación</i>	9
2.6	Inventario y niveles jerárquicos	10
2.6.1	<i>Codificación de equipos</i>	11
2.6.3	<i>Ficha técnica</i>	14
2.7	Determinación de la criticidad de los equipos	15
2.7.1	<i>Análisis de criticidad para equipos médicos según la OMS</i>	15
2.7.1.1	<i>Función del equipo</i>	15
2.7.1.2	<i>Riesgo físico relacionado con la aplicación clínica</i>	16
2.7.1.3	<i>Requisitos de mantenimiento</i>	16
2.7.1.4	<i>Antecedentes del problema del equipo</i>	16
2.7.1.5	<i>Cálculo de la criticidad según la OMS</i>	17
2.7.2	<i>Análisis de criticidad para equipos industriales</i>	17
2.7.2.1	<i>Método de análisis de criticidad cualitativo</i>	17
2.7.2.2	<i>Jerarquización de la criticidad</i>	17
2.7.2.3	<i>Criterios a considerar en la evaluación de criticidad</i>	18
2.8	Modelos de mantenimiento	19
2.9	Selección del modelo de mantenimiento	20
2.8	Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	21
2.8.1	<i>RCM Abreviado</i>	21
2.8.2	<i>Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos</i>	21
2.8.3	<i>Determinación de modos de fallo</i>	22

2.8.4	<i>Clasificación de fallos</i>	22
2.8.5	<i>Selección de tareas de mantenimiento</i>	23
2.8.6	<i>Determinación de las frecuencias de mantenimiento</i>	24
2.8.7	<i>Rutinas de mantenimiento</i>	25
2.8.8	<i>Rutas de mantenimiento</i>	25
2.9	Logística de mantenimiento	25
2.9.1	<i>Mano de obra</i>	26
2.9.2	<i>Repuestos y materiales</i>	26
2.9.3	<i>Herramientas y equipos</i>	27
2.9.4	<i>Instrucciones o procedimientos</i>	27
2.9.5	<i>Manuales técnicos</i>	28
2.9.6	<i>Planos</i>	28
2.10	Plan de mantenimiento	28
2.11	Documentos de mantenimiento	29
2.11.1	<i>Solicitud de trabajo</i>	29
2.11.2	<i>Orden de trabajo</i>	30
2.11.3	<i>Solicitud de materiales</i>	30
2.11.4	<i>Historial de mantenimiento</i>	31
2.12	Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO)	31
2.13	Capacitación al personal de mantenimiento	32
2.13.1	<i>Tipo de capacitación</i>	32
2.13.1.1	<i>Capacitación para el trabajo</i>	32
2.13.1.2	<i>Capacitación presencial grupal</i>	33

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO.....	34
3.1.	Evaluación de la gestión actual del mantenimiento del Hospital General Riobamba IESS.....	34
3.1.1.	<i>Herramienta de evaluación para la gestión de mantenimiento</i>	34
3.1.2.	<i>Nivel de desempeño del Hospital General Riobamba IESS.....</i>	36
3.1.3.	<i>Evaluación y comparación de la gestión del mantenimiento del año 2018 y 2019 ...</i>	39
3.2.	Diseño del plan de mantenimiento preventivo basado en RCM abreviado.....	42
3.2.1.	Identificación de las áreas.....	42
3.2.1.1.	<i>Pediatría.....</i>	42
3.2.1.2.	<i>Traumatología.....</i>	42
3.2.1.3.	<i>Casa de Máquinas.....</i>	42
3.2.1.4.	<i>Piso Técnico.....</i>	43
3.2.2.	Levantamiento del inventario técnico y niveles jerárquicos de máquinas y equipos.....	43
3.2.3.	<i>Codificación de las máquinas y equipos médicos e industriales.....</i>	44
3.2.4.	<i>Ficha técnica.....</i>	46
3.2.5.	Determinación de la criticidad de las máquinas y equipos médicos e industriales...	48
3.2.5.1.	<i>Análisis de criticidad para equipos médicos.....</i>	48
3.2.5.2.	<i>Análisis de criticidad para máquinas y equipos industriales.....</i>	50
3.2.6.	Selección del modelo de mantenimiento.....	53
3.2.7.	Aplicación de la metodología del RCM Abreviado.....	56
3.2.7.1.	<i>Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos.....</i>	56
3.2.7.2.	<i>Determinación de modos de fallo y análisis de la consecuencia del fallo (Clasificación).....</i>	57
3.2.7.3.	<i>Selección de tareas de mantenimiento.....</i>	58

3.2.7.4.	<i>Determinación de las frecuencias de mantenimiento para equipos médicos e industriales.</i>	60
3.2.7.5.	<i>Determinación de logística de mantenimiento en equipos médicos e industriales.</i>	61
3.2.8.	<i>Agrupación de las tareas en rutinas de mantenimiento</i>	63
3.2.9.	<i>Procedimiento de mantenimiento aplicado a un equipo médico e industrial</i>	64
3.2.10.	<i>Cronograma de mantenimiento</i>	65

CAPÍTULO IV

4.	IMPLEMENTACIÓN DEL GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador)	68
4.1.	Software SisMAC	68
4.1.1.	<i>Ingreso al software</i>	68
4.1.2.	<i>Descripción del software</i>	69
4.1.3.	<i>Ingreso de datos</i>	70
4.1.3.1.	<i>Ingreso del inventario técnico al software</i>	70
4.1.3.2.	<i>Ingreso de documentos técnicos (fichas técnicas)</i>	71
4.1.4.	<i>Asignación de tareas de mantenimiento</i>	72
4.1.4.1.	<i>Asignación de parámetros (Tareas de mantenimiento)</i>	72
4.1.5.	<i>Programación del mantenimiento</i>	73
4.1.5.1.	<i>Agrupación de las tareas en rutinas de mantenimiento</i>	73
4.1.5.2.	<i>Rutas y sub rutas de mantenimiento</i>	73
4.1.5.3.	<i>Cronograma de mantenimiento</i>	73
4.1.6.	<i>Documentos de mantenimiento</i>	74
4.1.6.1.	<i>Generación de solicitudes de trabajo</i>	74
4.1.6.2.	<i>Orden de trabajo</i>	74
4.2.	Capacitación al personal médico y mantenimiento	75
4.2.1.	<i>Objetivo de la capacitación</i>	76

4.2.2.	<i>Modalidad de la capacitación</i>	76
4.2.3.	<i>Cronograma de capacitación</i>	76
4.2.4.	Personal capacitado	76
	CONCLUSIONES	78
	RECOMENDACIONES	79

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Definiciones de Mantenimiento	7
Tabla 2-2: Criterios y subcriterios	8
Tabla 3-2: Peso de los criterios y subcriterios	8
Tabla 4-2: Instrumento de evaluación.....	9
Tabla 5-2: Niveles Jerárquicos.....	10
Tabla 6-2: Explicación del código nivel 1-localización.....	12
Tabla 7-2: Explicación del código del nivel 3- sistemas/máquinas	12
Tabla 8-2: Familia y tipo de equipo médicos.....	13
Tabla 9-2: Familia y tipos de equipos industriales.....	13
Tabla 10-2: Explicación del código del nivel 4 - equipos.....	14
Tabla 11-2: Ficha Técnica.....	14
Tabla 12-2: Función del equipo	15
Tabla 13-2: Riesgo físico relacionado con la aplicación clínica.....	16
Tabla 14-2: Requisitos de mantenimiento.	16
Tabla 15-2: Antecedentes del problema del equipo	16
Tabla 16-2: Criticidad de equipos médicos.....	17
Tabla 17-2: Matriz de Criticidad.....	19
Tabla 18-2: Modelos de mantenimiento	19

Tabla 19-2: Porcentaje de uso del equipo	20
Tabla 20-2: Actuación sobre el fallo.....	23
Tabla 21-2: Tipo de tareas de mantenimiento preventivo.....	23
Tabla 22-2: Tareas de mantenimiento.....	24
Tabla 23-2: Criterios de frecuencia de mantenimiento.....	25
Tabla 24-2: Mano de obra.....	26
Tabla 25-2: Repuestos y materiales	26
Tabla 26-2: Herramientas y equipos	27
Tabla 27-2: Instrucciones o procedimientos	27
Tabla 28-2: Formato del plan de mantenimiento	28
Tabla 29-2: Cronograma de mantenimiento	29
Tabla 30-2: Solicitud de trabajo de Mantenimiento.....	29
Tabla 31-2: Orden de trabajo	30
Tabla 32-2: Solicitud de materiales	31
Tabla 33-2: Historial de mantenimiento	31
Tabla 1-3: Criterios y subcriterios a ser evaluados.....	34
Tabla 2-3: Preguntas de la ficha: Herramienta informática (software) para la gestión de mantenimiento.....	35
Tabla 3-3: Herramienta informática (software) para la gestión de mantenimiento.....	36
Tabla 4-3: Registro de la valoración obtenida de la ficha de evaluación.....	36
Tabla 5-3: Multiplicación entre valores registrados y pesos subcriterios	37

Tabla 6-3: Suma de subcriterios.....	37
Tabla 7-3: Multiplicación entre el resultado de la suma y pesos criterios	37
Tabla 8-3: Cálculo valores de desempeño	38
Tabla 9-3: Valores obtenidos del nivel de desempeño del Hospital General Riobamba IESS año 2019.....	38
Tabla 10-3: Valores obtenidos del nivel de desempeño del Hospital General Riobamba IESS año 2018.....	39
Tabla 11-3: Valores obtenidos por criterio	40
Tabla 12-3: Rango para determinar el nivel de desempeño.....	40
Tabla 13-3: Acciones de mejora para el Hospital General Riobamba IESS.....	41
Tabla 14-3: Sistemas médicos (Pediatría) y sistemas industriales (Casa de Máquinas).....	44
Tabla 15-3: Equipos médicos (Bomba de infusión) y equipos industriales (Caldera piro-tubular) ..	44
Tabla 16-3: Codificación nivel 1-localización.....	45
Tabla 17-3: Codificación nivel 2- área	45
Tabla 18-3: Codificación nivel 3- sistemas/máquinas	46
Tabla 19-3: Codificación del nivel 4- equipos médicos e industriales	46
Tabla 20-3: Ficha Técnica equipo médico- Bomba de infusión	47
Tabla 21-3: Ficha Técnica equipo industrial-Quemador	47
Tabla 22-3: Ficha técnica de migración.....	48
Tabla 23-3: Ejemplo de análisis de criticidad equipo médico-Bomba de infusión.....	48
Tabla 24-3: Análisis de criticidad de equipos médicos.....	49
Tabla 25-3: Ejemplo de análisis de criticidad máquina industrial- Quemador	50

Tabla 26-3: Análisis de criticidad sistemas/máquinas industriales	51
Tabla 27-3: Ejemplo de selección del modelo de mantenimiento de equipo médico- Bomba de Infusión.....	54
Tabla 28-3: Selección del modelo de mantenimiento equipos médicos	54
Tabla 29-3: Ejemplo de selección del modelo de mantenimiento de un equipo industrial- Quemador	55
Tabla 30-3: Selección del modelo de mantenimiento de máquinas industriales.....	56
Tabla 31-3: Lista de fallos en equipos médicos e industriales.....	57
Tabla 32-3: Pasos para determinar los modos de fallo y su clasificación.....	57
Tabla 33-3: Modos de fallos y clasificación de equipo médico e industrial.....	58
Tabla 34-3: Pasos para la selección de tareas de mantenimiento.....	58
Tabla 35-3: Tipo de tareas de mantenimiento.....	59
Tabla 36-3: Selección de tareas de mantenimiento de equipo médico e industrial.....	59
Tabla 37-3: Frecuencia de mantenimiento de equipo médico e industrial.....	60
Tabla 38-3: Especialidades técnicos.....	61
Tabla 39-3: Logística de mantenimiento de equipo médico e industrial.....	62
Tabla 40-3: Rutina de mantenimiento de equipo médico e industrial.....	64
Tabla 1-4: Cronograma de capacitación impartido al personal de mantenimiento.....	76
Tabla 2-4: Cronograma de capacitación impartido a los responsables de las áreas.....	76
Tabla 3-4: Personal capacitado del Hospital General Riobamba IESS.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Tipos de Mantenimiento	6
Figura 2-2: Niveles Jerárquicos	10
Figura 3-2: Niveles jerárquicos.....	11
Figura 4-2: Codificación de equipos.....	11
Figura 5-2: Jerarquización de la criticidad	18
Figura 6-2: Modelos de Mantenimiento	21
Figura 1-3: Modelo de mantenimiento de una bomba de infusión	54
Figura 2-3: Modelo de mantenimiento de un quemador.....	55
Figura 3-3: Pasos para la aplicación del RCM Abreviado.....	56
Figura 4-3: Cronograma de mantenimiento.....	67
Figura 1-4: Ingreso al software SisMAC	69
Figura 2-4: Ingreso al usuario personal del IEES	69
Figura 3-4: Vista global del SisMAC	70
Figura 4-4: Inventario Ingresado	71
Figura 5-4: Ficha Técnica.....	71
Figura 6-4: Tareas asignadas (Bomba de infusión)	72
Figura 7-4: Configuración de tareas de mantenimiento.....	72
Figura 8-4: Rutinas de mantenimiento.....	73

Figura 9-4: Cronograma de mantenimiento.....	73
Figura 10-4: Datos a llenar de la solicitud de trabajo	74
Figura 11-4: Orden de trabajo preventiva.....	75
Figura 12-4: Orden de trabajo correctiva.....	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Gráfico de comparación del nivel de cumplimiento del Hospital General.....	41
Gráfico 2-3: Criticidad de los equipos médicos del área de pediatría.....	49
Gráfico 3-3: Criticidad de los equipos médicos del área de traumatología	50
Gráfico 4-3: Criticidad de los sistemas / máquinas del área de casa de máquinas.....	52
Gráfico 5-3: Criticidad de los sistemas / máquinas del área de piso técnico	52
Gráfico 6-3: Criticidad de los equipos del área de casa de máquinas	53
Gráfico 7-3: Criticidad de los equipos del área de piso técnico.....	53

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Herramienta para la evaluación

ANEXO B: Inventario y codificación

ANEXO C: Fichas Técnicas

ANEXO D: Análisis de criticidad y selección del modelo de mantenimiento

ANEXO E: Análisis de criticidad y selección del modelo de mantenimiento para equipos industriales

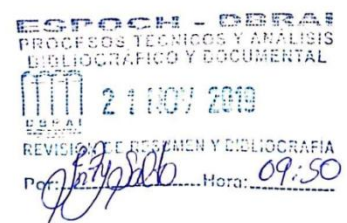
ANEXO F: Fallos, modos de fallos y tareas de mantenimiento

ANEXO G: Planes de mantenimiento

RESUMEN

En el presente trabajo de integración curricular se realizó el plan de mantenimiento preventivo para máquinas, equipos médicos e industriales de las áreas: Pediatría, Traumatología, Casa de Máquinas y Piso Técnico del Hospital General Riobamba IESS, empleando los estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Para cumplir con la primera etapa del proyecto técnico, se efectuó la evaluación de la gestión existente del mantenimiento, mediante la herramienta desarrollada por el grupo de investigación “Organización de Mantenimiento ESPOCH”, la cual se utilizó para comparar la gestión del año 2018 y 2019 dentro del hospital, encontrándose puntos de mejora en el criterio “Planificación, programación y control” demostrando la necesidad de seguir desarrollado el plan de mantenimiento preventivo de las máquinas y equipos de las áreas restantes. Como segunda etapa se desarrolló el plan de mantenimiento que inició con la actualización del inventario y la codificación de: 58 equipos médicos y 42 máquinas industriales. Luego se realizó el análisis de criticidad; para los equipos médicos se utilizó los estándares de la OMS y para las máquinas / equipos industriales el método cualitativo, éstos análisis se utilizaron para seleccionar los modelos de mantenimiento. Posteriormente se aplicó la metodología del RCM abreviado que se basa en los análisis de los fallos y modos de fallos, obteniéndose 156 tareas de mantenimiento para equipos médicos y 562 tareas para equipos industriales con sus respectivas frecuencias. Para cada tarea de mantenimiento se identificaron recursos necesarios como: materiales, repuestos, herramientas, mano de obra y equipos de protección personal. Toda la información obtenida fue ingresada al software SisMAC, finalmente se capacitó a siete líderes de área en la “generación de solicitudes de trabajo” y ocho técnicos del personal de mantenimiento en la “generación de órdenes de trabajo” ayudando así a mejorar la gestión del mantenimiento dentro del hospital.

PALABRAS CLAVE: < TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO>, <GESTIÓN DE MANTENIMIENTO>, <RCM ABREVIADO>, <MODO DE FALLA >, <SisMAC (SOFTWARE)>.



ABSTRACT

The paper explores the curricular integration of a preventive maintenance plan for machines, medical and industrial equipment in the areas of: Pediatrics, Traumatology, House of Machines and Technical Floor of the General Hospital Riobamba IESS, using the standards of the World Health Organization (WHO). In order to comply with the first stage of the technical project, the evaluation of the existing maintenance management was carried out, using the tool developed by the research group “ESPOCH Maintenance Organization”, which was used to compare the management of the year 2018 and 2019 inside of the hospital, finding improvement points in the “Planning, programming and control” criteria, demonstrating the need to continue developing the preventive maintenance plan for the machines and equipment in the remaining areas. As a second stage, the maintenance plan was developed, which began with the updating of the inventory and the coding of 58 medical equipment and 42 industrial machines. Then the criticality analysis was performed; for the medical equipment the WHO standards were used and for the industrial machines/equipment the qualitative method, these analyses were used to select the maintenance models. Subsequently, the abbreviated RCM methodology was applied based on the analysis of faults and failure modes, obtaining 156 maintenance tasks for medical equipment and 562 tasks for industrial equipment with their respective frequencies. For each maintenance task, necessary resources were identified such as materials, spare parts, tools, labor, and personal protective equipment. All the information obtained was entered into the SisMAC software, finally, seven area leaders were trained in the “generation of work requests” and eight maintenance staff technicians in the “generation of work orders” thus helping to improve maintenance inside the hospital.

KEY WORDS: <ENGINEERING TECHNOLOGIES AND SCIENCES>, <PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN>, <MAINTENANCE MANAGEMENT>, <BRIEF RCM>, <FAILURE MODE>, <SisMAC (SOFTWARE)>.



INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mantenimiento dentro de los hospitales tiene gran relevancia, debido que su objetivo principal es contar con máquinas y equipos de alta disponibilidad sea éste médico o industrial, que garantice la atención adecuada de los pacientes durante las consultas médicas o tratamientos. Para que las máquinas y equipos se encuentren funcionando en su capacidad óptima es necesario que se hallen en condiciones normales de operación, logrando cumplir con la función requerida bajo los estándares establecidos en la documentación de mantenimiento de la Organización Mundial de Salud (OMS).

El Hospital General Riobamba IESS es una de las unidades que brindan atención médica a más de 41.215 afiliados en distintas áreas médicas, se hace una evaluación de la gestión de mantenimiento dentro de la institución, con la finalidad de identificar puntos deficientes para posteriormente tomar medidas mejorativas en la gestión del mantenimiento.

Según la OMS; los equipos médicos e industriales son bienes que tiene un efecto directo sobre la vida humana. Estos equipos requieren de una inversión considerable de mantenimiento por su alto valor de adquisición, por tal razón es importante contar con un plan de mantenimiento que sea adecuadamente gestionado y planificado.

El desarrollo del plan de mantenimiento preventivo en las áreas de Pediatría, Traumatología, Casa de Máquinas y Piso Técnico basado en la Organización Mundial de la Salud (OMS) tiene como objetivo disminuir los índices de mantenimiento correctivo logrando así reducir los costos de mantenimiento, asegurando la función de las máquinas y equipos durante la vida útil.

Para mejorar la gestión de mantenimiento en el hospital es necesario la implementación de una herramienta informática SisMAC, de manera que permita ingresar la información ordenada del plan de mantenimiento para su adecuada planificación y programación.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

El IESS en nuestro país al ser un organismo gestor de la Seguridad Social, es una institución de gran importancia, presentando las funciones de administrar los fondos de pensiones de sus afiliados, brindar atención de salud a los beneficiarios y afiliados, también conceder las pensiones proporcionadas por invalidez, vejez y montepío; ayudando así a satisfacer las necesidades de la población. (Institución - IESS, 2018)

El hospital del IESS Riobamba nace después de la creación de la Caja de Pensiones en el año de 1928 para ofrecer atención únicamente a trabajadores públicos. Con la Ley del Seguro Social Obligatorio en el año de 1942 se crea el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, dando cobertura a los trabajadores tanto del sector privado como a los trabajadores del sector público con prestaciones de accidentes de trabajo, maternidad, enfermedad, jubilación, accidentes de trabajo, atención farmacológica, montepío, mortuoria y tiempo después también otorgaba préstamos hipotecarios a los afiliados para poder construir viviendas. (Institución - IESS, 2018)

En la actualidad el Hospital General IESS es la Unidad Médica de subregional o provincial que se encuentra prestando servicios de atención médica en cirugía, medicina crítica, cuidado materno infantil, clínica y auxiliares de diagnóstico también realizando tratamiento a los beneficiarios y afiliados del IESS.

El IESS perteneciente a la Zona 3 se encuentra ubicado en la provincia de Chimborazo cantón Riobamba en la parroquia Lizarzaburu en las calles Chile y Unidad Nacional brindando atención médica a cientos de personas. Según la tesis de los Ingenieros de Mantenimiento Toapanta Cajamarca

Edgar Patricio y Pilco Pilco Rolando Javier, el hospital en la actualidad cuenta con un Departamento de Mantenimiento donde se encuentra el Taller Mecánico, el cual está formado por 7 técnicos: 3 técnicos se encargan del correcto funcionamiento de los calderos mediante turnos rotativos mientras que los otros 4 técnicos se encuentran encargadas de la conservación y reparación de los equipos y por último un jefe de mantenimiento quien se encarga de supervisar cada uno de los trabajos y tomar decisiones para el mantenimiento de las máquinas y equipos.

1.2 Justificación

El Hospital General Riobamba IESS brinda atención médica a más de 41.215 afiliados, en donde los equipos, máquinas, e infraestructura deben tener una alta disponibilidad y confiabilidad para brindar un servicio óptimo y de calidad a todos los pacientes.

Al existir equipos con indisponibilidad dificulta su atención inmediata debido a ello se propone la elaboración e implementación de un plan de mantenimiento asistido por un ordenador para así lograr incrementar la disponibilidad de las máquinas y equipos, y una atención adecuada y de calidad hacia sus pacientes.

Para tener máquinas y equipos médicos con una mayor disponibilidad, éstos se deben encontrar en condiciones normales de operación para lograr así cumplir su función requerida bajos los estándares establecidos por varias normas de la Organización Mundial de Salud (OMS). Según el reglamento de la Contraloría General de Estado sobre el manejo de bienes y los capítulos referente al mantenimiento emitido el 15 de abril de 2016 que estipula; en el capítulo VIII artículo 105; que todas las entidades u organismos, contarán con un plan anual de mantenimiento de los bienes, el mismo que debe contar con cronogramas, financiamiento y estar aprobados por la máxima autoridad o su delegado. (REGLAMENTO DE LA CONTRALORÍA GENERAL DE ESTADO SOBRE EL MANEJO DE BIENES Y LOS CAPÍTULOS REFERENTES AL MANTENIMIENTO, 2016)

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Elaborar el Plan de mantenimiento preventivo para las áreas: Pediatría, Traumatología, Casa de Máquinas y Piso Técnico para el Hospital General Riobamba IESS aplicando estándares de la organización mundial de la salud.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la gestión existente del mantenimiento en las áreas de Pediatría, Traumatología, Casa de Máquinas y Piso Técnico.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo.
- Capacitar al personal de mantenimiento.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Generalidades del mantenimiento

El mantenimiento es una actividad importante en las empresas y compañías, el cual busca que los activos funcionen con eficacia y eficiencia. (García, 2012; pp. 1-5).

En los hospitales; el mantenimiento desempeña un papel importante que involucra una gran responsabilidad, sobre todo en el funcionamiento efectivo y eficiente de cada una de las partes que lo componen, además el resultado que se espera en cada situación está relacionado con una buena gestión del mantenimiento.

Es fundamental, que los establecimientos sanitarios tengan para los equipos médicos un plan de mantenimiento, independientemente de su tamaño. El cual debe poseer una adecuada gestión, programación, planificación y ejecución del mantenimiento. (OMS, 2012c)

2.2 Introducción al Mantenimiento Hospitalario según la (OMS)

El objetivo del mantenimiento dentro de un hospital es velar por el funcionamiento adecuado de las instalaciones, equipos y máquinas necesarias para la atención del usuario. (OPS/OMS, 2014)

Al disponer de equipos médicos que garantizan una atención de calidad a los usuarios de un centro de salud pública o privada de un país, la Organización Mundial de la Salud (OMS) al observar dicha importancia ha establecido como uno de sus objetivos estratégicos “asegurar la mejora del acceso, la calidad y el uso de productos médicos y tecnologías sanitarias” (OMS, 2012).

2.3 Importancia de mantenimiento de equipos médicos

Según la OMS, los equipos médicos son bienes que tiene un efecto directo sobre la vida humana, que requieren una inversión considerable y altos costos de mantenimiento. Por tal razón es importante contar con un plan de mantenimiento en donde sea adecuadamente gestionado y planificado, para que los equipos médicos de los hospitales estén disponibles y fiables cuando lo necesite el paciente. Al disponer de un plan de este tipo minimiza los costos relacionados con su posesión y alarga la vida útil de los equipos. (OMS, 2012)

2.4 Tipos de mantenimiento

Según la norma UNE-EN 13306 (2011), el mantenimiento se divide en: mantenimiento preventivo y correctivo, se muestra en la Figura 1-2.

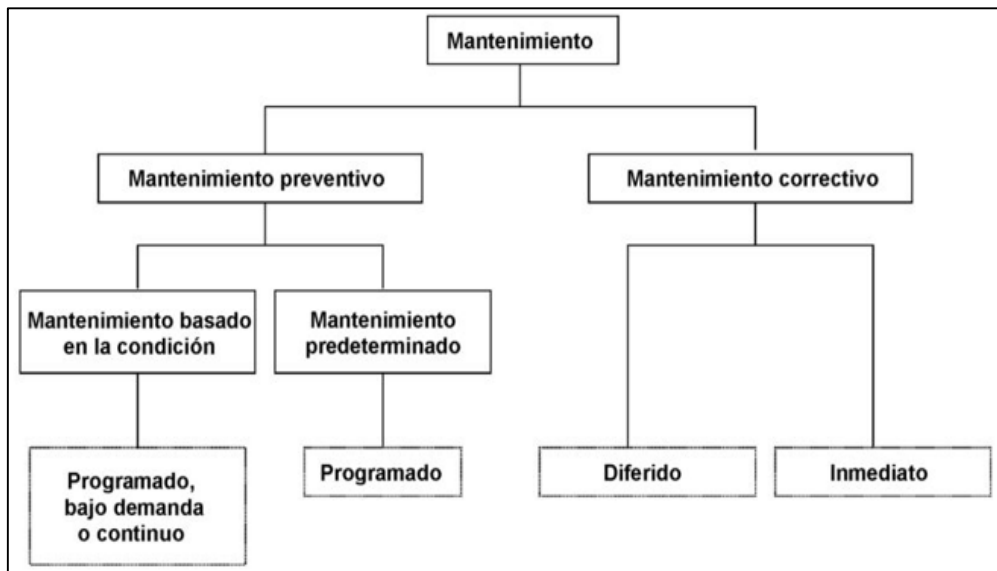


Figura 1-2: Tipos de Mantenimiento

Fuente: UNE-EN, 2011

Realizado por: UNE-EN, 2011

Cada tipo de mantenimiento tiene su respectivo concepto según la norma UNE-EN 13306 (2011), son definidas en la Tabla 1-2:

Tabla 1-2: Definiciones de Mantenimiento

TIPOS DE MANTENIMIENTO	SEGÚN UNE-EN 13306:2011
Mantenimiento preventivo	“Mantenimiento que se realiza a intervalos predeterminados o de acuerdo con criterios establecidos, y que está destinado a reducir la probabilidad de fallo o la degradación del funcionamiento de un elemento.”(UNE-EN:13306, 2011)
Mantenimiento predeterminado	“Mantenimiento preventivo que se realiza de acuerdo con intervalos de tiempo establecidos o con un número definido de unidades de funcionamiento, pero sin investigación previa de la condición.”(UNE-EN:13306, 2011)
Mantenimiento basado en la condición	“Mantenimiento preventivo que incluye una combinación de monitorización de la condición y/o la inspección y/o los ensayos, análisis y las consiguientes acciones de mantenimiento.” (UNE-EN:13306, 2011)
Mantenimiento Correctivo	“Mantenimiento que se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en que pueda realizar una función requerida.”(UNE-EN:13306, 2011)

Fuente: (UNE-EN:13306, 2011)

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.5 Evaluación de la Gestión del Mantenimiento

La evaluación de la gestión del mantenimiento es importante realizarla de forma periódica, para observar y analizar las metas alcanzadas, lo cual es importante para la toma de acciones.

La herramienta que se utiliza para realizar la evaluación fue desarrollada por el grupo de investigación “Organización de Mantenimiento ESPOCH”, la cual se obtuvo mediante la aplicación de las metodologías AHP (Analytic Hierarchy Process) y Delphi.

Dicha herramienta de evaluación fue utilizada en el proyecto de vinculación de la ESPOCH y el Hospital General IESS Riobamba, con el tema “Planificación y programación del mantenimiento de los equipos del hospital IESS Riobamba”.

Para elaborar esta herramienta de evaluación fue necesario realizar consultas a tres grupos de profesionales como: los jefes de mantenimiento hospitalario, docentes de mantenimiento y profesionales de cuarto nivel de gestión de mantenimiento, esta herramienta fue aplicada en varios establecimientos de salud para conseguir una evaluación comparativa. Para obtener la herramienta de evaluación de la gestión del mantenimiento se realiza las siguientes etapas:

2.5.1 Criterios y subcriterios de la herramienta de evaluación

La herramienta de evaluación a utilizar en el presente trabajo, está constituida por criterios y subcriterios a ser evaluados, cada uno de ellos cuenta con un código, como se indica en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Criterios y subcriterios

CRITERIO	Código	SUB – CRITERIO	Código
Organización general	OM	Políticas de mantenimiento	OM1
		Herramienta informática para la gestión de mantenimiento	OM2
Recursos humanos	RM	Formación profesional	RM1
		Capacitación y entrenamiento	RM2
		Cantidad de personal de mantenimiento	RM3
Control económico del mantenimiento	CE	Presupuesto de mantenimiento	CE1
		Porcentaje de cumplimiento de presupuesto ejecutado	CE2
Planificación, programación y control	PP	Inventario de bienes a mantener	PP1
		Plan implementado de mantenimiento preventivo para todos los dispositivos médicos, equipos médicos y tecnología médica.	PP2
		Programación de actividades de mantenimiento	PP3
		Documentos de mantenimiento	PP4
		Análisis de criticidad basado en riesgo	PP5
		Indicadores de mantenimiento	PP6
Mantenimiento correctivo	MC	Documentación y análisis de fallos consecuencias y efectos	MC1
Tercerización del mantenimiento	TC	Política de contratación	TC1
		Especificaciones técnicas	TC2
		Supervisión de los trabajos ejecutados	TC3
Manejo de inventario de bodega para mantenimiento	MI	Maestro de ítem	MI1
		Control de existencias	MI2
		Inventario valorado de ítems	MI3

Fuente: Proyecto de vinculación “Planificación y programación del mantenimiento de los equipos del Hospital General IESS Riobamba”

Realizado por: Proyecto de vinculación “Planificación y programación del mantenimiento de los equipos del Hospital General IESS Riobamba”

2.5.2 Priorización de los criterios y subcriterios

Después de haber realizado el análisis con los profesionales de mantenimiento; se procede a determinar los pesos cuantitativos de los criterios y subcriterios que integran la herramienta de evaluación, como se indica en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Peso de los criterios y subcriterios

Criterios	Pesos	Subcriterios	Pesos
OM	0,114	OM1	0,78
		OM2	0,22
RM	0,178	RM1	0,42
		RM2	0,43
		RM3	0,15
CE	0,104	CE1	0,77
		CE2	0,23
PP	0,126	PP1	0,10
		PP2	0,18
		PP3	0,14
		PP4	0,08
		PP5	0,12
		PP6	0,38
MC	0,057	MC1	1
TC	0,251	TC1	0,48
		TC2	0,23
		TC3	0,29
MI	0,169	MI1	0,46
		MI2	0,26
		MI3	0,28

Fuente: Proyecto de vinculación “Planificación y programación del mantenimiento de los equipos del Hospital General IESS Riobamba”

Realizado por: Proyecto de vinculación “Planificación y programación del mantenimiento de los equipos del Hospital General IESS Riobamba”

2.5.3 Descripción del instrumento de evaluación

La herramienta de evaluación que ayudará a medir la gestión del mantenimiento en varios hospitales, contiene para cada criterio y subcriterio una ficha de evaluación, en donde consta de: criterio a ser evaluado, objetivo, método de evaluación, tipo de evaluación y cuatro niveles de referencia (deficiente, poco satisfactorio, cuasi satisfactorio y satisfactorio); en lo cual cada nivel dispone de una exigencia del criterio con su correspondiente puntuación cuantitativa y valoración.

En la Tabla 4-2, se indica como ejemplo la ficha de evaluación del criterio PP3 (Programación de actividades de mantenimiento).

CRITERIO PP: Planificación, programación y control del mantenimiento

PP3: Programación de actividades de mantenimiento

Tabla 4-2: Instrumento de evaluación

Criterio de evaluación:	PP3: Programación de actividades de mantenimiento		
Objetivo:	Coordinar oportunamente la ejecución de las actividades de mantenimiento del hospital previendo todos los recursos necesarios para la ejecución.		
Método de evaluación:	Se evalúan las evidencias físicas a través de documentos impresos o digitales de programaciones semanales.	Tipo de evaluación:	Características
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se programan las actividades de mantenimiento con mínimo una semana de anticipación.	0	0
Poco satisfactorio	Se programan las actividades de mantenimiento sin la asignación de recursos.	0,35	0
Cuasi satisfactorio	Se programan las actividades de mantenimiento asignándoles los materiales, repuestos, herramientas y equipos que cada actividad lo requiere.	0,7	0
Satisfactorio	Se programan las actividades de mantenimiento asignándoles las horas hombre, los tiempos de parada y procedimientos de ejecución de las tareas.	1	0
Comentarios: Se asignará la puntuación respectiva de cada nivel, al cumplimiento de todas las exigencias.			
Autores: Ing. Sergio Villacrés e Ing. Mavra Viscaino			

Fuente: Proyecto de vinculación “Planificación y programación del mantenimiento de los equipos del Hospital General IESS Riobamba”
Realizado por: Proyecto de vinculación “Planificación y programación del mantenimiento de los equipos del Hospital General IESS Riobamba”

En el anexo A se observa todas las fichas que incluye la herramienta.

Terminada el proceso de evaluación con la herramienta; se procede a tabular los resultados para la obtención de las gráficas, donde se analiza el nivel alcanzado y los puntos de mejora de la institución evaluada.

2.6 Inventario y niveles jerárquicos

Según la OMS, el inventario es una relación detallada de los activos que tiene una institución u organización. El objetivo principal es disponer de un registro actualizado y exacto de todos los activos que se encuentran en el hospital. Es decir, un inventario detallado servirá para una gestión eficaz de los equipos, logrando el seguimiento de las tareas y la facilidad de programación del mantenimiento preventivo, alertas, reparaciones y órdenes de baja de equipos. (OMS, 2012a)

Para disponer de un inventario de fácil entendimiento y de una estructura adecuada, se lo realiza en base a la norma ISO 14224. En dicho documento los niveles jerárquicos se encuentran representados como se indica en la Figura 2-2.

En el presente trabajo de integración curricular; se toma como referencia los 6 niveles jerárquicos que indica la norma ISO 14224; los cuales adaptados a una unidad médica parte como primer nivel el Hospital, segundo nivel las áreas donde indica el departamento del hospital o especialidad médica, el tercer nivel considera las máquinas o sistemas, el cuarto nivel muestra los equipos, quinto nivel los componentes y sexto nivel denominado para los elementos, como se observa en la Tabla 5-2.

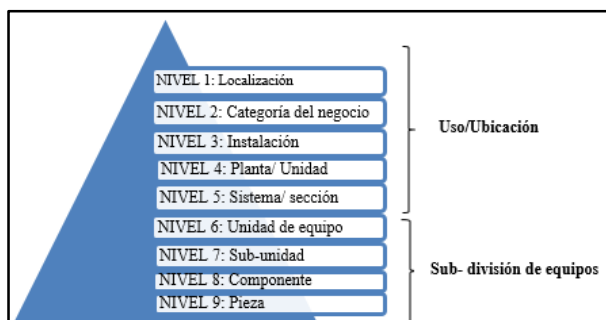


Figura 2-2: Niveles Jerárquicos

Fuente: ISO 14224

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Tabla 5-2: Niveles Jerárquicos

NIVEL	NORMA ISO 14224	ADAPTACIÓN A UNIDAD MÉDICA	
Nivel 1	Industria	Nivel 1	Hospital
Nivel 2	Categoría de negocio		
Nivel 3	Instalación		
Nivel 4	Planta/ Unidad		
Nivel 5	Sistema/ Sección	Nivel 2	Área
Nivel 6	Unidad de equipo	Nivel 3	Sistema/ Máquina
Nivel 7	Sub-unidad	Nivel 4	Equipo
Nivel 8	Componente/ Ítem mantenible	Nivel 5	Componentes
Nivel 9	Pieza	Nivel 6	Elementos

Fuente: (ISO:14224, 2016)

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

En la Figura 3-2 se indican los niveles jerárquicos aplicados dentro de la unidad médica:

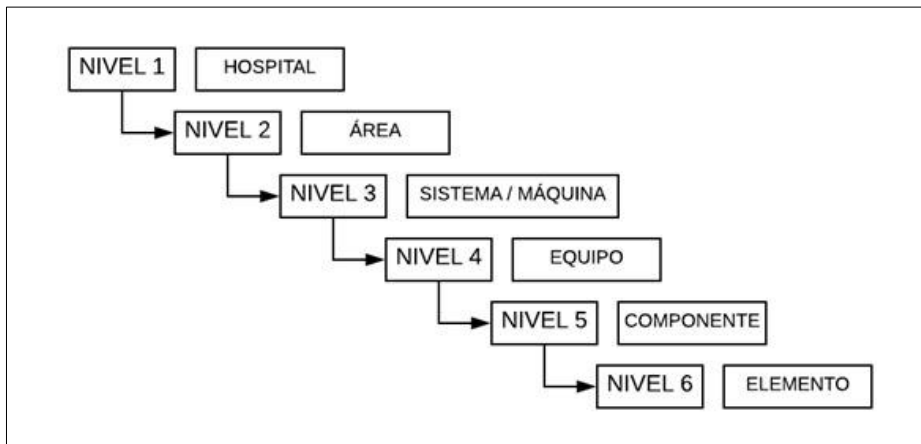


Figura 3-2: Niveles jerárquicos aplicados

Fuente: Varios

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.6.1 Codificación de equipos

Después de elaborar el inventario de los activos físicos a mantener, es importante realizar la codificación de cada uno de las máquinas, equipos, componentes y elementos; que integran el hospital mediante un código único. Esto ayuda a facilitar su localización, referencia a las órdenes de trabajo y permite la facilidad de elaborar registros históricos de intervenciones y fallos. (García, 2003)

En el hospital, para la codificación de los activos a mantener se asignan combinaciones alfanuméricas para cada nivel jerárquico, como se visualiza en la Figura 4-2.

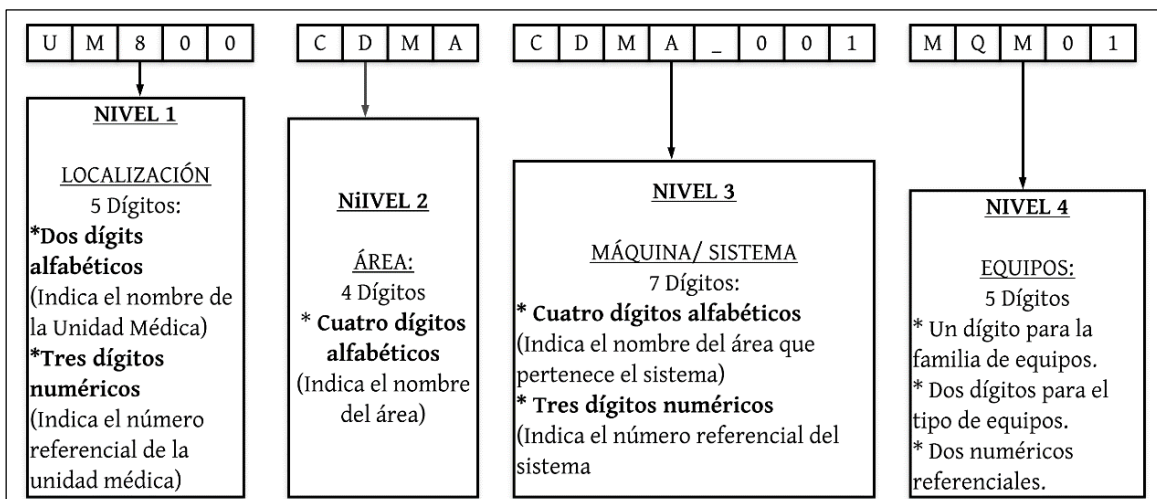


Figura 4-2: Codificación de equipos

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

A continuación, se explica la codificación tomando en cuenta los niveles jerárquicos:

Nivel 1- Localización:

Representado por un código alfanumérico; que se encuentra formado por dos dígitos alfabéticos indicando las iniciales del tipo de unidad médica y, los tres dígitos numéricos que indica el número de referencia a nivel nacional de la unidad médica. (Ver Tabla 6-2)

Tabla 6-2: Explicación del código nivel 1-localización

Código	Descripción
UM800	UM: Indica la Unidad Médica 800: Número de referencia a nivel nacional (Hospital General Riobamba IESS)
UM704	UM: Indica la Unidad Médica 704: Número de referencia a nivel nacional (Hospital General Ambato IESS)

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Nivel 2- Áreas:

Representado por un código alfabético de cuatro dígitos, las cuales son las iniciales del nombre del área a analizar. (Ver Figura 4-2)

Nivel 3- Sistemas/ Máquinas:

Representado por un código alfanumérico de siete dígitos; que se encuentra formado por cuatro dígitos alfabéticos que son las iniciales del nombre del área, seguido por un guion y tres dígitos numéricos que indican el número de referencia del sistema. (Ver Tabla 7-2)

Tabla 7-2: Explicación del código del nivel 3- sistemas/máquinas

Código			Descripción
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
UM800	TRAU	TRAU-001	TRAU: Área a la que pertenece el sistema/ máquina (Traumatología) 001: Número de referencia del sistema (Electrocardiógrafo)
UM800	CDMA	CDMA-001	CDMA: Área a la que pertenece el sistema/ máquina (Casa de máquinas) 001: Número de referencia del sistema (Caldera pirotubular)

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Nivel 4 - Equipos:

Todos los equipos que son parte del inventario son codificados de acuerdo a la lista de equipos médicos (ver Tabla 8-2) e industriales (ver Tabla 9-2). Es necesario, que los equipos se codifiquen de acuerdo a la familia y tipo al que pertenece el equipo. Se considera H: para familia de equipos hospitalarios, E: para familia de equipos eléctricos, I: para familia de equipos de instrumentación y M: para familia de equipos mecánicos.

Tabla 8-2: Familia y tipo de equipo médicos

Familia y tipos de equipos		
Familia	Tipo de equipo	
Código	Código	Descripción
H	BA	Balanza eléctrica
H	LE	Lámpara de examen
H	EL	Electrocardiografo
H	SD	Set de Diagnóstico
H	LR	Laringoscopio
H	DS	Desfibrilador
H	CC	Coche de Paro
H	BA	Balanza Mécanica
H	OX	Oxímetro de Pulso
H	BI	Bomba de infusión
H	MO	Monitor Multiparámetro
H	CA	Cama eléctrica
H	NG	Negatoscopio

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Tabla 9-2: Familia y tipos de equipos industriales

Familia y tipos de equipos		
Familia	Tipo de equipo	
Código	Código	Descripción
M	BB	Bomba
E	ME	Motor eléctrico
M	ST	Acople, Sistema de transmisión
M	EQ	Válvulas, accesorios y tuberías
E	TC	Tablero de control
M	ES	Estructura metálica
M	CH	Caldera
M	QM	Quemador
M	AD	Accesorios de seguridad
I	AC	Accesorios de control
M	IC	Intercambiador de calor
M	EQ	Válvulas, accesorios y tuberías
M	DP	Tanque, Ablandador de agua (arena), Depósito
E	CZ	Válvula automática del ablandador de agua (arena)
M	DP	Tubería de distribución de vapor
M	AB	Ablandador de agua (arena)
M	RD	Reductor
E	GE	Generador
E	TF	Tablero de transferencia
M	VV	Ventilador
M	CU	Cabina metálica
M	DT	Ductos de ingreso, ductos de salida
I	SF	Sensor de flujo
M	FI	Filtro de ingreso
M	CT	Calentador
E	PE	Placa electrónica del chispero
E	VS	Válvula solenoide para control de paso de GLP
M	DM	Damper
M	DT	Ductos de ingreso, ductos de salida
I	SC	Sensor de CO2
E	CL	Calentador
M	CP	Compresor

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Para la codificación de los equipos médicos e industriales; se encuentran representados por un código alfanumérico de cinco dígitos, donde la primera letra indica la familia al que pertenece el equipo, las dos letras siguientes indican el tipo de equipo y los dos números que se ubican al final del código son referenciales. (Ver Tabla 10-2)

Tabla 10-2: Explicación del código del nivel 4 - equipos

Código			Descripción
H	EL	01	H: Familia al que pertenece el equipo (Equipo Hospitalario) BA: Tipo de equipo (Electrocardiógrafo) 01: Número referenciales
M	BB	01	M: Familia al que pertenece el equipo (Equipo Mecánico) BB: Tipo de equipo (Bomba centrífuga) 01: Número referenciales

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.6.3 Ficha técnica

Es un documento donde se registran las características técnicas de los sistemas, equipos, componentes o elementos. Según la norma NTE INEN-EN 13460 (2010) se registran datos técnicos como: fabricante, fecha de elaboración, modelo/N° de serie/ tipo, peso, dimensiones, otros (relacionados al montaje, mantenimiento, operación y su naturaleza física).

En la Tabla 11-2, se observa un ejemplo de ficha técnica utilizada para máquinas y equipos médicos e industriales.

Tabla 11-2: Ficha Técnica

Ficha Técnica para equipos					
Equipo:		Código:			
Ubicación:		Año de fabricación:			
Proveedor:		Fotografía:			
<u>Datos Técnicos</u>					
Marca:					
Modelo:					
Número de serie:					
<u>Especificaciones del equipo</u>		<u>Dimensiones:</u>			
Principales componentes:		Peso	Alto	Ancho	Largo
Año de fabricación:					
<u>Condiciones Generales:</u>					
Años de servicio:					
Actividad:					
Situación actual:					
Criticidad:					
Observaciones:					

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.7 Determinación de la criticidad de los equipos

Para la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de equipos médicos e industriales, es necesario realizar el análisis de criticidad de los activos, lo cual es una herramienta metodológica que permite la identificación y jerarquización de los sistemas y equipos en función de criterios. En donde, se determina la relevancia de las consecuencias de los fallos potenciales dentro del actual contexto operacional. (Parra & Crespo, 2012)

Al disponer de equipos médicos e industriales, es necesario realizar el análisis de criticidad por dos metodologías diferentes, en donde se utiliza para equipos médicos la criticidad sugerido por la OMS, mientras para equipos industriales se realizará mediante el método de análisis de criticidad cualitativo.

2.7.1 Análisis de criticidad para equipos médicos según la OMS

Según la OMS (2012b), con relación al mantenimiento de los equipos médicos para el cálculo de la criticidad establece una metodología basada en la gestión de los riesgos. Por lo tanto, se toma en cuenta los siguientes criterios:

2.7.1.1 Función del equipo

En este criterio se realiza la evaluación de la función del equipo tomando en cuenta las distintas categorías que conforman los equipos médicos que pueden ser: diagnóstico, terapéuticos, de análisis y otros. En la Tabla 12-2; se muestra la categoría del equipo médico, descripción de la función y su puntuación.

Tabla 12-2: Función del equipo

Categoría	Descripción de la función	Puntuación
Terapéutico	Apoyo vital	10
	Cirugía y cuidados intensivos	9
	Fisioterapia y tratamiento	8
Diagnóstico	Control de cirugía y cuidados intensivos	7
	Control fisiológico adicional y diagnóstico	6
Analítico	Análisis del laboratorio	5
	Accesorios del laboratorio	4
	Computadoras y afines	3
Otros	Relacionados con el paciente y otros	2

Fuente: Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos, 2012

Realizado por: OMS, 2012

2.7.1.2 Riesgo físico relacionado con la aplicación clínica

Este criterio determina los posibles riesgos físicos durante el uso del dispositivo que afectan al paciente o al operador. En la Tabla 13-2, indica la descripción del riesgo durante el uso con su respectiva puntuación.

Tabla 13-2: Riesgo físico relacionado con la aplicación clínica

Descripción del riesgo durante el uso	Puntuación
Riesgo de muerte del paciente	5
Posible lesión del paciente o el operador	4
Tratamiento inapropiado o error de diagnóstico	3
Daño al equipo	2
Sin riesgo significativo identificado	1

Fuente: Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos, 2012

Realizado por: OMS, 2012

2.7.1.3 Requisitos de mantenimiento

En los equipos médicos, se analiza la frecuencia y el nivel de importancia que tiene el mantenimiento, tomando en cuenta las indicaciones y recomendaciones del fabricante o experiencia.

En la Tabla 14-2, se encuentran detallados los requisitos de mantenimiento con su respectiva puntuación.

Tabla 14-2: Requisitos de mantenimiento.

Requisitos de mantenimiento	Puntuación
Importantes: exige calibración y reemplazo de piezas periódicos	5
Superiores al promedio	4
Usuales: verificación de funcionamiento y pruebas de seguridad	3
Inferiores al promedio	2
Mínimos: inspección visual	1

Fuente: Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos, 2012

Realizado por: OMS, 2012

2.7.1.4 Antecedentes del problema del equipo

En este punto se recolecta la información de las averías que han ocurrido en los equipos médicos en un determinado tiempo.

En la Tabla 15-2, se detalla el promedio de averías del equipo con su correspondiente valoración.

Tabla 15-2: Antecedentes del problema del equipo

Promedio de averías del equipo	Factor
Significativo: más de una cada seis meses	+2
Moderado: una cada 6-9 meses	+1
Usual: una cada 9-18 meses	0
Mínimo: una cada 18-30 meses	-1
Insignificante: menos de una en los 30 meses anteriores	-2

Fuente: Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos, 2012

Realizado por: OMS, 2012

2.7.1.5 Cálculo de la criticidad según la OMS.

Una vez evaluado los criterios mencionados, se realiza el cálculo del número de gestión (GE).

La fórmula para calcular el número de gestión (GE) es:

$$\text{Número GE\#} = \# \text{ función} + \# \text{ aplicación} + \# \text{ mantenimiento} + \# \text{ antecedentes} \text{ (Ecuación 1-2)}$$

Los equipos médicos que tengan un valor GE igual o mayor que 12 son considerados como “críticos” en donde se realizarán mantenimiento preventivo, mientras los que tengan un valor GE menor a 12 son considerados “no críticos” en éstas se realizarán actividades correctivas como se indica en la Tabla 16-2. (OMS, 2012c)

Tabla 16-2: Criticidad de equipos médicos

Número de gestión (GE)	Criticidad
$GE \geq 12$	“Críticos” realizar actividades preventivas
$GE < 12$	“No crítico” realizar actividades correctivas

Fuente: Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos, 2012

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.7.2 Análisis de criticidad para equipos industriales

En el presente trabajo de integración curricular el modelo de criticidad a utilizar en los equipos industriales es el método cualitativo. Donde establece la priorización o jerarquización de equipos y sistemas, ayudando a establecer una estructura donde facilita la toma de decisiones, direccionando los recursos y esfuerzos en equipos donde sean más críticos en la realidad actual del hospital.

2.7.2.1 Método de análisis de criticidad cualitativo

Este método es una herramienta que permite realizar un análisis cualitativo acerca de la jerarquía de los equipos que se encuentran en una organización o empresa. Consiste en obtener opiniones de especialistas, donde combinan criterios financieros y técnicos para jerarquizar los activos. (Crespo, y otros, 2012)

2.7.2.2 Jerarquización de la criticidad

Según (García, 2003); en los hospitales u organizaciones, existen máquinas o equipos que son más críticos que otros, por tal razón se realiza una jerarquización de la criticidad de los equipos, como se puede ver en la Figura 5-2:

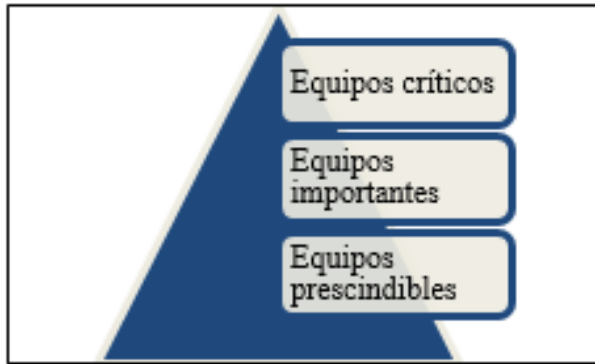


Figura 5-2: Jerarquización de la criticidad

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

- *Equipos críticos:* Son aquellos equipos cuyo mal funcionamiento o parada afectan los resultados de la empresa; cuyos efectos de falla son perjudiciales para la integridad de las personas, medio ambiente y pérdidas económicas.(García, 2003)
- *Equipos importantes:* Son equipos donde las averías, mal funcionamiento o paradas afecta a la empresa u organización, pero las consecuencias son asumibles.(García, 2003)
- *Equipos prescindibles:* Son equipos donde la ocurrencia de fallas, no presentan ningún problema para la empresa. (García, 2003)

2.7.2.3 Criterios a considerar en la evaluación de criticidad

Los criterios que se utilizan para clasificar los equipos en una de las categorías son: producción, calidad, mantenimiento y seguridad; en donde, es necesario considerar la influencia que una anomalía presenta sobre cada uno de estos aspectos.

- **Producción:** Se evalúa como afecta a la producción un posible fallo.
- **Calidad:** Los defectos en la calidad del producto o servicio final, por fallos en los equipos pueden producir una imagen negativa de la empresa u organización en el mercado.
- **Mantenimiento:** El equipo puede tener fallos muy frecuentes y problemáticos; o bien el equipo puede resultar con un coste medio en mantenimiento, o un equipo con bajo coste que generalmente no de problemas.(García, 2003)
- **Seguridad y medio ambiente:** Un fallo del equipo puede ocasionar un accidente grave para el medio o para las personas, y además disponga de cierta probabilidad de fallos del equipo.

En la Tabla 17-2, se muestra los criterios para valorar la criticidad del equipo:

Tabla 17-2: Matriz de Criticidad

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consumo una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

Fuente: Organización y Gestión integral de Mantenimiento (García 2003)

Realizado por: (García, 2003)

2.8 Modelos de mantenimiento

Según García (2003); obtenida la criticidad de los equipos médicos e industriales, se determina el modelo de mantenimiento, el cual es una combinación de tareas preventivas.

Los modelos de mantenimiento son: básico, condicional, sistemático y de alta disponibilidad. (Ver Tabla 18-2)

Tabla 18-2: Modelos de mantenimiento

Modelos de mantenimiento	Descripción
Modelo básico	Este tipo de modelo es aplicable para los equipos que tienen criticidad baja cuya avería no requiere de un gasto significativo de recursos para su reparación.
Modelo condicional	Este modelo es aplicable para los activos que no están en constante funcionamiento, que poseen una baja probabilidad de fallo, por esta razón se realiza pruebas y ensayos para descartar posibles anomalías que surjan durante su operación.
Modelo sistemático	El modelo sistemático se utiliza para los activos que tienen una disponibilidad media, que causa algunas perturbaciones de servicio cuando se presenta una avería, de tal modo, que sus tareas se realizarán sin importar el tiempo de funcionamiento del activo. Para realizar estas actividades se deben presentar síntomas de fallo.
Modelo de alta disponibilidad	El siguiente modelo se aplica para los activos, que no deben tener ninguna avería durante su operación, debido a que los costos de una falla son muy elevados, para mantener su adecuado funcionamiento se deben emplear técnicas de mantenimiento, que permitan conocer el estado del activo en marcha.

Fuente: Organización y Gestión integral de Mantenimiento (García, 2003)

Realizado: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019

2.9 Selección del modelo de mantenimiento

Para seleccionar el modelo de mantenimiento se parte del análisis de criticidad, donde:

- Los equipos médicos pueden ser: críticos y no críticos.
- Las máquinas y equipos industriales pueden ser: críticos, importantes o prescindibles.

Si el equipo es “crítico”, se elige entre los modelos programados de mantenimiento de acuerdo al porcentaje de uso dentro de las áreas analizadas. En la Tabla 19-2; indica alta disponibilidad cuando el equipo es usado más del 90%, media disponibilidad cuando el equipo es usado entre el (40%-90%) y baja disponibilidad cuando el equipo es usado menos del 40%. Al determinar la disponibilidad del equipo se procede a seleccionar el modelo de mantenimiento, puede ser: modelo de alta disponibilidad, modelo sistemático o modelo condicional.

Tabla 19-2: Porcentaje de uso del equipo

Disponibilidad	% Uso del equipo
Alta disponibilidad	El equipo es usado más del 90%
Media disponibilidad	El equipo es usado entre el 40% - 90%
Baja disponibilidad	El equipo es usado menos del 40%

Fuente: Organización y Gestión integral de Mantenimiento (García, 2003)

Realizado: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Si el equipo es “importante”; es necesario responder a la pregunta ¿Valor hora de parada?, si la respuesta es alta se selecciona un modelo programado de acuerdo al porcentaje del uso del equipo dentro de las áreas analizadas, donde puede ser modelo de (alta disponibilidad, sistemático o condicional). En el caso de ser la respuesta baja se debe responder a la pregunta ¿costo de reparación?, si la respuesta es alta se debe ejecutar un modelo programado, y al ser baja se debe ejecutar un modelo básico.

Si el equipo en el análisis de criticidad es “prescindible” o “no crítico”, se ejecuta el modelo básico.

En la Figura 6-2, se observa el flujograma para seleccionar el modelo de mantenimiento y posteriormente las tareas que requiera cada activo.

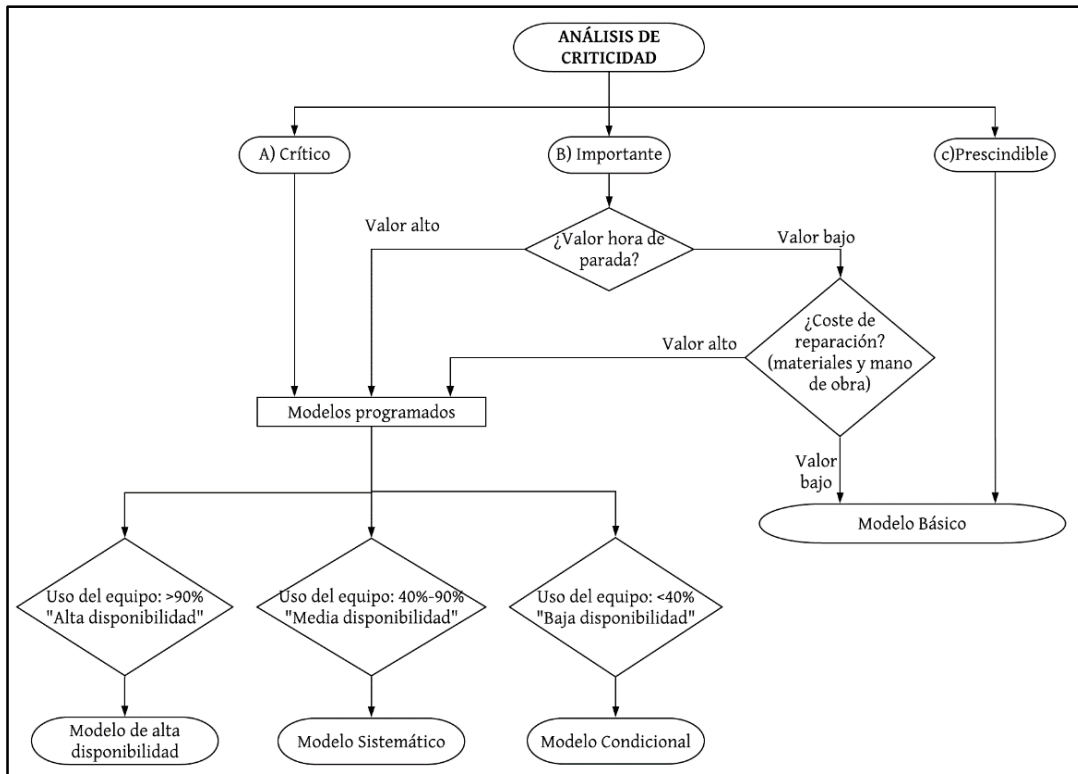


Figura 6-2: Modelo de mantenimiento

Fuente: Organización y Gestión Integral del Mantenimiento

Realizado: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.8 Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

El RCM (Maintenance centered on reliability) o el mantenimiento centrado en confiabilidad; es una metodología ampliamente aceptada que ha sido implementada en varias industrias a lo largo de 30 años, y ha demostrado contar con una estrategia eficiente para la optimización del mantenimiento preventivo, con el objetivo principal de reducir costos de mantenimiento, aumentar la confiabilidad y la seguridad de los equipos. (Martínez 2014, pp. 21).

2.8.1 RCM Abreviado

El RCM abreviado; es una metodología que se utiliza para la realización de planes de mantenimiento, de forma rápida, menos costos y menor tiempo de elaboración en comparación con el RCM inicial.

2.8.2 Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos

Los fallos se clasifican según García (2003) en dos tipos, los cuales se describen a continuación:

Fallos funcionales: es la incapacidad de cumplir con la función requerida.

Fallos técnicos: es el fallo que condiciona al equipo para que cumpla su función.(García, 2003)

Para determinar las fallas existen varias fuentes como: manuales, experiencias del personal técnico, de bases externas de información (OREDA), etc.

2.8.3 Determinación de modos de fallo

Definido el fallo funcional o técnico, el próximo paso es identificar los eventos que causan las fallas funcionales o técnicas, que son conocidas como modos de fallo. (Martínez, 2014; pp. 32).

La norma SAE JA 1011 define al modo de fallo como un “evento simple”. (SAE JA 1011, 1999; pp. 5). Mientras que, “García define como las circunstancias que acompañan a un fallo funcional o técnico”.(García 2003, pp. 43).

Debe elaborarse una lista de modos de falla por cada falla funcional o técnico incluyendo fallos que hayan ocurrido en equipos similares, fallas probables de ocurrencia que no estén en el programa de mantenimiento actual y los posibles modos de falla que tienen baja probabilidad de ocurrir. (García 2003)

2.8.4 Clasificación de fallos

Para clasificar las fallas se debe estudiar las consecuencias de cada fallo para elegir una correcta acción. Según (García 2003,pp, 41), se determinan dos categorías que se describen a continuación:

- Fallos a evitar: es cuando las consecuencias de las fallas son inaceptables.
- Fallos a amortiguar: tratan de minimizar los efectos de las fallas.

De acuerdo con la selección del modelo de mantenimiento, se analizan las consecuencias que puede tener un fallo sobre un equipo. En donde se puede decir que, al evitar un fallo, presenta un costo mayor con respecto a disminuir sus efectos. Por tal razón la clasificación de fallos a evitar; debe ser únicamente considerado a los fallos, cuyas consecuencias presentan costos elevados para la organización. (García 2003,pp, 41)

En la Tabla 20-2, se observa que los fallos funcionales con modelo de mantenimiento sistemático o de alta disponibilidad deben ser evitados y los fallos técnicos que sus efectos sean amortiguados.

Para los equipos que presenten un modelo de mantenimiento condicional, los fallos técnicos y los fallos funcionales deben ser analizados a manera de fallos a amortiguar. Mientras para los equipos con modelo de mantenimiento básico; no se realiza ningún estudio, por la razón de ser actividades de mantenimiento básicas no es necesario efectuar un análisis mayor a su ejecución.

Tabla 20-2: Actuación sobre el fallo

FORMAS DE ACTUACION ANTE UN FALLO
Activos con modelo de mantenimiento de alta disponibilidad
Fallos funcionales: A EVITAR Fallos técnicos: A AMORTIGUAR
Activos con modelo de mantenimiento sistemático
Fallos funcionales: A EVITAR Fallos técnicos: A AMORTIGUAR
Activos con modelo de mantenimiento condicional
Fallos funcionales: A AMORTIGUAR Fallos técnicos: A AMORTIGUAR
Activos con modelo de mantenimiento básico
No se estudian

Fuente: Organización y Gestión integral de Mantenimiento (García, 2003)

Realizado: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.8.5 Selección de tareas de mantenimiento.

Son los trabajos que se realizan para cumplir el objetivo de evitar el fallo o minimizar sus efectos, (García 2003, pp. 43). Además, son actividades que buscan reducir las consecuencias de las fallas, evitando que el equipo llegue a un estado de falla mediante el mantenimiento “predictivo” o “preventivo”. Las tareas de mantenimiento se clasifican en varios tipos, como indica la Tabla 21-2.

Una vez determinada los modelos de mantenimiento, los fallos (funcionales o técnicos) y los modos de fallo de los activos, se procede a determinar las tareas preventivas que traten de evitar la ocurrencia del fallo o minimizar sus efectos (García 2003, pp. 43-44). Para la selección de las tareas de mantenimiento preventivo, es necesario tomar en cuenta los modelos de mantenimiento analizados anteriormente. Si el modelo de mantenimiento es básico, se lo realizan tareas de mantenimiento tipo 1, 2 y 3.

Si el modelo de mantenimiento es condicional, se pueden ejecutar tareas desde el tipo 1 hasta el tipo 6. Si el modelo es sistémico, se podrán ejecutar desde el tipo 1 hasta el tipo 9. Si en algún caso el modelo de mantenimiento es de alta disponibilidad, se podrán ejecutar tareas desde el tipo 1 hasta el tipo 10. (Ver Tabla 22-2)

Tabla 21-2: Tipo de tareas de mantenimiento preventivo

TIPOS DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
TIPO 1: INSPECCIONES VISUALES: estas actividades son rentables debido que los costos son muy bajos.
TIPO 2: LUBRICACIÓN: las tareas de lubricación debido a su bajo costo, siempre son rentables.

Siguiente

Continúa

TIPO 3: VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO: este tipo de tareas consiste en tomar una serie de datos de operación como: la presión, la temperatura, la vibración, etc. Por esta razón es importante fijar rangos de funcionamiento normal del activo.
TIPO 4: VERIFICACIÓN DEL CORRECTO FUNCIONAMIENTO MEDIANTE INSTRUMENTOS EXTERNOS DEL EQUIPO (VERIFICACIONES PREDICTIVAS): Se pretende con este tipo de tareas, determinar si el equipo cumple con especificaciones prefijadas. Estas actividades se realizan con instrumentos sencillos como: pinzas amperimétricas, termómetros infrarrojos, tacómetros, vibrómetros, etc.
TIPO 5: LIMPIEZAS TÉCNICAS CONDICIONALES: se realiza dependiendo el estado en que se encuentra el activo.
TIPO 6: AJUSTES CONDICIONALES: se ejecuta la tarea dependiendo que el equipo haya presentado el síntoma de desajuste.
TIPO 7: LIMPIEZAS SISTEMÁTICAS: se realiza la tarea dependiendo cada cierto tiempo, sin importar como se encuentra actualmente el equipo.
TIPO 8: AJUSTES SISTEMÁTICOS: se lo realiza sin considerar que el equipo haya presentado el síntoma de estar desajustado.
TIPO 9: SUSTITUCIÓN SISTEMÁTICA DE PIEZAS: Se lo realiza en función de las horas de operación o fecha de calendario, sin comprobar el estado actual.
TIPO 10: GRANDES REVISIONES: se realiza la tarea con el reemplazo de todas las piezas que se encuentran sometidas a desgaste. (Castela 2017).

Fuente: Organización y Gestión integral de Mantenimiento (García, 2003)

Realizado: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Tabla 22-2: Tareas de mantenimiento

Tipos de tareas de mantenimiento	Modelos de mantenimiento a los que se puede aplicar ese tipo de tarea			
	Básico	Condicional	Sistemático	Alta disponibilidad
1. Inspecciones visuales	Básico	Condicional	Sistemático	Alta disponibilidad
2. Tareas de lubricación	Básico	Condicional	Sistemático	Alta disponibilidad
3. Verificación de parámetros de funcionamiento	Básico	Condicional	Sistemático	Alta disponibilidad
4. Verificaciones predictivas – <u>Verificaciones sencillas</u> Medición de temperaturas Medición de vibraciones Medición de consumo de corriente – <u>Medición con instrumentos complejos</u> Análisis de vibraciones Termografías Ultrasonido Alineación		Condicional	Sistemático	Alta disponibilidad
5. Limpiezas según la condición		Condicional	Sistemático	Alta disponibilidad
6. Ajustes condicionales		Condicional	Sistemático	Alta disponibilidad
7. Limpiezas sistemáticas			Sistemático	Alta disponibilidad
8. Ajustes sistemáticos			Sistemático	Alta disponibilidad
9. Sustitución sistemática de piezas			Sistemático	Alta disponibilidad
10. Grandes revisiones				Alta disponibilidad

Fuente: Organización y Gestión integral de Mantenimiento (García, 2003)

Realizado: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.8.6 Determinación de las frecuencias de mantenimiento

La frecuencia de mantenimiento nos indica las veces que se va a ejecutar una tarea de mantenimiento, durante un tiempo determinado. Estas pueden ser por calendario (diario, mensual, trimestral, etc.), o por los modos de operación (horas, kilómetros, ciclos, etc.).

Según Sexto (2017), existen varios criterios para la determinación de las frecuencias de mantenimiento las cuales son: (Ver Tabla 23-2)

Tabla 23-2: Criterios de frecuencia de mantenimiento

Criterios de frecuencia	Descripción
Criterio contractual	Estas frecuencias se determinan mediante la información otorgada por las empresas externas que realizan el mantenimiento.
Criterio del fabricante.	Son otorgados por el fabricante (manuales), sin embargo, la desventaja de elegir este criterio para fijar las frecuencias de las actividades de mantenimiento, es que el fabricante, en general, no conoce las características detalladas del contexto operacional donde se operarán los equipos
Criterio analítico estadístico (técnicas de análisis y modelos probabilísticos de fallos)	En este criterio se sintetiza con el historial de fallas e intervenciones asociadas con los activos combinado con técnicas de análisis cualitativo de fallos (por ejemplo, FMEA/FMECA, HAZOP, árboles de fallo (FTA), técnicas de Análisis Causa Raíz (RCA) y otras de la misma naturaleza.
Criterio basado en la experiencia (de expertos)	Es el criterio que combate con más efectividad a los fallos inducidos por errores de operación y mantenimiento, garantizando las condiciones de ejercicio que respeten las exigencias de seguridad y ambientales.

Fuente: Organización y Gestión integral de Mantenimiento (García, 2003)

Realizado: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.8.7 Rutinas de mantenimiento

Según García (2003), las rutinas de mantenimiento son la asociación de varias tareas que facilita la ejecución de un plan de mantenimiento. Para realizar estas agrupaciones se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Tareas referidas a la misma área.
- Tareas referidas al mismo activo.
- Tareas que se va realizar por profesionales de la misma especialidad.
- Tareas por frecuencias de realización.

2.8.8 Rutas de mantenimiento

Las rutas de mantenimiento consisten la agrupación de rutinas de acuerdo a su ubicación física y la criticidad del activo, que se ejecuta con rutinas que contengan tareas de la misma frecuencia o la misma actividad en diferentes áreas de la instalación.

Existen varios de rutas como son diarias, semanales, mensuales y anuales.

2.9 Logística de mantenimiento

Según Ballou (2004), la logística de mantenimiento es la capacidad que tiene una organización para proporcionar recursos necesarios para mantener un elemento, bajo demanda y en condiciones dadas, de acuerdo con las políticas de mantenimiento.

Los elementos de la logística de mantenimiento son:

- Mano de obra
- Repuestos y materiales
- Herramientas
- Instrucciones o procedimientos
- Manuales técnicos
- Planos

2.9.1 *Mano de obra*

Es el recurso humano que realiza una tarea de mantenimiento, de acuerdo a la educación, competencia y experiencia.

En la Tabla 24-2, se describe el código de la mano de obra, y la especialidad del técnico a ejecutar la tarea de mantenimiento.

Tabla 24-2: Mano de obra

MANO DE OBRA			
Código	Especialidad técnico	Horas hombres	# Técnicos

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.9.2 *Repuestos y materiales*

Los repuestos son piezas reemplazables de un activo. Los materiales son elementos utilizados durante la ejecución de una actividad de mantenimiento.

Para seleccionar los repuestos y materiales; se coordina con el personal de mantenimiento y bodega, para cada actividad de mantenimiento. En la Tabla 25-2, se observa un ejemplo de fichas para repuestos y materiales utilizadas en equipos médicos e industriales.

Tabla 25-2: Repuestos y materiales

REPUESTOS Y MATERIALES					
Código	Descripción del material o repuesto	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.9.3 Herramientas y equipos

Las herramientas y equipos son instrumentos que permiten realizar las tareas de mantenimiento. Es importante disponer para el trabajo herramientas de: presión, corte, golpe, etc. Además, contar con instrumentos como: flexómetro, taladro, etc.

En la Tabla 26-2, se observa un ejemplo de ficha de herramientas y equipos.

Tabla 26-2: Herramientas y equipos

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS			
Código	Descripción de herramienta	Cantidad	Unidad

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.9.4 Instrucciones o procedimientos

Las instrucciones o procedimientos son un conjunto de acciones o pasos a seguir, que facilitarán y permitirán la realización de una tarea de mantenimiento de la manera correcta.

Los procedimientos deben constar de:

- Instrucciones de Seguridad Industrial
- Instrucciones sobre cuidados medio ambientales
- Instrucciones del procedimiento de ejecución

Los formatos de los instructivos suelen presentarse en:

- Documentos impresos,
- Documentos digitales (Word, pdf, etc.),
- Videos.

En la Tabla 27-2, se visualiza un modelo de formato para procedimientos.

Tabla 27-2: Instrucciones o procedimientos

No.	Tarea de mantenimiento
01	Procedimiento
02	Procedimiento:

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.9.5 Manuales técnicos

Los manuales técnicos son aquellos que van dirigidos al personal técnico, para que realicen las actividades de mantenimiento de una forma adecuada.

Estos documentos deben estar vinculados a cada tarea de mantenimiento preventivo, para que sirvan como una fuente de consulta.

2.9.6 Planos

Los planos son documentos que indican la ubicación, detalles constructivos, detalles del proceso, especificaciones y capacidades de los equipos o sistemas dentro de la planta. De igual manera, esta documentación debe estar vinculada con las actividades de mantenimiento, para servir como fuente de consulta.

2.10 Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento según la norma UNE EN 13306, se define como el “conjunto estructurado y documentado de tareas que incluyen las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para realizar el mantenimiento.”(UNE-EN:13306, 2011). El objetivo principal de éste documento es que los activos a mantener lleguen a cumplir con la vida útil esperada.

En la Tabla 28-2; se observa el formato del plan de mantenimiento, donde se indica el equipo, tareas de mantenimiento, frecuencia y logística de mantenimiento.

Tabla 28-2: Formato del plan de mantenimiento

Equipo	Tarea de mantenimiento	Frecuencia	Logística de Mantenimiento					
			Mano de obra	Repuestos y materiales	Herramientas	Instrucciones	Manual técnico	Planos

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.10.1 Cronograma de mantenimiento

En la Tabla 29-2; se muestra el cronograma de mantenimiento, donde el documento debe indicar la lista de tareas a ejecutar en una fecha determinada.

Tabla 29-2: Cronograma de mantenimiento

Equipo	Tarea de mantenimiento	Frecuencia	Mes											
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.11 Documentos de mantenimiento

“El documento es el soporte físico de la información en una forma específica.” (NTE INEN-EN: 13460, 2010). Mediante estos documentos se obtiene el control adecuado de las acciones que se llegan a realizar, cuya información servirá para el cálculo de indicadores.

2.11.1 Solicitud de trabajo

Este documento lo generan las personas que operan los equipos y máquinas, que reportan las situaciones anormales que fueron detectadas en los mismos. Posteriormente este documento va dirigido al departamento de mantenimiento para su respectiva atención.

En la Tabla 30-2 se observa un ejemplo de solicitud de trabajo dirigida al departamento de mantenimiento.

Tabla 30-2: Solicitud de trabajo de Mantenimiento

SOLICITUD DE TRABAJO			
Área Solicitante		Número de solicitud	
Nombre del solicitante		Código de la máquina	
Fecha		Máquina	
Prioridad	Urgente ()	Normal ()	Moderada ()
Problema detectado			
Descripción del problema			
Observaciones			
Firma (Nombre)			

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.11.2 Orden de trabajo

La orden de trabajo define como el “documento que tiene toda la información relativa a una operación de mantenimiento y las referencias a otros documentos necesarios para llevar a cabo el trabajo de mantenimiento.” (NTE INEN-EN: 13460, 2010)

Dicho documento es emitido por el departamento de mantenimiento, cuando es necesario realizar una actividad de mantenimiento preventiva o correctiva. Los principales campos que contienen una orden de trabajo son: tareas a realizar, personal a cargo, duración de la tarea, fecha de emisión, fecha de ejecución, costos, procedimientos, medidas de seguridad, materiales, herramientas, etc. (Ver Tabla 31-2)

Tabla 31-2: Orden de trabajo

HOSPITAL GENERAL IESS RIOBAMBA			
ORDEN DE TRABAJO			
C.COSTO	FECHA PROG.	FECHA INICIO	FECHA FIN
UBICACIÓN	PROGRAMADA	DIRECTA	
SOLICITA	EJECUTA		
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO			
DATOS ADICIONALES			
TAREAS			
MATERIALES/ REPUESTOS			
PERSONAL REQUERIDO			
OBSERVACIONES GENERALES		OBSERVACIONES SEGURIDAD	
Emite	Aprueba	Cierra	
-----	-----	-----	

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashquí, David; 2019.

2.11.3 Solicitud de materiales

Es un documento dirigido a bodega para la entrega de materiales que requiera una actividad de mantenimiento (Ver Tabla 32-2). Los principales campos de la solicitud de materiales son: fecha de entrega, el tipo de trabajo en que se utilizaran los materiales, cantidad, descripción del material, costo unitario y firmas de autorización. (García, 2012)

Tabla 32-2: Solicitud de materiales

HOSPITAL GENERAL IESS RIOBAMBA			
Requisición de materiales			
Requisición N° <input type="text"/>		Trabajo N°: <input type="text"/>	
Fecha de entrega:			
Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
Autorizado por:			
Despachado por:			
Recibido por:.....			

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.11.4 Historial de mantenimiento

El historial de mantenimiento es un documento que recolecta la información de todos los trabajos (preventivos y correctivos) que han sido ejecutadas en un activo, en la Tabla 33-2, se observa el formato del historial de mantenimiento.

Tabla 33-2: Historial de mantenimiento

HISTORIAL DE MANTENIMIENTO								
N° OT	Código sistema o equipo	Fecha de ejecución	Descripción de la tarea	Tipo de mantenimiento		Tiempo de ejecución	Código técnico responsable	N° de requisición de materiales
				Preventivo	Correctivo			

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

2.12 Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO)

Es importante contar en los establecimientos de salud, organizaciones y empresas; con un programa informático, donde se planifique y programe el mantenimiento.

Según la OMS explica que el software para Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO); es un programa informático que permite potenciar la gestión del mantenimiento de las máquinas o equipos en los diferentes centros de salud. (OMS 2012c)

Los GMAO están compuestos por módulos o secciones, que permiten llevar y ejecutar un control de las tareas en el departamento de mantenimiento que se indican a continuación (Balsa y Brocal, 2009):

- Inventario a activos a mantener: realiza el registro de los activos de la organización, incluyendo detalles como contratos de servicio y garantías.

- Ordenes de trabajo: realiza la asignación del personal para realizar las tareas de mantenimiento y seguimiento de información como causa del problema.
- Tareas preventivas: realiza el seguimiento de las tareas de mantenimiento, tomando en cuenta los recursos necesarios.
- Control de inventarios: realiza el seguimiento de información de la gestión del almacén como herramientas, repuestos y reserva de materiales.
- Seguridad: toma en cuenta la documentación necesaria y los permisos para cumplir con las normativas de seguridad.

2.13 Capacitación al personal de mantenimiento

En el trabajo de integración curricular se realizan capacitaciones al personal de mantenimiento y a los responsables de las áreas.

La capacitación debe ser tomada como una inversión, puesto que son actividades planeadas y orientadas a las necesidades de una organización, hospital o empresa.

Dicha actividad tiene como fin buscar el cambio en las habilidades, conocimientos y actitudes de los colaboradores, permitiendo así tener innovación, desarrollar estrategias competitivas, funcionales y corporativas. (Aguilar, 2008).

2.13.1 Tipo de capacitación

Los tipos de capacitación a utilizar en el trabajo de integración curricular son:

- Capacitación para el trabajo
- Capacitación presencial grupal.

2.13.1.1 Capacitación para el trabajo

Se lo realiza a los trabajadores que van a desempeñar nuevas actividades permitiendo al individuo desarrollar las habilidades, destrezas, actitudes y conocimientos. (Aguilar, 2008)

2.13.1.2 Capacitación presencial grupal

Tipo de capacitación dirigida a un grupo de individuos dictada por un profesor, instructor, facilitador o especialista.(Huanes, 2018)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Evaluación de la gestión actual del mantenimiento del Hospital General Riobamba IESS

En el presente trabajo se realiza la evaluación de la situación actual de la gestión del mantenimiento del Hospital General Riobamba IESS.

Dicha evaluación se ejecutó en el área de mantenimiento quienes son los encargados de verificar, controlar y realizar las actividades de mantenimiento de todas las áreas del hospital.

El fin de realizar la evaluación es comparar la evaluación de la gestión del mantenimiento entre los años 2018 y 2019, para el primer año se tomó en cuenta los valores del trabajo de integración curricular de los tesisistas Allauca y Pilco, 2018.

3.1.1. Herramienta de evaluación para la gestión de mantenimiento

La herramienta de evaluación cuenta con siete criterios y 20 subcriterios a ser evaluados, cada una de ellas cuenta con un código y peso como se indica en la Tabla 1-3. Además, cada subcriterio dispone de una ficha para la evaluación de la gestión de mantenimiento como se indica en el ANEXO A.

Tabla 1-3: Criterios y subcriterios a ser evaluados

CRITERIOS	PESOS	SUBCRITERIOS	PESOS
ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	11,4%	OM1. Políticas de mantenimiento	0,78
		OM2. Herramienta informática para la gestión de mantenimiento	0,22
RECURSOS HUMANOS	17,8%	RH1. Formación profesional	0,42
		RH2. Capacitación y entrenamiento	0,43
		RH3. Cantidad del personal de mantenimiento	0,15
CONTROL ECONÓMICO	10,4%	CE1. Presupuesto de mantenimiento	0,77
		CE2. Porcentaje de cumplimiento de presupuesto ejecutado	0,23

Siguiente

Continúa

PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL	12,61%	PP1. Inventario de bienes a mantener	0,10
		PP2. Plan implementado de mantenimiento preventivo para todos los dispositivos médicos, equipos médicos y tecnología médica.	0,18
		PP3. Programación de actividades de mantenimiento	0,14
		PP4. Documentos de mantenimiento	0,08
		PP5. Análisis de criticidad basado en riesgo	0,12
		PP6. Indicadores de mantenimiento	0,38
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	5,7 %	MC1. Documentación y análisis de fallos consecuencias y efectos.	1
TERCERIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	25,1%	TC1. Política de contratación	0,48
		TC2. Especificaciones técnicas	0,23
		TC3. Supervisión de los trabajos ejecutados	0,29
MANEJO DE INVENTARIOS DE BODEGAS PARA MANTENIMIENTO	16,9%	MI1. Maestro de ítem	0,46
		MI2. Control de existencia	0,26
		MI3. Inventario valorado de ítems	0,28

Fuente: Proyecto de vinculación “Planificación y programación del mantenimiento de los equipos del Hospital General IESS Riobamba”
Realizado por: Proyecto de vinculación “Planificación y programación del mantenimiento de los equipos del Hospital General IESS Riobamba”

Como primer paso se procedió a llenar todas las fichas de evaluación de la gestión de mantenimiento (Ver ANEXO A), donde se estableció una valoración con la puntuación determinada en los diferentes niveles de referencia. Dicha puntuación tiene una escala de 0 a 1; donde 0 representa un nivel deficiente, 0,35 indica un nivel poco satisfactorio, 0,7 un nivel cuasi satisfactorio y 1 un nivel satisfactorio.

En la Tabla 2-3; se puede visualizar un ejemplo del llenado de ficha de evaluación, para los requerimientos del subcriterio (OM2) herramienta informática (software) para la gestión de mantenimiento, en donde se realizaron varias preguntas al jefe de mantenimiento en base a las exigencias del criterio.

Tabla 2-3: Preguntas de la ficha: Herramienta informática (software) para la gestión de mantenimiento.

Niveles de referencia	Preguntas en base a las exigencias del criterio	Puntuación	Valoración establecida
Deficiente	¿Dispone de CMMS/ GMAO o CMMS, pero no lo utiliza?	0	La respuesta fue NO por tal razón su valoración es 0, de acuerdo a la puntuación establecida del nivel de referencia.
Poco satisfactorio	¿La herramienta informática para la gestión del mantenimiento es una hoja electrónica como: Excel o una base de datos básica como: Access?	0,35	La respuesta fue SÍ por tal razón su valoración es 0,35; de acuerdo a la puntuación establecida del nivel de referencia.
Cuasi satisfactorio	¿Dispone de CMMS y lo usa para gestionar el mantenimiento preventivo?	0,7	La respuesta fue NO por tal razón su valoración es 0. Al no cumplir con uno de los niveles de referencia NO se podrá continuar al siguiente nivel
Satisfactorio	¿Dispone de CMMS y lo utiliza para calcular los indicadores de gestión de mantenimiento?	1	-----

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Es importante para la valoración seguir el orden establecido de las fichas al realizar las preguntas. Así mismo, tener en cuenta que al no cumplir con uno de los niveles de referencia no se podrá continuar al siguiente nivel; es decir, si cumple con el nivel de poco satisfactorio y no cumple con el nivel cuasi satisfactorio, el nivel cuasi satisfactorio no será válido, ni en los niveles siguientes. (Ver Tabla 3-3)

Tabla 3-3: Herramienta informática (software) para la gestión de mantenimiento.

Criterio de evaluación:	OM2: <i>Herramienta informática para la gestión de mantenimiento</i>		
Objetivo:	Gestionar toda la información relacionada con el mantenimiento de los equipos médicos y la infraestructura de manera ágil y oportuna, para asegurar una administración eficiente del mantenimiento.		
Método de evaluación:	Se evalúan las evidencias físicas de instalación del software y de la operatividad del mismo, para el cumplimiento de la exigencia del criterio.	Tipo de evaluación:	Características
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No dispone de CMMS/GMAO (Computer maintenance management system) o Dispone de CMMS, pero no lo utiliza. Evidencia: verificar que esté instalado el CMMS	0	0
Poco satisfactorio	La herramienta informática para la gestión del mantenimiento es una hoja electrónica como: Excel, etc. o una base de datos básica como: Access.	0,35	0,35
Cuasi satisfactorio	Dispone de CMMS y lo usa para gestionar el mantenimiento preventivo. Evidencia a solicitar: plan de mantenimiento emitido por el CMMS y órdenes de trabajo preventivas emitidas en los últimos 15 días.	0,7	0
Satisfactorio	Dispone de CMMS y lo utiliza para calcular los indicadores de gestión de mantenimiento. Evidencia a solicitar: Reporte de costos, disponibilidad, tiempo medio entre fallas y tiempo medio para reparación.	1	0
Comentario: Se asignará la puntuación respectiva de cada nivel, al cumplimiento de todas las exigencias.			
Autores: Ing. Sergio Villacrés e Ing. Mayra Viscaino			

Fuente: Proyecto de vinculación “Planificación y programación del mantenimiento de los equipos del Hospital General IESS Riobamba”

Realizado por: Proyecto de vinculación “Planificación y programación del mantenimiento de los equipos del Hospital General IESS Riobamba”

Como se indicó se evaluaron 20 subcriterios en donde todas las fichas llenadas se encuentran en el ANEXO A.

3.1.2. Nivel de desempeño del Hospital General Riobamba IESS

Para determinar los valores del nivel de desempeño del año 2019, se realizaron los siguientes pasos:

PASO 1. Una vez llenada todas las fichas de evaluación, se registró la información cuantitativa en base a cada subcriterio. Del ejemplo anterior de la Tabla 3-3, se registró la valoración del subcriterio OM2 en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3: Registro de la valoración obtenida de la ficha de evaluación

CRITERIOS	PESOS CRITERIOS	SUBCRITERIOS	PESOS SUBCRITERIOS	NIVEL DE DESEMPEÑO AÑO 2019			
				Deficiente	Poco satisfactorio	Cuasi satisfactorio	Satisfactorio
OM	11,4 %	OM2	0,22	0	0,35	0	0

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashquí, David; 2019.

PASO 2. Se procedió a multiplicar los valores registrados con los pesos de cada subcriterio, establecidos por la herramienta de evaluación. (Ver Tabla 5-3)

Tabla 5-3: Multiplicación entre valores registrados y pesos subcriterios

CRITERIOS	PESOS CRITERIOS	SUBCRITERIOS	PESOS SUBCRITERIOS	NIVEL DE DESEMPEÑO AÑO 2019							
				Deficiente		Poco satisfactorio		Cuasi satisfactorio		Satisfactorio	
OM	11,4 %	OM2	0,22	0	0x0,22 = 0,00	0,35	0,35x 0,22 = 0,08	0	0 x 0,22 = 0,00	0	0 x 0,22 = 0,00

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

PASO 3. Posteriormente, se sumaron los nuevos valores obtenidos de la multiplicación de cada subcriterio tomando en cuenta los niveles de desempeño. Del ejemplo anterior se suma los nuevos valores de OM1 y OM2 (Ver Tabla 6-3).

Tabla 6-3: Suma de subcriterios

CRITERIOS	PESOS CRITERIOS	SUBCRITERIOS	PESOS SUBCRITERIOS	NIVEL DE DESEMPEÑO AÑO 2019							
				Deficiente		Poco satisfactorio		Cuasi satisfactorio		Satisfactorio	
OM	11,4 %	OM1	0,78	0	0,00	0,35	0,27	0,7	0,55	1	0,78
		OM2	0,22	0	0,00	0,35	0,08	0	0,00	0	0,00
		RESULTADO SUMA:		0,00		0,35		0,55		0,78	

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

PASO 4. A continuación, se multiplicó el valor de la sumatoria de cada nivel de desempeño con el peso del criterio. (Ver Tabla 7-3)

Tabla 7-3: Multiplicación entre el resultado de la suma y pesos criterios

CRITERIOS	PESOS CRITERIOS	SUBCRITERIOS	PESOS SUBCRITERIOS	NIVEL DE DESEMPEÑO AÑO 2019											
				Deficiente		Poco satisfactorio		Cuasi satisfactorio		Satisfactorio					
OM	11,4 %	OM1	0,78	0	0	0	0,35	0,27	4	0,7	0,55	6,27	1	0,78	9,00
		OM2	0,22	0	0	0	0,35	0,08	0	0,00	0	0	0	0	0
				0		0,35		0,55		0,78					

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

PASO 5. Una vez realizado el cálculo de todos los criterios, se procedió a sumar el resultado de la multiplicación realizada anteriormente, donde se determina el valor del nivel de desempeño del año 2019. (Ver Tabla 8-3).

Tabla 8-3: Cálculo valores de desempeño

NIVEL DE DESEMPEÑO	CÁLCULO VALORES DE DESEMPEÑO OM + RH + CE + PP + MC + TC + MI
Deficiente	0,00 + 0,00 + 0,00 + 0,00 + 0,00 + 0,00 + 0,00 = 0
Poco satisfactorio	4,00 + 6,23 + 3,65 + 2,52 + 2,01 + 8,78 + 5,92 = 33,11
Cuasi satisfactorio	6,27 + 5,16 + 7,29 + 3,15 + 0,00 + 17,56 + 11,85 = 51,28
Satisfactorio	9,00 + 0,00 + 10,4 + 1,26 + 0,00 + 25,1 + 12,1 = 57,86

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

En la Tabla 9-3; se muestra el registro de los valores obtenidos para la determinación del nivel de desempeño del Hospital General Riobamba IESS año 2019.

Tabla 9-3: Valores obtenidos del nivel de desempeño del Hospital General Riobamba IESS año 2019.

CRITERIOS	PESOS	SUBCRITERIOS	PESOS	NIVEL DE DESEMPEÑO AÑO 2019											
				Deficiente		Poco satisfactorio		Cuasi satisfactorio		Satisfactorio					
OM	11,4%	OM1	0,78	0	0	0	0,35	0,27	4,00	0,7	0,55	6,27	1	0,78	9,00
		OM2	0,22	0	0	0	0,35	0,08		0	0,00		0	0,00	
		SUMA:				0		0,35			0,55		0,78		
RH	17,8%	RH1	0,42	0	0	0	0,35	0,15	6,23	0,7	0,29	5,16	0	0,00	0,00
		RH2	0,43	0	0	0	0,35	0,15		0	0,00		0	0,00	
		RH3	0,15	0	0	0	0,35	0,05		0	0,00		0	0,00	
SUMA:				0		0,35			0,29		0,00				
CE	10,4%	CE1	0,77	0	0	0	0,35	0,27	3,65	0,7	0,54	7,29	1	0,77	10,4
		CE2	0,23	0	0	0	0,35	0,08		0	0,16		1	0,23	
SUMA:				0		0,35			0,7		1				
PP	12,61%	PP1	0,10	0	0	0	0,35	0,03	2,52	0,7	0,07	3,15	1	0,10	1,26
		PP2	0,18	0	0	0	0,35	0,06		0,7	0,13		0	0,00	
		PP3	0,14	0	0	0	0,35	0,04		0	0,00		0	0,00	
		PP4	0,08	0	0	0	0,35	0,03		0,7	0,05		0	0,00	
		PP5	0,12	0	0	0	0,35	0,04		0	0,00		0	0,00	
		PP6	0,38	0	0	0	0	0,00		0	0,00		0	0,00	
SUMA:				0		0,20			0,25		0,10				
MC	5,7%	MC1	1	0	0	0	0,35	0,35	2,01	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
SUMA:				0		0,35			0,00		0				
TC	25,1%	TC1	0,48	0	0	0	0,35	0,17	8,78	0,7	0,33	17,56	1	0,48	25,1
		TC2	0,23	0	0	0	0,35	0,08		0,7	0,16		1	0,23	
		TC3	0,29	0	0	0	0,35	0,10		0,7	0,20		1	0,29	
SUMA:				0		0,35			0,70		1,00				
MI	16,9%	MI1	0,46	0	0	0	0,35	0,16	5,92	0,7	0,32	11,85	1	0,46	12,1
		MI2	0,26	0	0	0	0,35	0,09		0,7	0,18		1	0,26	
		MI3	0,28	0	0	0	0,35	0,10		0,7	0,20		0	0,00	
SUMA:				0		0,35			0,70		0,72				
VALORES OBTENIDOS DEL NIVEL DE DESEMPEÑO AÑO 2019 (%)				0 %		33,11 %		51,28 %		57,86 %					

Fuente: Proyecto de vinculación "Planificación y programación del mantenimiento de los equipos del Hospital General IESS Riobamba"

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Para establecer la comparación con el año 2018 los valores fueron tomados del trabajo de titulación "Plan de mantenimiento preventivo para las áreas de Neonatología, Laboratorio Clínico y Cirugía en

el Hospital General Riobamba- IESS, aplicando estándares de la Organización Mundial de la Salud".
(Ver tabla 10-3)

Tabla 10-3: Valores obtenidos del nivel de desempeño del Hospital General Riobamba IESS año 2018

CRITERIOS	PESOS	SUBCRITERIOS	PESOS	NIVEL DE DESEMPEÑO AÑO 2018											
				Deficiente			Poco satisfactorio			Cuasi satisfactorio			Satisfactorio		
OM	0,114	OM1	0,78	0	0	0	0,35	0,27	4,00	0,7	0,55	6,27	1	0,78	9,00
		OM2	0,22	0	0	0	0,35	0,08		0	0,00		0	0,00	
SUMA:				0			0,35			0,55			0,78		
RM	0,178	RM1	0,42	0	0	0	0,35	0,15	6,23	0,7	0,29	12,46	0	0,00	10,30
		RM2	0,43	0	0		0,35	0,15		0,7	0,30		1	0,43	
		RM3	0,15	0	0		0,35	0,05		0,7	0,10		1	0,15	
SUMA:				0			0,35			0,70			0,58		
CE	0,104	CE1	0,77	0	0	0	0,35	0,27	3,65	0,7	0,54	7,29	1	0,77	10,4
		CE1	0,23	0	0		0,35	0,08		0,7	0,16		1	0,23	
SUMA:				0			0,35			0,7			1		
PP	0,126	PP1	0,10	0	0	0	0,35	0,04	2,10	0,7	0,07	3,15	1	0,10	1,3
		PP2	0,18	0	0		0,35	0,06		0,7	0,13		0	0,00	
		PP3	0,14	0	0		0	0,00		0	0,00		0	0,00	
		PP4	0,08	0	0		0,35	0,03		0,7	0,05		0	0,00	
		PP5	0,12	0	0		0,35	0,04		0	0,00		0	0,00	
		PP6	0,38	0	0		0	0,00		0	0,00		0	0,00	
SUMA:				0			0,17			0,25			0,10		
MC	0,057	MC1	1	0	0	0	0,35	0,35	2,01	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
SUMA:				0			0,35			0,00			0		
TC	0,251	TC1	0,48	0	0	0	0,35	0,17	8,78	0,7	0,33	17,56	1	0,48	25,1
		TC2	0,23	0	0		0,35	0,08		0,7	0,16		1	0,23	
		TC3	0,29	0	0		0,35	0,10		0,7	0,20		1	0,29	
SUMA:				0			0,35			0,70			1,00		
MI	0,169	MI1	0,46	0	0	0	0,35	0,16	5,92	0,7	0,32	11,85	1	0,46	12,1
		MI2	0,26	0	0		0,35	0,09		0,7	0,18		1	0,26	
		MI3	0,28	0	0		0,35	0,10		0,7	0,20		0	0,00	
SUMA:				0			0,35			0,70			0,72		
VALORES OBTENIDOS DEL NIVEL DE DESEMPEÑO AÑO 2018 (%)				0 %			32,69 %			58,60 %			68,17 %		

Fuente: (Plan de mantenimiento preventivo para las áreas de Neonatología, Laboratorio Clínico y Cirugía en el Hospital General Riobamba- IESS, aplicando estándares de la Organización Mundial de la Salud)

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashquí, David; 2019.

3.1.3. Evaluación y comparación de la gestión del mantenimiento del año 2018 y 2019

Con los valores obtenidos se realizaron la Tabla 11-3 y el Gráfico 1-3, que indican la comparación entre los valores del nivel exigido y valores alcanzados por los diferentes criterios del año 2018 y 2019, en donde los que tengan bajas puntuaciones serán tomados como puntos de mejora.

Tabla 11-3: Valores obtenidos por criterio

CRITERIOS	NIVEL EXIGIDO	DEFICIENTE	POCO SATISFACTORIO	CUASI SATISFACTORIO	SATISFACTORIO	VALORES ALCANZADOS		% A MEJORAR	
						AÑO 2019	AÑO 2018	AÑO 2019	AÑO 2018
OM: Organización del mantenimiento	11,4 %	0,00	4,00	6,27	9,00	9,4 %	9,4 %	2,00%	2,00%
RH: Recursos humanos	17,8 %	0,00	6,23	5,16	0,00	5,57 %	14,16 %	12,23%	3,64%
CE: Control económico	10,4 %	0,00	3,65	7,29	10,4	10,40 %	10,40 %	0,00%	0,00%
PP: Planificación, programación y control	12,61 %	0,00	2,52	3,15	1,26	3,38 %	3,19 %	9,23%	9,42%
MC: Mantenimiento correctivo	5,7 %	0,00	2,01	0,00	0,00	0,98 %	0,98 %	4,72%	4,72%
TC: Tercerización del mantenimiento	25,1 %	0,00	8,78	17,56	25,1	25,09 %	25,09 %	0,01%	0,01%
MI: Manejo de inventarios de bodega para mantenimiento	16,9 %	0,00	5,92	11,85	12,1	14,57 %	14,57 %	2,33%	2,33%
TOTALES:	100%	0	33,11	51,28	57,86	69,39 %	77,79 %		

Fuente: Proyecto de vinculación “Planificación y programación del mantenimiento de los equipos del Hospital General IESS Riobamba”
Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Para determinar el nivel de desempeño de la gestión del mantenimiento del año 2019, se procedió a tomar el resultado de los valores alcanzados de la Tabla 11-3 y verificar en qué rango del umbral se encuentra. (Ver Tabla 12-3)

Tabla 12-3: Rango para determinar el nivel de desempeño

RANGO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE DESEMPEÑO	
VALORES DE UMBRAL DE DESEMPEÑO	NIVELES DE REFERENCIA
(0 % - 35 %)	Deficiente
(35 % - 70 %)	Poco satisfactorio
(70 % - 100 %)	Cuasi satisfactorio
(100 %)	Satisfactorio

Fuente: Proyecto de vinculación “Planificación y programación del mantenimiento de los equipos del Hospital General IESS Riobamba”
Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Por medio de la Tabla 12-3; la evaluación de la gestión de mantenimiento del año 2019 ejecutada en el Hospital General Riobamba IESS, da como resultado que el nivel de desempeño es del 69,39 % (Ver Tabla 11-3) por lo que incurre en la categoría de “poco satisfactorio”, en comparación al año 2018 el nivel fue 77,79% indicando que se encontraba en un nivel “cuasi satisfactorio” es decir aceptable.

A continuación, en el Gráfico 1-3 se observa una comparación entre los valores del nivel exigido con los valores obtenidos de desempeño del año 2018 y 2019, alcanzado por el área de mantenimiento del Hospital General Riobamba IESS.

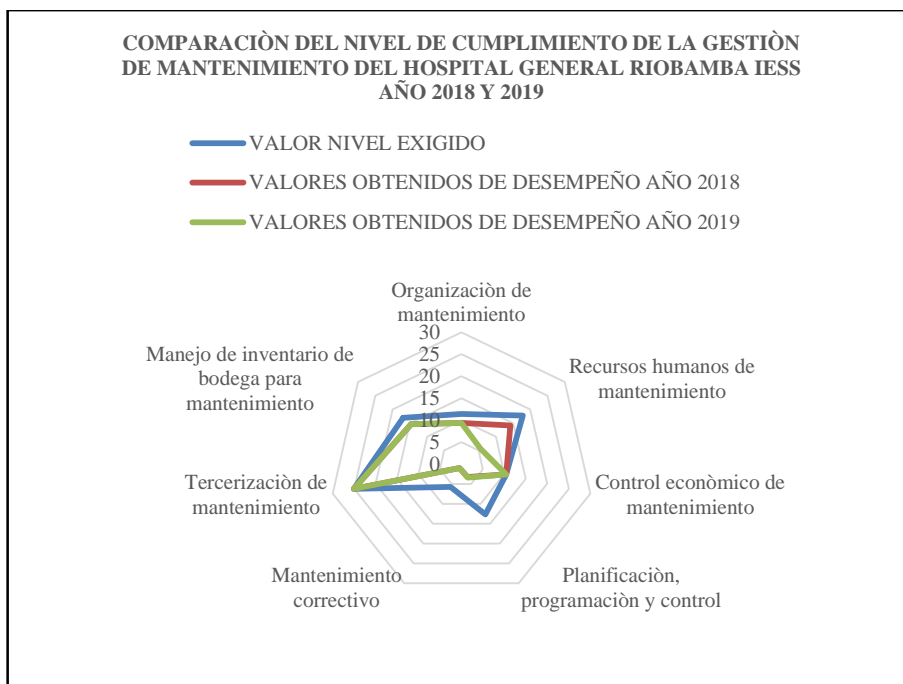


Gráfico 1-3: Gráfico de comparación del nivel de cumplimiento del Hospital General Riobamba IESS año 2018 y 2019

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Del Gráfico 1-3, se concluye:

- El valor más bajo alcanzado en el año 2019 por el Hospital General Riobamba IESS es del criterio de “recursos humanos de mantenimiento” en comparación al año 2018, por lo tanto, se debe mejorar dicho criterio aumentando la cantidad de personal de mantenimiento, realizando capacitaciones y entrenamiento.
- Por otro lado; el criterio de planificación, programación y control mejoró en 0,19% respecto al año anterior, por el cual, al desarrollar el plan de mantenimiento preventivo de los equipos médicos e industriales de las áreas restantes, mejorará la valoración de este criterio.

En la Tabla 13-3, se indica las acciones de mejora en los diferentes criterios para la gestión del mantenimiento del Hospital General Riobamba IESS.

Tabla 13-3: Acciones de mejora para el Hospital General Riobamba IESS

Nº	CRITERIO	PORCENTAJE A MEJORAR		ACCIÓN DE MEJORA
		2018	2019	
1.	RH: Recursos humanos	3,64/ 17,8%	12,23/17,8%	-Aumentar la cantidad de personal de mantenimiento, realizar capacitaciones y entrenamiento.
2.	PP: Planificación, programación y control	9,42/12,61%	9,23/12,61%	-Desarrollar el plan de mantenimiento preventivo de los equipos médicos e industriales de las áreas restantes, en el que consten las horas hombres, tiempo de parada y procedimiento de ejecución.

Siguiente

Continúa

3.	MC: Mantenimiento correctivo	4,72/5,7%	4,72/5,7%	-Registrar el modo y el efecto del fallo. -Determinar las causas de los fallos por medio de las metodologías Ishikawa, Análisis Causa Raíz (ACR), etc.
4.	OM: Organización del mantenimiento	2,00/11,4%	2,00/11,4%	-Realizar el cálculo de los indicadores de gestión de mantenimiento: Disponibilidad, tiempo medio de reparación y tiempo medio entre fallas.
5.	MI: Manejo de inventarios de bodega para mantenimiento	2,33/16,9%	2,33/16,9%	-Realizar verificaciones periódicas para comprobar que una muestra de los ítems de bodega se encuentre correctamente valorado.
6.	TC: Tercerización del mantenimiento	25,09/25,1%	25,09/25,1%	-Realizar supervisiones de los trabajos ejecutados de mantenimiento.
7.	CE: Control económico	0,00/10,4%	0,00/10,4%	-Mantener dicho punto en un nivel satisfactorio.

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

3.2. Diseño del plan de mantenimiento preventivo basado en RCM abreviado

3.2.1. Identificación de las áreas

Para el trabajo de integración curricular; los equipos médicos e industriales fueron analizados en las áreas de pediatría, traumatología, casa de máquinas y piso técnico.

El primer paso para realizar el plan de mantenimiento preventivo, es conocer las máquinas y equipos existentes en las áreas mencionadas anteriormente, las mismas que se detallan a continuación:

3.2.1.1. Pediatría

Es el área, donde prestan atención médica a niños internados de 1 hasta los 12 años. Se encuentra ubicado en el edificio de hospitalización en la sexta planta. Durante la identificación, se verificaron 33 equipos médicos.

3.2.1.2. Traumatología

Se encarga de atender a pacientes internados tanto adultos como niños mayores de 12 años con lesiones del aparato locomotor. Se encuentra ubicada en el edificio de hospitalización en la quinta planta. Se verificaron 25 equipos médicos.

3.2.1.3. Casa de Máquinas

Es el área encargada de generar y distribuir a todo el hospital: agua caliente, agua fría y vapor. Se encuentra ubicado en la parte posterior del edificio administrativo. Cuenta con una cantidad de 22 máquinas industriales y un total de 164 equipos.

3.2.1.4. Piso Técnico

Se encarga de la distribución del aire caliente para las áreas de: neonatología, emergencia, quirófano del día, quirófano central, recuperación del quirófano del día, recuperación de quirófano central y la unidad de cuidados intensivos (UCI). El área se encuentra ubicado en el edificio de hospitalización entre la segunda y tercera planta. Cuenta con 20 máquinas industriales y 240 equipos.

Para ejecutar la planificación del mantenimiento fue necesario identificar todos los activos a mantener dentro de las áreas mencionadas del hospital, para posteriormente realizar un inventario técnico.

3.2.2. Levantamiento del inventario técnico y niveles jerárquicos de máquinas y equipos

Para realizar la jerarquización del inventario técnico de los activos se ha dividido en dos partes:

- Máquinas y equipos médicos
- Máquinas y equipos industriales

La recopilación de los datos se ha realizado en base a una inspección en las áreas (pediatría, traumatología, casa de máquinas y piso técnico) y a la información otorgada por el departamento de mantenimiento, los niveles jerárquicos identificados se muestran a continuación:

Nivel 1- Localización:

En el nivel jerárquico de localización indica la ubicación de las unidades médicas, las cuales son:

- Hospital General Ambato IESS
- Hospital General Riobamba IESS

Nivel 2- Áreas:

Dentro del Hospital General Riobamba IESS las áreas analizadas son:

- Pediatría
- Traumatología
- Casa de Máquinas
- Piso Técnico

Nivel 3- Sistemas/ Máquinas

En este nivel se enlistaron todos los sistemas o máquinas que se encontraron en las áreas expuestas anteriormente. En la Tabla 14-3, se visualiza un ejemplo de los sistemas médicos e industriales encontrados en las áreas de pediatría y casa de máquinas.

El inventario jerárquico de los sistemas/máquinas restantes de las cuatro áreas, se muestran en el ANEXO B.

Tabla 14-3: Sistemas médicos (Pediatria) y sistemas industriales (Casa de Máquinas)

ÁREA	SISTEMA
PEDIATRÍA	Balanza mecánica
	Laringoscopio neonatal
	Set de diagnóstico
	Lámpara de exámen
	Oxímetro de pulso
	Bomba de infusión
CASA DE MÁQUINAS	Sistema de bombeo de combustible para calderas
	Caldera pirotubular
	Sistema de agua caliente
	Sistema de ablandador para caldera

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Nivel 4 - Equipos:

Se encuentran enlistados todos los equipos que conforman cada sistema / máquina sea médico o industrial.

En la Tabla 15-3, se especifican los equipos que contiene la bomba de infusión y caldera pirotubular.

Tabla 15-3: Equipos médicos (Bomba de infusión) y equipos industriales (Caldera pirotubular)

SISTEMA	EQUIPO
PEDIATRÍA	
Bomba de infusión	Bomba de infusión
CASA DE MÁQUINAS	
Caldera pirotubular	Caldera
	Quemador
	Ventilador radial
	Motor eléctrico del ventilador radial
	Bomba de inyección del combustible
	Motor eléctrico de la bomba de inyección de combustible
	Accesorios de seguridad
	Accesorios de control
	Válvulas, accesorios y tuberías de salida de vapor
Tablero de control	

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

En el ANEXO B se visualiza el inventario jerárquico de todos los equipos restantes.

3.2.3. Codificación de las máquinas y equipos médicos e industriales.

Para realizar la codificación, se toma en cuenta el inventario técnico con los niveles jerárquicos mencionados en el capítulo II.

Las máquinas y equipos de las áreas de pediatría, traumatología, casa de máquinas y piso técnico se codificaron de la siguiente manera:

Nivel 1- Localización:

Con la explicación realizada en el capítulo II (Figura 4-2), la codificación establecida en el nivel 1 es un código de dos dígitos alfabéticos y tres dígitos numéricos como se muestra en la Tabla 16-3.

Tabla 16-3: Codificación nivel 1-localización

Código	Descripción
UM800	Hospital General Riobamba IESS
UM704	Hospital General Ambato IESS

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Es importante recalcar que la codificación establecida en este nivel está estandarizada para todos los hospitales del IESS a nivel nacional.

Nivel 2- Áreas:

La codificación que se establece para el nivel 2 es un código alfabético de cuatro dígitos (Ver Tabla 17-3)

Tabla 17-3: Codificación nivel 2- área

Código		Descripción
Nivel 1	Nivel 2	
UM800	PEDT	PEDIATRÍA
UM800	TRAU	TRAUMATOLOGÍA
UM800	CDMA	CASA DE MÁQUINAS
UM800	PTEC	PISO TÉCNICO

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Nivel 3- Sistemas/ Máquinas:

La codificación que se establece para el nivel 3 es un código alfabético de cuatro dígitos y tres dígitos numéricos.

En la Tabla 18-3, se visualiza un ejemplo de codificación para los sistemas médicos e industriales encontrados en las áreas de pediatría y casa de máquinas.

Tabla 18-3: Codificación nivel 3- sistemas/máquinas

Código			Descripción
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
PEDIATRÍA			
UM800	PEDT	PEDT -001	BALANZA MÉCANICA
UM800	PEDT	PEDT -002	LARINGOSCOPIO NEONATAL
UM800	PEDT	PEDT -003	SET DE DIAGNÓSTICO
UM800	PEDT	PEDT -004	LÁMPARA DE EXÁMEN
UM800	PEDT	PEDT -005	OXÍMETRO DE PULSO
UM800	PEDT	PEDT -006	BOMBA DE INFUSIÓN
CASA DE MÁQUINAS			
UM800	CDMA	CDMA-001	SISTEMA DE BOMBEO DE COMBUSTIBLE PARA CALDERAS
UM800	CDMA	CDMA-002	CALDERA PIROTUBULAR 3- SUPERIOR BOILER-BURNER
UM800	CDMA	CDMA-003	CALDERA PIROTUBULAR 1-YORK SHIPLEY GLOBAL

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

La codificación de los sistemas / máquinas restantes de las cuatro áreas, se muestran en el ANEXO B.

Nivel 4 - Equipos:

La codificación que se establece para el nivel 4 es un código alfabético de tres dígitos y dos dígitos numéricos. En la Tabla 19-3, se muestra la codificación establecida para una bomba de infusión y caldera pirotubular de las áreas seleccionadas del ejemplo anterior.

Tabla 19-3: Codificación del nivel 4- equipos médicos e industriales

Código				Descripción		
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4			
PEDIATRÍA (BOMBA DE INFUSIÓN)						
UM800	PEDT	PEDT-006	H	BI	01	Bomba de infusión
CASA DE MÁQUINAS (CALDERA PIROTUBULAR)						
UM800	CDMA	CDMA-002	M	CH	01	Caldera
UM800	CDMA	CDMA-002	M	QM	01	Quemador
UM800	CDMA	CDMA-002	M	VV	01	Ventilador radial
UM800	CDMA	CDMA-002	E	ME	01	Motor eléctrico del ventilador radial
UM800	CDMA	CDMA-002	M	BB	01	Bomba de inyección del combustible
UM800	CDMA	CDMA-002	E	ME	02	Motor eléctrico de la bomba de inyección de combustible
UM800	CDMA	CDMA-002	M	AD	01	Accesorios de seguridad
UM800	CDMA	CDMA-002	I	AC	01	Accesorios de control
UM800	CDMA	CDMA-002	M	EQ	01	Válvulas, accesorios y tuberías de salida de vapor
UM800	CDMA	CDMA-002	E	TC	01	Tablero de control

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Las codificaciones completas de los equipos restantes se encuentran en el ANEXO B.

3.2.4. Ficha técnica

En la Tabla 20-3 se muestra un ejemplo aplicativo de ficha técnica de un equipo médico (bomba de infusión) y en la Tabla 21-3 de equipo industrial (quemador) que pertenece al sistema caldera pirotubular.

Tabla 20-3: Ficha Técnica equipo médico- Bomba de infusión

Ficha Técnica para equipos					
Equipo:	Bomba de infusión	Código:	PEDT-006		
Ubicación:	Pediatría	Año de fabricación:	2016		
Proveedor:	ALEM	Fotografía:			
<u>Datos Técnicos</u>					
Marca:	FRESENIUS				
Modelo:	VOLUMAT MC AGILIA CO				
Número de serie:	019141-23617755				
<u>Especificaciones del equipo</u>		<u>Dimensiones:</u>			
Principales componentes:	Sensores, tarjeta madre	Peso	Alto	Ancho	Largo
Año de fabricación:	2016	2 kg	17 cm	13 cm	19 cm
<u>Condiciones Generales:</u>					
Años de servicio:	2 años				
Actividad:	Dispositivo eléctrico utilizado para suministrar sustancias por vía intravenosa, por medio de su programación de forma controlada.				
Situación actual:	Operativa				
Criticidad:	Crítico				
Observaciones:					

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Tabla 21-3: Ficha Técnica equipo industrial-Quemador

Ficha Técnica para equipos					
Equipo:	Quemador	Código:	CDMA-003		
Ubicación:	Casa de Máquinas	Año de fabricación:	2015		
Proveedor:		Fotografía:			
<u>Datos Técnicos</u>					
Marca:	WEISHAUPT				
Modelo:	WM-L30/2-A				
Número de serie:	40293212				
<u>Especificaciones del equipo</u>		<u>Dimensiones:</u>			
Principales componentes:	Electroválvulas, sensores, programador.	Peso	Alto	Ancho	Largo
Año de fabricación:	2015	159 kg	90 cm	40 cm	120 cm
<u>Condiciones Generales:</u>					
Años de servicio:	2 años				
Actividad:	Mezcla el combustible con el aire para producir una llama que inicia la combustión. Sirve para regular la llama según los requerimientos de la caldera.				
Situación actual:	Operativo				
Criticidad:	Crítico				
Observaciones:					

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

En la Tabla 22-3, se indica los datos recolectados de los equipos de las áreas analizadas.

Tabla 22-3: Ficha técnica de migración

FICHA TÉCNICA DE MIGRACIÓN					
Código			Marca	Modelo	No. Serie
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3			
TRAUMATOLOGÍA					
UM800	TRAU	TRAU-001	DETECTO	CARDINAL 750	E31807-0489
PEDIATRIA					
UM800	PEDT	PEDT-004	WELCH ALLYN	GS300	Ord.122
UM800	PEDT	PEDT-006	FRESENIUS	VOLUMAT MC AGILIA CO	019141-23617755
CASA DE MÁQUINAS					
UM800	CDMA	CDMA-002	MOHAWK	4-6.38-1276	11433
UM800	CDMA	CDMA-002	IC	DL-145S	31828-1
PISO TÉCNICO					
UM800	PTEC	PTEC-001	COMEFRI	FAN ATLI 10-10R	2008/35

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

En el ANEXO C, se encuentran las fichas técnicas restantes de los equipos médicos e industriales de las áreas mencionadas.

3.2.5. Determinación de la criticidad de las máquinas y equipos médicos e industriales

3.2.5.1. Análisis de criticidad para equipos médicos.

Para el análisis de criticidad de los equipos médicos la OMS define criterios que deben ser evaluados los cuales fueron descritos en el capítulo II en las Tablas 12-2, 13-2, 14-2 y 15-2.

En la Tabla 21-3; se observa un ejemplo ilustrativo del análisis de criticidad de la bomba de infusión, donde su función es inyectar fluidos, nutrientes o medicación en el sistema circulatorio del paciente. La puntuación de cada criterio, se estableció mediante consultas al personal médico y de mantenimiento.

Tabla 23-3: Ejemplo de análisis de criticidad equipo médico-Bomba de infusión

Nombre del equipo médico:	BOMBA DE INFUSIÓN	
Criterio	Puntuación	Descripción
CRITERIO 1 (C1): Función del equipo	8	Tiene la valoración de 8 por ser utilizado para un determinado tratamiento.
CRITERIO 2 (C2): Riesgo físico relacionado con la aplicación clínica	4	Su valoración es 4 por presentar un posible riesgo de lesión al paciente.
CRITERIO 3 (C3): Requisitos de mantenimiento	3	Tiene la valoración de 3 por ser necesario realizar pruebas de funcionamiento y seguridad.
CRITERIO 4 (C4): Antecedentes del problema del equipo	+1	Su valoración es +1 por presentar averías moderadas entre los 6 a 9 meses.

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Registrada la puntuación de cada criterio; se procedió a realizar el cálculo del número de gestión (GE) con la ecuación 1-2, expuesta en el capítulo II.

$$GE = 8 + 4 + 3 + 1 = 16$$

En el ejemplo aplicativo; se observa que el número GE es superior a 12, por lo tanto, según los lineamientos en la documentación de la OMS, el equipo es crítico. (Ver Tabla 16-2)

El análisis de criticidad de los equipos médicos de las áreas de pediatría y traumatología se indica en la Tabla 24-3. Siendo C1: Función del equipo, C2: Riesgo físico relacionado con la aplicación clínica, C3: Requisitos de mantenimiento y C4: Antecedentes del problema del equipo.

Tabla 24-3: Análisis de criticidad de equipos médicos

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS MÉDICOS						
Nombre del activo:	C1	C2	C3	C4	Valor GE	Criticidad
PEDIATRÍA						
Balanza Mecánica	2	2	3	0	7	No crítico
Laringoscopio Neonatal	6	2	2	0	10	No crítico
Set de Diagnóstico Portátil	6	3	3	-1	11	No crítico
Lámpara de examen	2	2	3	0	7	No crítico
Oxímetro de Pulso	6	3	3	1	13	Crítico
TRAUMATOLOGÍA						
Balanza eléctrica	2	2	3	0	7	No crítico
Lámpara de examen	2	2	3	0	7	No crítico
Electrocardiógrafo	6	3	3	1	13	Crítico
Set de Diagnóstico	6	3	3	-1	11	No crítico
Laringoscopio	6	2	2	0	10	No crítico

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

El análisis de criticidad de los equipos médicos restantes se encuentra en el ANEXO D.

RESULTADO:

Como resultado del análisis de criticidad del área de pediatría de un total de 33 equipos médicos se obtuvo: 26 equipos críticos y 7 equipos no críticos que representa el 79% y 21%. (Ver Gráfico 2-3)

En el área de traumatología de un total de 25 equipos médicos se obtuvo: 20 equipos críticos y 5 equipos no críticos que representa el 80% y 20%. (Ver Gráfico 3-3)

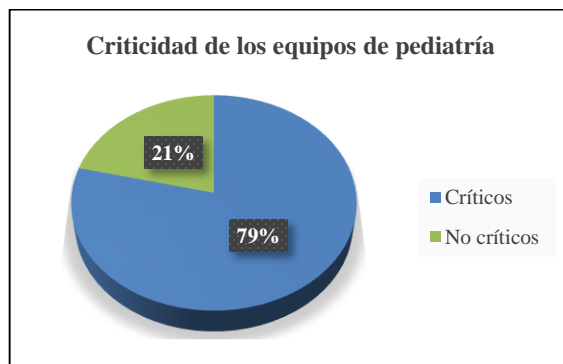


Gráfico 2-3: Criticidad de los equipos médicos del área de pediatría

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

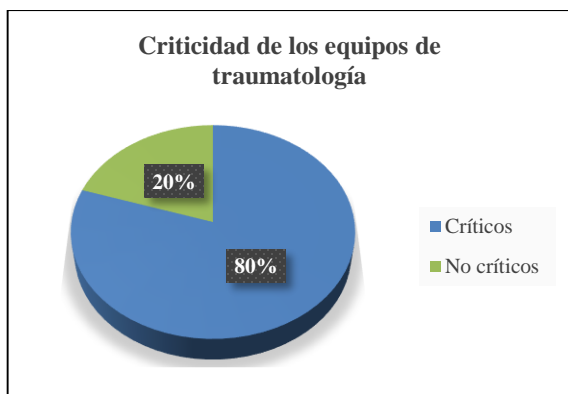


Gráfico 3-3: Criticidad de los equipos médicos del área de traumatología
Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

3.2.5.2. Análisis de criticidad para máquinas y equipos industriales.

El análisis de criticidad de las máquinas y equipos industriales fue realizado mediante los criterios expuestos por García (2003), los cuales se encuentran detallados en el capítulo II en la Tabla 16-2.

Para determinar la criticidad de este tipo de máquinas y equipos, se realizaron varias preguntas en base a criterios como: seguridad / medio ambiente, producción, calidad y mantenimiento, los cuales definen si el activo es crítico (A), importante (B) o prescindible (C).

En la Tabla 25-3; se muestra un ejemplo del cálculo de la criticidad aplicado a un quemador, sustentando las respuestas a las preguntas mediante entrevistas al personal encargado de las áreas (casa de máquinas y piso técnico) y a empresas externas que realizan mantenimiento.

Tabla 25-3: Ejemplo de análisis de criticidad máquina industrial- Quemador

CATEGORÍAS DE CRITICIDAD	CRITERIOS	PREGUNTAS EN BASE A LA MATRIZ DE CRITICIDAD	SI	NO
CRÍTICO (A)	Seguridad y medio ambiente	¿Puede originar accidentes muy graves?	X	
		¿Necesita revisiones frecuentes mensuales?	X	
		¿Ha producido accidentes en el pasado?		X
	Producción	¿Su parada afecta al plan de producción?	X	
	Calidad	¿Es clave para la calidad del producto?	X	
		¿Es la causante de un alto porcentaje de rechazos?		X
	Mantenimiento	¿Alto coste de reparación en caso de avería?	X	
¿Averías muy frecuentes?			X	
¿Consume una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y materiales)?		X		
IMPORTANTE (B)	Seguridad y medio ambiente	¿Necesita revisiones periódicas (anuales)?	----	----
		¿Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas?	----	----
	Producción	¿Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar al paciente)?	----	----
	Calidad	¿Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático?	----	----
Mantenimiento	¿Coste medio en mantenimiento?	----	----	

Siguiente

Continúa

PRESCINDIBLE (C)	Seguridad y medio ambiente	¿Poca influencia en seguridad?	----	----
	Producción	¿Poca influencia en producción?	----	----
	Calidad	¿No afecta a la calidad?	----	----
	Mantenimiento	¿Bajo coste de mantenimiento?	----	----

Fuente: Organización y Gestión Integral de Mantenimiento (García, 2003)

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Cabe recalcar que basta que una de las respuestas sea positiva dentro de las categorías para determinar la criticidad del equipo. En el ejemplo mostrado en la Tabla 25-3, se determinó que el quemador es crítico que pertenece al sistema caldera pirotubular dentro del área de casa de máquinas.

El análisis de criticidad realizado para máquinas industriales del área de casa de máquinas y piso técnico, se indican en la Tabla 26-3. Y para las máquinas y equipos industriales restantes se encuentran en el ANEXO E.

Tabla 26-3: Análisis de criticidad sistemas/máquinas industriales

ANÁLISIS DE CRITICIDAD	Seguridad y medio ambiente			Producción			Calidad			Mantenimiento			CRITICIDAD
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
CASA DE MÁQUINAS													
Sistema de bombeo de combustible para calderas	X			X			X						Crítico
Caldera pirotubular	X			X			X			X			Crítico
Sistema de agua caliente	X			X									Crítico
Sistema de ablandador para caldera		X			X			X			X		Importante
Sistema de distribución de vapor	X			X			X						Crítico
Sistema de dosificador de químicos para caldero		X			X			X			X		Importante
PISO TÉCNICO													
Sistema de extracción de aire de neonatología 01	X			X			X			X			Crítico
Unidad manejadora de aire de neonatología 01	X			X			X			X			Crítico
Sistema de extracción de aire quirófano del día	X			X			X			X			Crítico
Sistema de recirculación de aire de neonatología01	X			X			X			X			Crítico
• C:Crítico * B: importante * C: Prescindible													

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD (MÁQUINAS):

El resultado del análisis de criticidad del área de casa de máquinas de un total de 22 sistemas / máquinas industriales se obtuvo: 14 sistemas críticos, 8 sistemas importantes y 0 sistemas prescindibles que representa el 67%, 33 % y 0%. (Ver Gráfico 4-3).

En el área de piso técnico de un total de 20 sistemas / máquinas industriales se obtuvo: 18 sistemas

críticos, 2 sistemas importantes y 0 sistemas prescindibles que representa el 90%, 10% y 0%. (Ver Gráfico 5-3)

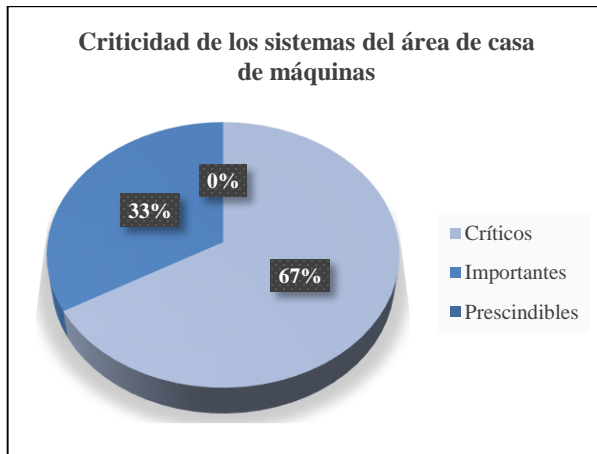


Gráfico 4-3: Criticidad de los sistemas / máquinas del área de casa de máquinas

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

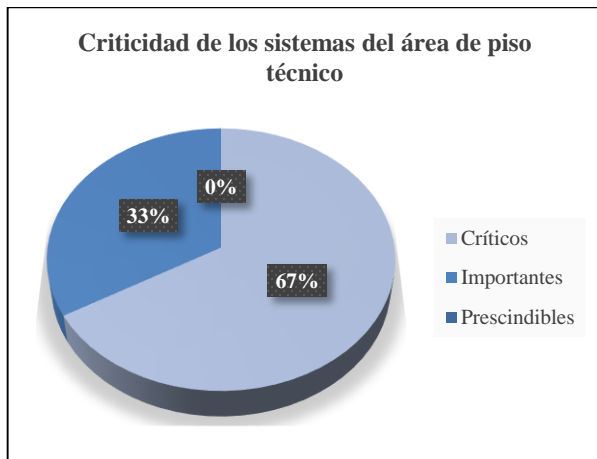


Gráfico 5-3: Criticidad de los sistemas/ máquinas del área de piso técnico

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD (EQUIPOS):

En el área de casa de máquinas de un total de 164 equipos industriales se obtuvo: 31 equipos críticos, 108 equipos importantes y 25 equipos prescindibles que representa el 19 %, 66% y 15 %. (Ver Gráfico 6-3)

En piso técnico de un total de 240 equipos industriales se obtuvo: 68 equipos críticos, 102 equipos importantes y 70 equipos prescindibles que representa el 28%, 43% y 29%. (Ver Gráfico 7-3)

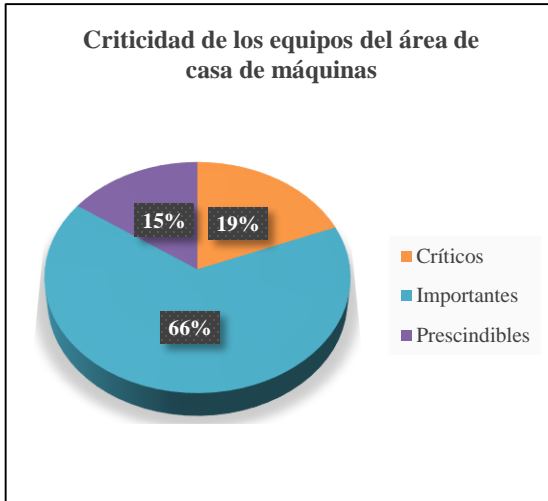


Gráfico 6-3: Criticidad de los equipos del área de casa de máquinas
Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.



Gráfico 7-3: Criticidad de los equipos del área de piso técnico
Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

3.2.6. Selección del modelo de mantenimiento.

Después de realizar el análisis de criticidad, se procedió a seleccionar el modelo de mantenimiento utilizando el flujograma de la Figura 1-3. Donde es necesario tener en cuenta el porcentaje de uso de los sistema y equipo dentro de las áreas analizadas. (Ver capítulo II, Tabla 17-2).

En la Figura 1-3 y Tabla 27-3; se observa un ejemplo ilustrativo para la selección del modelo de mantenimiento de un equipo médico (bomba de infusión), la decisión fue tomada en base a consultas realizadas al personal médico y personal de mantenimiento.

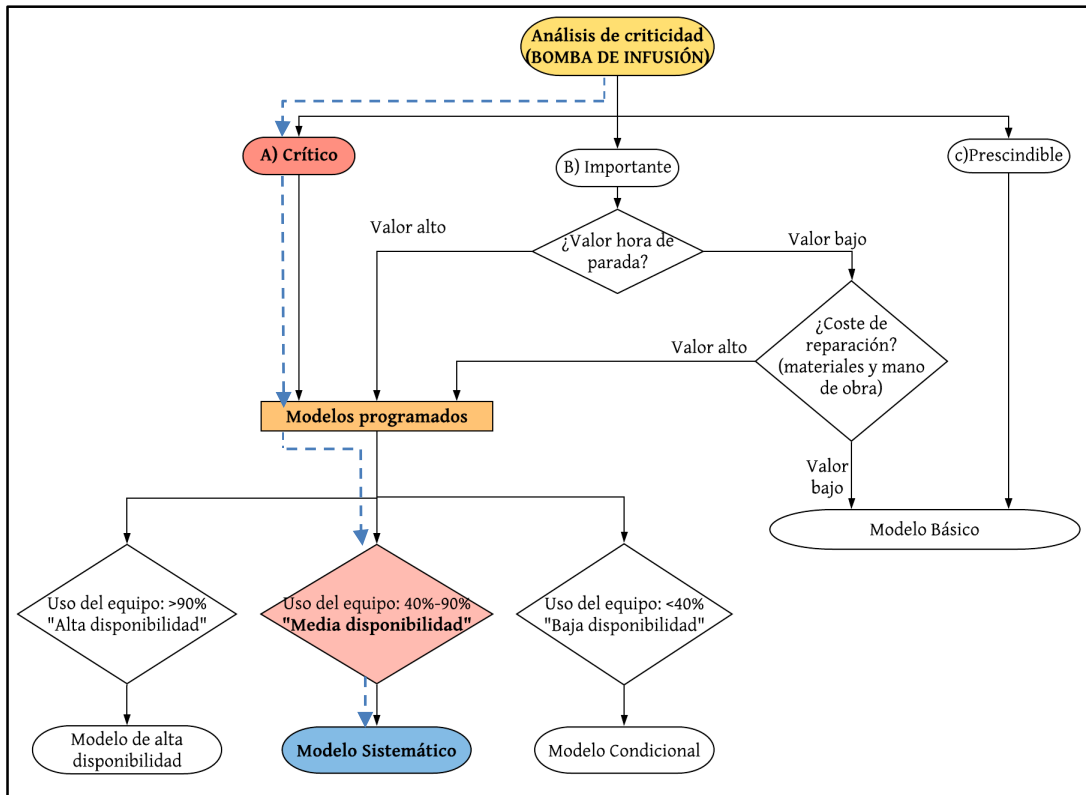


Figura 1-3: Modelo de mantenimiento de bomba de infusión

Realizado: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Tabla 27-3: Ejemplo de selección del modelo de mantenimiento de equipo médico- Bomba de Infusión

PASOS	EJEMPLO DE SELECCIÓN DEL MODELO DE MANTENIMIENTO (BOMBA DE INFUSIÓN)
PASO 1.	Con la criticidad ya determinada de la bomba de infusión (crítica), nos ubicamos en el flujograma de la figura 1-3.
PASO 2.	Se procede a tomar una decisión con respecto a los modelos programados, tomando en cuenta el porcentaje de uso de la bomba de infusión dentro del área de pediatría. En base a la información otorgada por el personal médico es usado en un 70% encontrándose en el rango de 40 % a 90 %, obteniendo así una “media disponibilidad”.
PASO 3.	Una vez determinada la disponibilidad del equipo se procedió a seleccionar el modelo de mantenimiento, alcanzando como resultado un “modelo sistemático”.

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Para equipos médicos del área de pediatría y traumatología, la selección del modelo de mantenimiento se indica en la Tabla 28-3. El resto de los equipos médicos se encuentra en el ANEXO D.

Tabla 28-3: Selección del modelo de mantenimiento equipos médicos

SELECCIÓN DEL MODELO DE MANTENIMIENTO EQUIPOS MÉDICOS			
Nombre del activo:	Criticidad	Disponibilidad	Modelo de mantenimiento
PEDIATRÍA			
Balanza Mecánica	No crítico	Baja	Básico
Laringoscopio Neonatal	No crítico	Baja	Básico
Set de Diagnóstico Portátil	No crítico	Baja	Básico
Lámpara de exámen	No crítico	Baja	Básico

Siguiente

Continúa

Oxímetro de Pulso	Crítico	Media	Sistemático
TRAUMATOLOGÍA			
Balanza eléctrica	No crítico	Baja	Básico
Lámpara de examen	No crítico	Baja	Básico
Electrocardiografo	Crítico	Media	Sistemático
Set de Diagnóstico	No crítico	Baja	Básico
Laringoscopio	No crítico	Baja	Básico

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

En la Figura 2-3 y Tabla 29-3; se observa un ejemplo ilustrativo para la selección del modelo de mantenimiento de un equipo industrial (quemador), la decisión fue tomada en base a consultas realizadas al personal de mantenimiento.

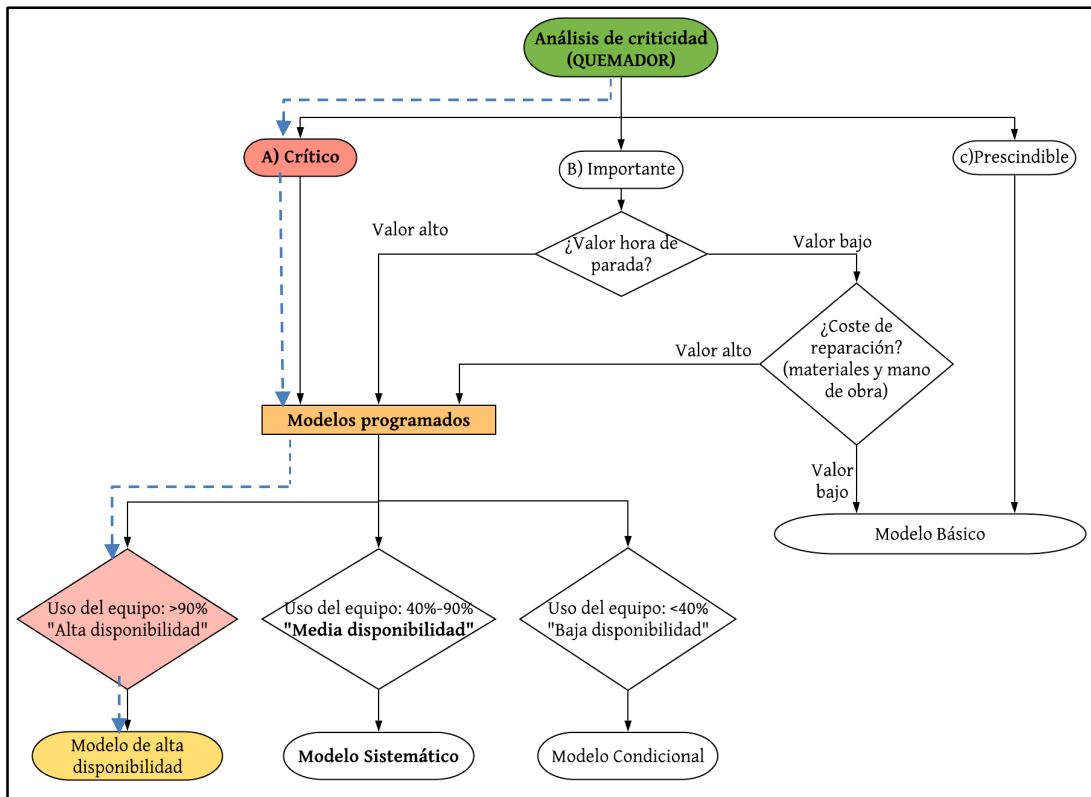


Figura 2-3: Modelo de mantenimiento de un quemador

Realizado: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Tabla 29-3: Ejemplo de selección del modelo de mantenimiento de un equipo industrial- Quemador

PASOS	EJEMPLO DE SELECCIÓN DEL MODELO DE MANTENIMIENTO (QUEMADOR)
PASO 1.	Con la criticidad ya determinada del quemador (crítica), nos ubicamos en el flujograma de la figura 2-3.
PASO 2.	Se procede a tomar una decisión con respecto a los modelos programados, tomando en cuenta el porcentaje de uso del quemador en el sistema de la caldera pirrotubular dentro del área de casa de máquinas. En base a la información otorgada por el personal de mantenimiento es usado mayor a 90 %, obteniendo así una “alta disponibilidad”.
PASO 3.	Una vez determinada la disponibilidad del equipo se procedió a seleccionar el modelo de mantenimiento, alcanzando como resultado un “modelo de alta disponibilidad”.

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Para máquinas industriales del área de casa de máquinas y piso técnico, la selección del modelo de mantenimiento se muestra en la Tabla 30-3 y para el resto de máquinas y equipos industriales se encuentran en el ANEXO E.

Tabla 30-3: Selección del modelo de mantenimiento de máquinas industriales

SELECCIÓN DEL MODELO DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS INDUSTRIALES			
Descripción	Criticidad	Disponibilidad	Modelo de mantenimiento
CASA DE MÁQUINAS			
Sistema de bombeo de combustible para calderas	Crítico	Media	Sistemático
Caldera pirotubular	Crítico	Alta	Alta disponibilidad
Sistema de agua caliente	Crítico	Alta	Alta disponibilidad
Sistema de ablandador para caldera	Importante	Media	Sistemático
Sistema de distribución de vapor	Crítico	Alta	Alta disponibilidad
Sistema de dosificador de químicos para caldero	Importante	Media	Sistemático
PISO TÉCNICO			
Sistema de extracción de aire de neonatología 01	Crítico	Media	Sistemático
Unidad manejadora de aire de neonatología 01	Crítico	Media	Sistemático
Sistema de extracción de aire quirófano del día	Crítico	Media	Sistemático
Sistema de recirculación de aire de neonatología01	Crítico	Media	Sistemático

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

3.2.7. Aplicación de la metodología del RCM Abreviado.

Una vez determinado el modelo de mantenimiento; para la obtención del plan de mantenimiento, se aplicó la metodología del RCM abreviado, ejecutando los siguientes pasos (ver Figura 3-3):

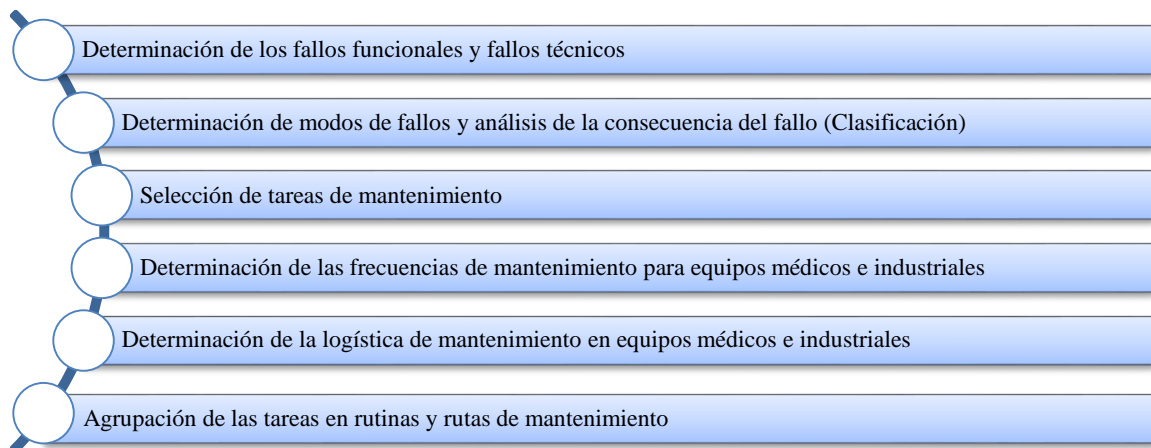


Figura 3-3: Pasos para la aplicación del RCM Abreviado.

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

3.2.7.1. Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos.

En los equipos médicos e industriales es necesario realizar una lista de todos los fallos, donde pueden ser funcionales o técnicos, siendo fuentes de consulta: bitácoras, manuales y la experiencia del personal técnico.

En la Tabla 31-3, se indica ejemplos aplicativos de un equipo médico (bomba de infusión) y de un equipo industrial (quemador) que pertenece al sistema caldera piro-tubular.

Tabla 31-3: Lista de fallos en equipos médicos e industriales

Equipo	Fallo	Tipo de fallo
EQUIPO: BOMBA DE INFUSIÓN		
Bomba de infusión	Alarmas activadas al mismo tiempo	Funcional
	Flujo incorrecto de medicamento, nutrientes o fluidos	Funcional
	La bomba enciende pero no realiza infusión	Funcional
	El equipo no se enciende cuando se enchufa	Funcional
	Fuga de medicamento, nutrientes o fluidos	Técnico
EQUIPO: QUEMADOR		
Quemador	Se pone en marcha y se bloquea	Funcional
	El quemador se bloquea sin aparición de llama	Funcional
	No se pone en marcha	Funcional
	Encendido con desprendimiento de llama o pulsaciones	Funcional
	El quemador no pasa a segunda etapa	Técnico

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Los fallos de los equipos restantes se encuentran en el ANEXO F.

3.2.7.2. Determinación de modos de fallo y análisis de la consecuencia del fallo (Clasificación)

Luego de determinar los fallos, se procedió a buscar los modos de fallos presentados en los equipos con su respectiva clasificación (a evitar o amortiguar).

Los pasos para determinar los modos de fallo y su clasificación se indica en la Tabla 32-3.

Tabla 32-3: Pasos para determinar los modos de fallo y su clasificación

PASOS	EJEMPLO APLICATIVO DE UNA BOMBA DE INFUSIÓN								
PASO 1: Se selecciona un fallo con su respectivo tipo de fallo de un determinado equipo.	FALLO: Flujo incorrecto de medicamento, nutrientes o fluidos TIPO DE FALLO: Funcional								
PASO2: Se determina todas las posibles causas que ocasionan el fallo en base a la experiencia del personal técnico, equipos similares y manuales.	MODOS DE FALLO: -Velocidad de infusión incorrecta -Botones, controles defectuosos -Presión incorrecta								
PASO 3. Se toma en cuenta el modelo de mantenimiento determinado anteriormente, para el equipo analizado.	MODELO DE MANTENIMIENTO: Sistemático								
PASO 4. Se revisa la tabla 18-2, donde muestra los criterios de las formas de actuación ante un fallo. En este paso se procede a ubicar en la tabla el modelo de mantenimiento y el tipo de fallo determinado, en donde nos indica la clasificación del fallo para cada modo de fallo.	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;">MODOS DE FALLO:</td> <td style="width: 40%;">CLASIFICACIÓN DEL FALLO</td> </tr> <tr> <td>-Velocidad de infusión incorrecta</td> <td>A evitar</td> </tr> <tr> <td>-Botones, controles defectuosos</td> <td>A evitar</td> </tr> <tr> <td>-Presión incorrecta</td> <td>A evitar</td> </tr> </table>	MODOS DE FALLO:	CLASIFICACIÓN DEL FALLO	-Velocidad de infusión incorrecta	A evitar	-Botones, controles defectuosos	A evitar	-Presión incorrecta	A evitar
MODOS DE FALLO:	CLASIFICACIÓN DEL FALLO								
-Velocidad de infusión incorrecta	A evitar								
-Botones, controles defectuosos	A evitar								
-Presión incorrecta	A evitar								

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Una muestra de los modos de fallo y su clasificación se indica en la Tabla 33-3, para la bomba de infusión y el quemador.

Tabla 33-3: Modos de fallos y clasificación de equipo médico e industrial

Equipo	Fallo	Tipo de fallo	Modo de fallo	Clasificación del fallo
EQUIPO: BOMBA DE INFUSIÓN				
Bomba de infusión	Alarmas activadas al mismo tiempo	Funcional	Sensor de aire, de presión, de gotas, magnético de posición de puerta defectuosos	A evitar
	Flujo incorrecto de medicamento, nutrientes o fluidos	Funcional	Velocidad de infusión incorrecta	A evitar
			Botones, controles defectuosos	A evitar
			Presión incorrecta	A evitar
	La bomba enciende pero no realiza infusión	Funcional	Mecanismo peristáltico sucio	A evitar
			Tarjeta madre defectuoso	A evitar
	El equipo no se enciende cuando se enchufa	Funcional	Conexión de alimentación de CA defectuosa.	A evitar
Fusible de CA fundido			A evitar	
Batería baja, no carga o defectuosa			A evitar	
Fuga de medicamento, nutrientes o fluidos	Técnico	Set de perfusión intravenoso deteriorado.	A amortiguar	
EQUIPO: QUEMADOR				
Quemador	Se pone en marcha y se bloquea	Funcional	Separación inadecuada de los electrodos de ignición	A evitar
			Sensor de llama defectuoso	A evitar
	El quemador se bloquea sin aparición de llama	Funcional	No hay paso de combustible	A evitar
			Válvula de combustible sucia	A evitar
	No se pone en marcha	Funcional	Conexión eléctrica de la válvula solenoide floja	A evitar
			Termostato de seguridad o de límite abierto	A evitar
	Encendido con desprendimiento de llama o pulsaciones	Funcional	Mala regulación del aire y combustible	A evitar
			Presión de la bomba no adecuada	A evitar
	El quemador no pasa a segunda etapa	Técnico	Caja de control defectuosa.	A amortiguar
Servomando defectuoso			A amortiguar	
Bobina de la electro válvula de segunda etapa defectuosa.			A amortiguar	

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

El análisis completo de los equipos restantes se presenta en el ANEXO F.

3.2.7.3. Selección de tareas de mantenimiento.

Las tareas de mantenimiento tienen el objetivo de minimizar sus efectos o evitar el fallo. En la Tabla 34-3, se muestran los pasos para su selección.

Tabla 34-3: Pasos para la selección de tareas de mantenimiento.

PASOS	EJEMPLO APLICATIVO DE UNA BOMBA DE INFUSIÓN
PASO 1. Del ejemplo de la tabla 32-3, se selecciona un modo de fallo con su respectiva clasificación.	MODO DE FALLO: Presión incorrecta CLASIFICACIÓN DEL FALLO: A evitar
PASO 2. Se toma en cuenta el modelo de mantenimiento determinado anteriormente, para el equipo analizado.	MODELO DE MANTENIMIENTO: Sistemático
PASO 3. Se revisa la tabla 22-2 donde indica las tareas de mantenimiento en base a la determinación del modelo de mantenimiento.	Al ser un modelo sistemático se puede elegir tareas desde el tipo 1 hasta el tipo 9 dependiendo de la clasificación del fallo a evitar. (Ver tabla 22-2)
PASO 4. Se determina las tareas de mantenimiento buscando eliminar o reducir el modo de fallo seleccionado.	MODO DE FALLO: Presión incorrecta TAREA DE MANTENIMIENTO: Verificación de la presión. Calibración de la presión.

Siguiente

Continua

PASO 5: Se procede a codificar las tareas en base a la tabla 35-3.	CÓDIGO DE LA TAREA T:B004 T:D003	TAREA DE MANTENIMIENTO: Verificación de la presión. Calibración de la presión.
--	--	--

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Tabla 35-3: Tipo de tareas de mantenimiento

CATEGORÍAS	TIPO DE TAREAS
T: A	Tareas de lubricación
T: B	Tareas de inspecciones preventivas
T: C	Tareas de inspecciones predictivas
T: D	Tareas de trabajos preventivos
T: E	Tareas de reemplazos

Fuente: sismac.net

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

La selección de tareas del ejemplo anterior para el equipo médico (bomba de infusión) y equipo industrial (quemador) se visualiza en la Tabla 36-3.

Tabla 36-3: Selección de tareas de mantenimiento de equipo médico e industrial.

Equipo	Modo de fallo	Clasificación del fallo	Código de la tarea	Tarea de mantenimiento
EQUIPO: BOMBA DE INFUSIÓN				
Bomba de infusión	Sensor de aire, de presión, de gotas, magnético de posición de puerta defectuosos	A evitar	T:B001	Inspección del estado de los sensores de: aire, de presión, de gotas, magnético de posición de puerta
			T:D001	Limpieza de los sensores de: aire, de presión, de gotas, magnético de posición de puerta
	Velocidad de infusión incorrecta	A evitar	T:B002	Verificación de la velocidad de infusión
			T:B003	Verificación del funcionamiento del equipo en todas las modalidades.
	Botones, controles defectuosos	A evitar	T: D002	Comprobar que todos los controles, botones, indicadores y pantallas funcionen adecuadamente
	Presión incorrecta	A evitar	T:B004	Verificación de la presión.
			T:D003	Calibración de la presión.
	Mecanismo peristáltico sucio	A evitar	T:B005	Inspección del estado del mecanismo peristáltico
			T:D004	Limpieza interna y externa del equipo
	Tarjeta madre defectuoso	A evitar	T:B006	Inspección del estado de la tarjeta madre
			T:D005	Limpieza de la tarjeta madre
Conexión de alimentación de CA defectuosa.	A evitar	T:B007	Inspección de la fuente de alimentación de CA, enchufes, los protectores y cable de alimentación	
		T:D006	Medición de continuidad en el cable de alimentación	
Fusible de CA fundido	A evitar	T:B008	Verificar el estado del fusible	
Batería baja, no carga o defectuosa	A evitar	T:D007	Realizar pruebas de funcionamiento de las baterías	
Set de perfusión intravenoso deteriorado.	A amortiguar	T:B009	Inspección del estado del set de perfusión intravenoso.	
EQUIPO: QUEMADOR				
Equipo	Modo de fallo	Clasificación del fallo	Código de la tarea	Tarea de mantenimiento

Siguiente

Continúa

Quemador	Separación inadecuada de los electrodos de ignición	A evitar	T:B001	Inspección del estado de los electrodos de ignición
			T:D001	Limpieza de los electrodos de ignición
			T:D002	Calibración de la distancia de los electrodos de ignición
	Sensor de llama defectuoso	A evitar	T:B002	Inspección del estado del sensor de llama
			T:D003	Limpieza del sensor de llama
	No hay paso de combustible	A evitar	T:B003	Inspección del estado de la boquilla de combustible
			T:D004	Limpieza de filtro de combustible
			T:D005	Limpieza de las incrustaciones de la válvula solenoide de combustible
			T:D006	Limpieza interna y externa del equipo
	Válvula de combustible sucia	A evitar	T:B004	Verifique el estado de la válvula de combustible
			T:D007	Limpieza de la válvula de combustible
	Conexión eléctrica de la válvula solenoide floja	A evitar	T:D008	Ajustar conexiones flojas de la válvula solenoide
			T:B005	Inspección del estado del termostato de seguridad o de límite
	Termostato de seguridad o de límite abierto	A evitar	T:D009	Regular el termostato de seguridad o de límite
			T:D010	Regulación del aire combustible.
	Mala regulación del aire y combustible	A evitar	T:D011	Regulación de la presión de la bomba entre 10 y 14 bar.
Presión de la bomba no adecuada	A evitar	T:B006	Inspección del estado de la caja de control	
Caja de control defectuosa.	A amortiguar	T:D012	Limpieza de la caja de control	
Servomando defectuoso	A amortiguar	T:B007	Inspección del estado del servomando	
Bobina de la electro válvula de segunda etapa defectuosa.	A amortiguar	T:B008	Inspección del estado de la bobina de la electro válvula de segunda etapa.	

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

Las selecciones de tareas de los equipos restantes se encuentran en el ANEXO F.

3.2.7.4. Determinación de las frecuencias de mantenimiento para equipos médicos e industriales.

La frecuencia de mantenimiento utilizado en los equipos médicos e industriales, fueron determinados por la experiencia del personal de mantenimiento y manuales del fabricante. Para determinar la frecuencia de las tareas de mantenimiento de la bomba de infusión y del quemador se indica en la Tabla 37-3. (Ver análisis completo en el ANEXO G)

Tabla 37-3: Frecuencia de mantenimiento de equipo médico e industrial.

Equipo	Código de la tarea	Tarea de mantenimiento	Frecuencia
EQUIPO: BOMBA DE INFUSIÓN			
Bomba de infusión	T:B001	Inspección del estado de los sensores de: aire, de presión, de gotas, magnético de posición de puerta	Trimestral
	T:D001	Limpieza de los sensores de: aire, de presión, de gotas, magnético de posición de puerta	Trimestral
	T:B002	Verificación de la velocidad de infusión	Semanal
	T:B003	Verificación del funcionamiento del equipo en todas las modalidades.	Trimestral

Siguiente

Continúa

	T:D002	Comprobar que todos los controles, botones, indicadores y pantallas funcionen adecuadamente	Semanal
	T:B004	Verificación de la presión.	Semanal
	T:D003	Calibración de la presión.	Trimestral
	T:B005	Inspección del estado del mecanismo peristáltico	Trimestral
	T:D004	Limpieza interna y externa del equipo	Trimestral
	T:B009	Inspección del estado del set de perfusión intravenoso.	Semanal
EQUIPO: QUEMADOR			
Quegador	T:B001	Inspección del estado de los electrodos de ignición	Trimestral
	T:D001	Limpieza de los electrodos de ignición	Semestral
	T:D002	Calibración de la distancia de los electrodos de ignición	Semestral
	T:B002	Inspección del estado del sensor de llama	Trimestral
	T:D003	Limpieza del sensor de llama	Semestral
	T:B003	Inspección del estado de la boquilla de combustible	Trimestral
	T:D004	Limpieza de filtro de combustible	Semestral
	T:D005	Limpieza de las incrustaciones de la válvula solenoide de combustible	Semestral
	T:D006	Limpieza interna y externa del equipo	Semestral
	T:B004	Verifique el estado de la válvula de combustible	Trimestral
	T:D007	Limpieza de la válvula de combustible	Semestral
	T:D008	Ajustar conexiones flojas de la válvula solenoide	Semestral
	T:B005	Inspección del estado del termostato de seguridad o de límite	Trimestral
	T:D009	Regular el termostato de seguridad o de límite	Trimestral
	T:D010	Regulación del aire combustible.	Trimestral
	T:D011	Regulación de la presión de la bomba entre 10 y 14 bar.	Trimestral
	T:B006	Inspección del estado de la caja de control	Mensual
	T:D012	Limpieza de la caja de control	Trimestral
T:B007	Inspección del estado del servomando	Mensual	
T:B008	Inspección del estado de la bobina de la electro válvula de segunda etapa.	Trimestral	

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

3.2.7.5. Determinación de logística de mantenimiento en equipos médicos e industriales.

Luego de seleccionar las tareas y frecuencia de mantenimiento, se procedió a determinar la logística para cada tarea: mano de obra, materiales, repuestos, herramientas y equipos.

MANO DE OBRA: Las especialidades de los técnicos que van a ejecutar las tareas de mantenimiento en equipos médicos e industriales están descritas en la Tabla 38-3.

Tabla 38-3: Especialidades técnicos

ESPECIALIDAD TÉCNICO	
Equipos médicos	Equipos industriales
Eléctrico	Eléctrico
Electrónico	Electrónico
Mecánico	Mecánico
Electromecánico	Electromecánico
Ing. Biomédico	

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

MATERIALES Y REPUESTOS: Para ejecutar una tarea de mantenimiento es necesario contar con materiales y repuestos, donde se toma como guía los catálogos y manuales de los equipos. Además,

es necesario tomar en cuenta los equipos de protección personal (EPP) como: cofia, guantes, mandil quirúrgico, mascarillas, calzados, entre otros.

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS: Es importante la selección adecuada de herramientas y equipos para agilizar la ejecución de las tareas de mantenimiento.

La logística de mantenimiento para la bomba de infusión y quemador se muestra en la Tabla 39-3.

Tabla 39-3: Logística de mantenimiento de equipo médico e industrial.

Equipo	Código de la tarea	Tarea de mantenimiento	Frecuencia	Tiempo de ejecución	LOGÍSTICA			
					Equipos de protección personal	Materiales y Repuestos	Herramientas y Equipos	Mano de obra (Especialidad técnico)
Bomba de infusión	T:B001	Inspección del estado de los sensores de: aire, de presión, de gotas, magnético de posición de puerta	Trimestral	15 min	EPP	-----	-----	Eléctrico
	T:D001	Limpieza de los sensores de: aire, de presión, de gotas, magnético de posición de puerta	Trimestral	20 min	EPP	Desinfectante, toalla, papel	Destornillador plano y estrella	Eléctrico
	T:B002	Verificación de la velocidad de infusión	Semanal	5 min	EPP	-----	-----	Mecánico/ Eléctrico
	T:B003	Verificación del funcionamiento del equipo en todas las modalidades.	Trimestral	5 min	EPP	-----	Destornillador plano y estrella	Mecánico/ Eléctrico
	T:D002	Comprobar que todos los controles, botones, indicadores y pantallas funcionen adecuadamente	Semanal	20 min	EPP	-----	Multímetro	Mecánico/ Eléctrico
	T:B004	Verificación de la presión.	Semanal	5 min	EPP	-----	-----	Ingeniero Biomédico
	T:D003	Calibración de la presión.	Trimestral	15 min	EPP	-----	Destornillador plano y estrella	Ingeniero Biomédico
	T:B005	Inspección del estado del mecanismo peristáltico	Trimestral	10 min	EPP	-----	-----	Eléctrico
	T:D004	Limpieza interna y externa del equipo	Trimestral	30 min	EPP	Desinfectante, toalla, papel, limpia contactos	Destornillador plano y estrella	Mecánico/ Electrónico
T:B009	Inspección del estado del set de perfusión intravenoso.	Semanal	5 min	EPP	-----	-----	Mecánico	
Quemador	T:B001	Inspección del estado de los electrodos de ignición	Trimestral	30 min	EPP	Guaipes, franelas	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Electrónico
	T:D001	Limpieza de los electrodos de ignición	Semestral	30 min	EPP	Guaipes, franelas	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Electrónico
	T:D002	Calibración de la distancia de los electrodos de ignición	Semestral	2 h	EPP	Guaipes, franelas	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Electrónico
	T:B002	Inspección del estado del sensor de llama	Trimestral	30 min	EPP	-----	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Electrónico

Siguiente

Continúa

T:D003	Limpieza del sensor de llama	Semestral	45 min	EPP	Guaipes, franelas	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Electrónico
T:B003	Inspección del estado de la boquilla de combustible	Trimestral	20 min	EPP	Guaipes, franelas	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Electrónico
T:D004	Limpieza de filtro de combustible	Semestral	45 min	EPP	Guaipes, franelas	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Calderista
T:D005	Limpieza de las incrustaciones de la válvula solenoide de combustible	Semestral	1 h	EPP	Guaipes, franelas	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Calderista
T:D006	Limpieza interna y externa del equipo	Semestral	2 h	EPP	Guaipes, franelas	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Calderista
T:B004	Verifique el estado de la válvula de combustible	Trimestral	30 min	EPP	Guaipes, franelas	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Calderista
T:D007	Limpieza de la válvula de combustible	Semestral	30 min	EPP	Guaipes, franelas	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Calderista
T:D008	Ajustar conexiones flojas de la válvula solenoide	Semestral	30 min	EPP	-----	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Electrónico
T:B005	Inspección del estado del termostato de seguridad o de límite	Trimestral	20 min	EPP	-----	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Electrónico
T:D009	Regular el termostato de seguridad o de límite	Trimestral	20 min	EPP	-----	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Electrónico
T:D010	Regulación del aire combustible.	Trimestral	20 min	EPP	-----	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Calderista
T:D011	Regulación de la presión de la bomba entre 10 y 14 bar.	Trimestral	15 min	EPP	-----	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Calderista
T:B006	Inspección del estado de la caja de control	Mensual	20 min	EPP	-----	-----	Eléctrico
T:D012	Limpieza de la caja de control	Trimestral	30 min	EPP	Guaipes, franelas	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Eléctrico
T:B007	Inspección del estado del servomando	Mensual	20 min	EPP	Guaipes, franelas	-----	Eléctrico
T:B008	Inspección del estado de la bobina de la electro válvula de segunda etapa.	Trimestral	20 min	EPP	Guaipes, franelas	Juego de llaves, destornillador plano y estrella	Eléctrico

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

El análisis de la logística de mantenimiento de los equipos restantes se encuentra en el ANEXO G.

3.2.8. Agrupación de las tareas en rutinas de mantenimiento

Luego de realizar la selección de tareas y logística de mantenimiento, se realizó la agrupación de tareas en rutinas de mantenimiento, tomando en cuenta los aspectos de agrupación:

- Agrupación por tareas de frecuencia de realización.
- Agrupación por tareas referidas a la misma área

- Agrupación por tareas referidas al mismo activo.
- Agrupación por tareas realizadas por profesionales de la misma especialidad.

En la Tabla 40-3; se indica un ejemplo de agrupación de acuerdo con la frecuencia de realización, donde se muestra una rutina trimestral para la bomba de infusión y rutina semestral para el quemador.

Tabla 40-3: Rutina de mantenimiento de equipo médico e industrial

RUTINA TRIMESTRAL DE EQUIPOS MÉDICOS DEL ÁREA DE TRAUMATOLOGÍA				
Sistema	Equipo	Código de tarea de mantenimiento	Tarea de mantenimiento	Frecuencia
Bomba de infusión	Bomba de infusión	T:B001	Inspección del estado de los sensores de: aire, de presión, de gotas, magnético de posición de puerta	Trimestral
		T:D001	Limpieza de los sensores de: aire, de presión, de gotas, magnético de posición de puerta	Trimestral
		T:B003	Verificación del funcionamiento del equipo en todas las modalidades.	Trimestral
		T:D003	Calibración de la presión.	Trimestral
		T:B005	Inspección del estado del mecanismo peristáltico	Trimestral
		T:D004	Limpieza interna y externa del equipo	Trimestral
Caldera pirotubular	Quemador	T:D001	Limpieza de los electrodos de ignición	Semestral
		T:D002	Calibración de la distancia de los electrodos de ignición	Semestral
		T:D003	Limpieza del sensor de llama	Semestral
		T:D004	Limpieza de filtro de combustible	Semestral
		T:D005	Limpieza de las incrustaciones de la válvula solenoide de combustible	Semestral
		T:D006	Limpieza interna y externa del equipo	Semestral
		T:D007	Limpieza de la válvula de combustible	Semestral
		T:D008	Ajustar conexiones flojas de la válvula solenoide	Semestral

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

3.2.9. Procedimiento de mantenimiento aplicado a un equipo médico e industrial

Un ejemplo de los pasos a seguir que facilitarán y permitirán ejecutar una tarea de mantenimiento del equipo médico e industrial, se indican a continuación:

BOMBA DE INFUSIÓN

Tarea: Calibración de la presión.

1. Inspeccionar el exterior del equipo para detectar piezas faltantes o roturas.
2. Inspeccionar enchufes, los protectores y cable de alimentación para la verificación de que no están dañados.
3. Apagar la unidad, abrir la cubierta accesible al usuario y comprobar la integridad del interior.
4. Limpiar los componentes internos y externos con aire comprimido o con aspirador.

5. Inspeccionar el interior para detectar piezas faltantes o signos de corrosión. Reparar según la necesidad.
6. Inspeccionar los componentes eléctricos para verificar señales de calentamiento excesivo o deterioro.
7. Realizar pruebas de funcionamiento de las baterías.
8. Comprobar el funcionamiento del equipo en modo de prueba.
9. Verificar la calibración de la presión.
10. Realizar prueba automática de estrangulamiento.
11. Verificar que la velocidad de infusión es la correcta.
12. Comprobar que todos los controles, botones, indicadores y pantallas funcionen adecuadamente.
13. Verificar el funcionamiento del equipo en todas las modalidades.

QUEMADOR

Tarea: Revisión de la boquilla de combustible

1. Llenar la orden de trabajo indicando la tarea
2. Colocar las señaléticas de seguridad antes de realizar la actividad
3. Apagar el quemador
4. Cerrar la válvula de alimentación de combustible
5. Desmontar los accesorios necesarios para retirar la boquilla
6. Retirar la boquilla y revisar el estado de la boquilla
7. Limpiar la boquilla
8. Limpiar los accesorios desmontados
9. Colocar la boquilla y alinear
10. Montar los accesorios retirados del quemador
11. Abrir la válvula de alimentación de combustible
12. Encender el equipo
13. Verificar el correcto funcionamiento de la boquilla
14. Retirar las señaléticas de seguridad
15. Cerrar la orden de trabajo

3.2.10. Cronograma de mantenimiento

En el cronograma de mantenimiento se encuentran todas las rutinas que se van a ejecutar en un periodo de tiempo.

Para el presente trabajo de integración curricular se realizaron 4 rutas de mantenimiento; donde se encuentran todas las rutinas con sus correspondientes equipos sea médico o industrial, los cuales se muestran en el cronograma de mantenimiento. (Ver Figura 4-3)

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTACIÓN DEL GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador).

Para el control del sistema de gestión de mantenimiento en el Hospital General Riobamba IESS, se utilizó el software SisMAC (Sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computador).

4.1. *Software SisMAC*

SisMAC es un sistema informático; que permite a diferentes usuarios, organizaciones, compañías, hospitales a planificar las actividades de mantenimiento, para posteriormente programar y ejecutar de forma eficiente y eficaz. Siendo una herramienta de gestión su información facilita la toma de decisiones dentro de la organización.

Este programa incluye aplicaciones para Smartphone y tablets que dispongan de un sistema operativo Android.

4.1.1. *Ingreso al software*

Para ingresar al software es necesario disponer de internet y contar con un computador. Nos dirigimos a la página web: <https://cloud.sismac.net/>, donde se llenan los campos de usuario general (IESS) y contraseña que son los mismos para todo el personal del hospital. (Ver captura de pantalla Figura 1-4)



Figura 1-4: Ingreso al software SisMAC
Fuente: SisMAC

Luego el sistema genera una nueva pantalla; donde se llenan los campos de usuario y contraseña personal. Estas son asignados para cada personal de mantenimiento y los líderes de cada área. (Ver captura de pantalla Figura 2-4)



Figura 2-4: Ingreso al usuario personal del IESS

Fuente: SisMAC

4.1.2. Descripción del software

Cuando se ingresa el sistema presenta una vista global, donde se encuentra formada por tres secciones como se indica en la captura de pantalla. (Ver Figura 3-4)

1. En la sección lateral izquierda se visualiza la pestaña “vista global” donde se identifican varios módulos como:
 - Infraestructura
 - LBR

- Fichas técnicas
 - Inventarios
 - Mantenimiento
 - Activos
 - Compras
 - Personal
 - Biblioteca
 - Informes
 - Multimedia
 - Migrar desde excel
2. En la sección central permite navegar, ingresar, editar y eliminar datos, donde se realiza la configuración necesaria para la planificación del mantenimiento. (Ver Figura 3-4)
 3. En la sección lateral derecha se encuentra la pantalla de integración gráfica.

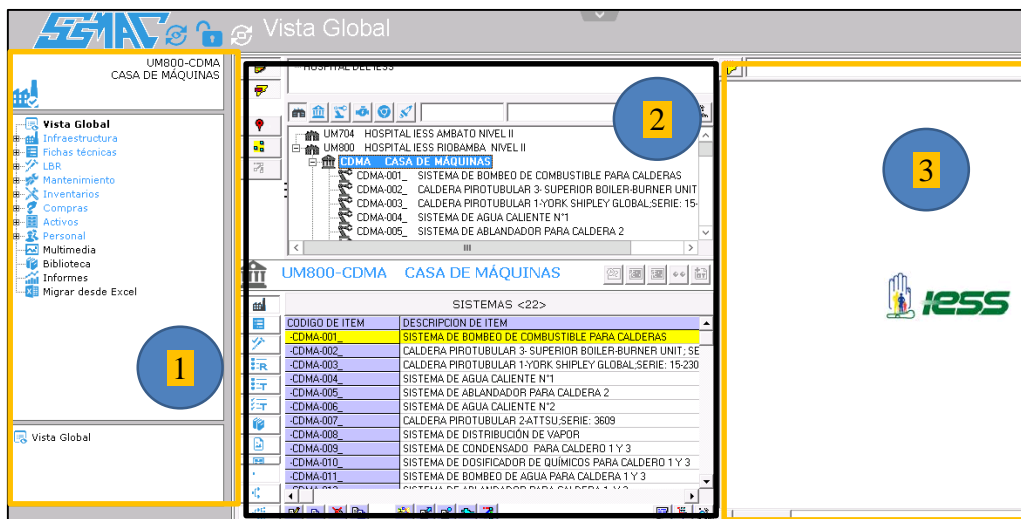


Figura 3-4: Vista global del SisMAC

Fuente: SisMAC

4.1.3. Ingreso de datos

Se efectuaron los siguientes pasos para ingresar los datos obtenidos al software SisMAC:

4.1.3.1. Ingreso del inventario técnico al software

Al recolectar toda la información del inventario de los equipos médicos e industriales, se procedió a ingresar la información al software, tomando en cuenta los niveles jerárquicos como se indica en la captura de pantalla. (Ver Figura 4-4)

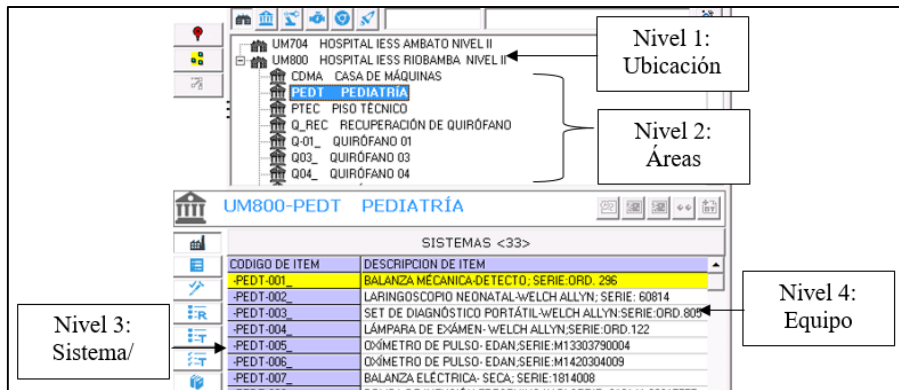


Figura 4-4: Inventario ingresado.

Fuente: SisMAC

4.1.3.2. Ingreso de documentos técnicos (fichas técnicas)

Al ingresar el inventario técnico al sistema; se procedió asignar las fichas técnicas a cada equipo, con la información recolectada de marca, modelo, serie, etc.

Se ingresan los datos de las fichas técnicas de dos formas distintas:

- En la base de datos ya se encuentran cargadas algunas fichas técnicas, donde se deben llenar las especificaciones de los equipos médicos e industriales. En el caso de no disponer una ficha para un equipo, se procede a diseñar con los parámetros necesarios.
- Otra manera de ingresar una ficha es mediante la migración de datos (Excel).

Las fichas técnicas de los equipos médicos e industriales que se ingresaron al software se indican en el ANEXO C.

En la Figura 5-4 se observa un captura de pantalla de asignación de ficha técnica.

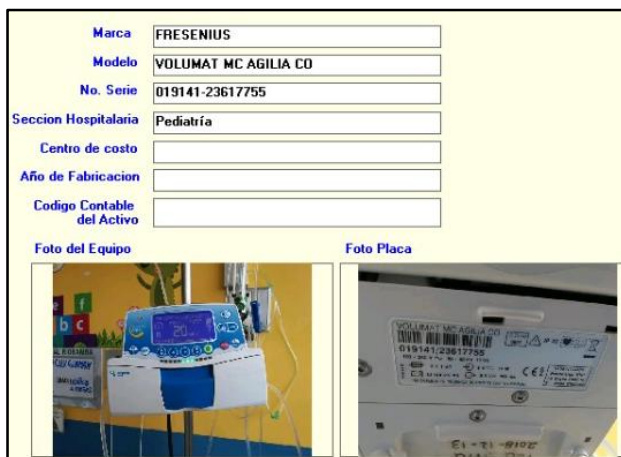


Figura 5-4: Ficha técnica

Fuente: SisMAC

4.1.4. Asignación de tareas de mantenimiento

Para ingresar las tareas de mantenimiento de los equipos médicos e industriales, se debe primero crear un banco de tareas para cada tipo de equipo y se procede a asignar las tareas en el cuarto nivel para posteriormente programarlas. En la captura de pantalla de la Figura 6-4 se visualiza las tareas asignadas a una bomba de infusión.

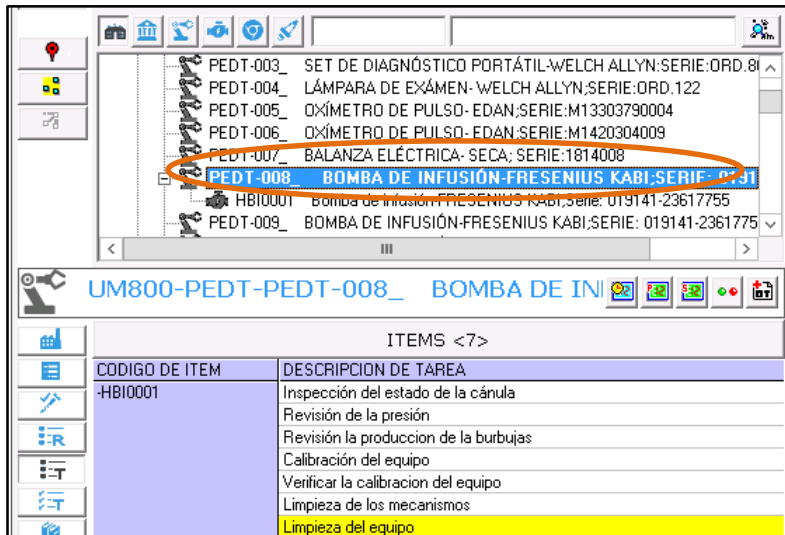


Figura 6-4: Tareas asignadas (Bomba de infusión)

Fuente: SisMAC

4.1.4.1. Asignación de parámetros (Tareas de mantenimiento)

En la captura de pantalla de la Figura 7-4, se realiza la configuración de varios parámetros a las tareas de mantenimiento de la bomba de infusión como: frecuencia, última fecha de ejecución, próxima fecha de ejecución y logística que se necesite para la ejecución de la tarea.

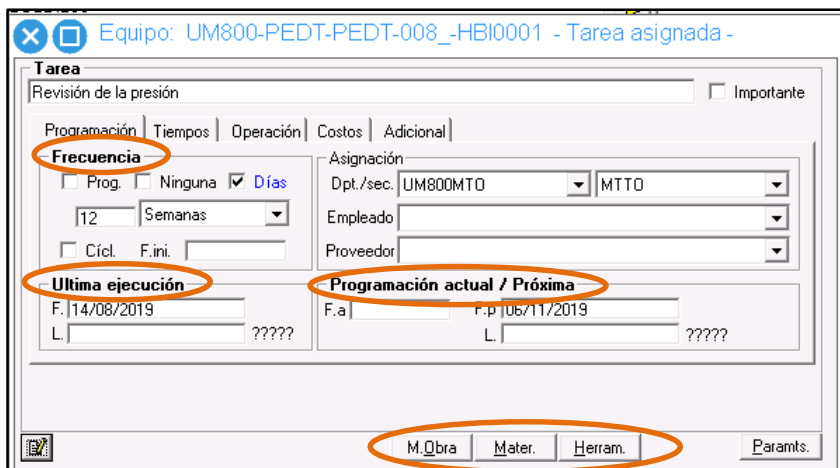


Figura 7-4: Configuración de tareas de mantenimiento

Fuente: SisMAC

4.1.5. Programación del mantenimiento

4.1.5.1. Agrupación de las tareas en rutinas de mantenimiento

Para obtener un control adecuado de las actividades de mantenimiento, las tareas se agrupan en rutinas tomando en cuenta los criterios de: tareas referidas a la misma área, al mismo activo o tareas que tengan la misma frecuencia de realización. En la captura de pantalla de la Figura 8-4, se visualiza un ejemplo de rutinas de mantenimiento de SisMAC.

CODIGO	DESCRIPCION
5	RUTINA DE SERVICIO 48 SEMANAS DE ASENSORES
6	Rutinas de trabajos de Mto para Asensor
7	RUTINA CICLICA DE INSPECCION EQUIPOS DE SEGURIDAD
8	Mantenimiento de 2 semanas de equipo médico
9	Mantenimiento de 4 semanas de equipo médico
10	Mantenimiento de 8 semanas de equipo médico
11	Mantenimiento de 16 semanas de equipo médico
12	Mantenimiento de 24 semanas de equipo medico
13	Mantenimiento de 26 semanas de equipo medico
15	RUTINA TRIMESTRAL DE LAVADORAS
16	RUTINA TRIMESTRAL DE SECADORAS
17	Rutina trimestral de Planchadoras
18	Rutinas de trabajos de Quirófano 01
19	Rutinas de trabajos de Quirófano 02
20	Rutinas de trabajos de Quirófano 03
21	Rutinas de trabajos de Quirófano 04
22	Rutinas de trabajos de Quirófano 05
23	Rutinas de trabajos de Quirófano 09
24	Rutinas de trabajos de Quirófano 06
26	Rutinas de trabajos de Quirófano 07
29	Rutinas de trabajos de Quirófano 08
30	Rutinas de trabajos de Quirófano 10
31	Rutinas de trabajos de Quirófano 11
32	Rutinas de trabajos de Quirófano 12
33	Rutinas de trabajos de Quirófano 13
34	RUTINA DE INSPECCIONES

Figura 8-4: Rutinas de mantenimiento
Fuente: SisMAC

4.1.5.2. Rutas y sub rutas de mantenimiento

Las rutas indican un listado de equipos secuencialmente ordenados que sirven para ejecutar en un orden específico las tareas de mantenimiento, en el caso de que las rutas sean extensas estas se dividen en sub rutas.

4.1.5.3. Cronograma de mantenimiento

En el cronograma de mantenimiento se puede visualizar todas las rutas a ejecutarse en un determinado tiempo, como se observa en la captura de la pantalla. (Ver Figura 9-4)

#Sr	Sub ruta	Frc.	D/S	# Día	# Cuadr.	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	
1	SUB RUTA DE MOTORES	12	S	4																		
2	SUB RUTA DE TABLEROS	12	S	8																		
3	SUB RUTA DE BOMBAS	12	S	15																		
4	SUB RUTA DE CALDEROS	12	S	22																		

Figura 9-4: Cronograma de mantenimiento
Fuente: SisMAC

4.1.6. Documentos de mantenimiento

El software SisMAC dispone de herramientas que generan documentos de mantenimiento como: solicitud de materiales, solicitud de trabajo y órdenes de trabajo.

4.1.6.1. Generación de solicitudes de trabajo

Al ingresar al software, los responsables de las áreas (pediatría, traumatología, casa de máquinas y piso técnico) emiten las solicitudes de trabajo hacia el departamento de mantenimiento para notificar las fallas existentes.

En la captura de pantalla de la Figura 10-4 se observa, los campos a llenar: descripción ST, ejecuta, solicita, motivo, emitido, prioridad y destino.

Solicitud de trabajo

Descripción S.T. [Trabajo solicitado] # S.T. ??????

Calibración de la bomba de inyección

Datos básicos | Datos adicionales | Estado | Referencias de ejecución

Emitido:

Solicita: UM800HO PEDT Ejecuta: UM800MTO MTTD

Motivo: FAL: Falla

Descripción adicional

Equipo descalibrado

Emitido Destino

Por: UM800MTO/ GRUPO1 . RIOTG1 . f Destino: UM800-PTEC

Fecha: 13/11/2019 22:02

Diagnóstico (Por Supervisor)

STs generadas el último trimestre

Dep.SI.	Sec.SI.	Dep.Ej.	Sec.Ej.	#ST	Es.	Pr.	R	R	R	R	OK	Fecha em.

Generar O.T.

Figura 10-4: Datos a llenar de solicitud de trabajo

Fuente: SisMAC

4.1.6.2. Orden de trabajo

La orden de trabajo se genera para mantenimientos preventivos y correctivos:

1. Orden de trabajo preventivo: se lo realiza en base al plan de mantenimiento preventivo, se genera directamente por medio de las fechas establecidas como se muestra en la captura de pantalla. (Ver Figura 10-4)

- Orden de trabajo correctivo: los responsables de las áreas envían la solicitud de trabajo (ST) al departamento de mantenimiento donde receptan las solicitudes y generan las ordenes de trabajo (OT), como se visualiza en la captura de pantalla. (Ver Figura 11-4)

Figura 11-4: Orden de trabajo preventiva
Fuente: SisMAC

Figura 12-4: Orden de trabajo correctiva
Fuente: SisMAC

4.2. Capacitación al personal médico y mantenimiento

La capacitación ejecutada en el Hospital General Riobamba IESS; se orienta en el manejo adecuado del software de mantenimiento SisMAC en el tema “generación de solicitudes de trabajo y ordenes de trabajo”. Esta fue enfocada al personal del departamento de mantenimiento y a los líderes de las áreas (pediatría, traumatología, casa de máquinas y piso técnico).

4.2.1. *Objetivo de la capacitación*

Mejorar el desempeño de la ejecución de las tareas de mantenimiento.

4.2.2. *Modalidad de la capacitación*

La capacitación desarrollada fue de forma práctica, bajo una modalidad de taller con una duración de 1 hora dirigido al personal de mantenimiento y 30 minutos a los líderes de las áreas.

4.2.3. *Cronograma de capacitación*

Los cronogramas de capacitación de los temas impartidos fueron desarrollados en dos grupos:

El primer grupo fue dirigido al personal de mantenimiento que se encarga del manejo del plan, con los temas siguientes (Ver Tabla 1-4):

Tabla 1-4: Cronograma de capacitación impartido al personal de mantenimiento

N°	FECHAS	TEMAS
1	21/10/2019	<ul style="list-style-type: none">• Introducción e ingreso al software.• Herramientas principales del software Generación de documentos de mantenimiento: <ul style="list-style-type: none">• Generación de órdenes de trabajo preventivas y correctivas.

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

El segundo grupo; se encuentra dirigido a los líderes de las áreas de pediatría, traumatología, casa de máquinas y piso técnico, con los siguientes temas (Ver Tabla 2-4):

Tabla 2-4: Cronograma de capacitación impartido a los responsables de las áreas.

N°	FECHA	TEMAS
1	25/10/2019	<ul style="list-style-type: none">• Introducción e ingreso al software.• Herramientas principales del software• Generación de solicitudes de trabajo

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

4.2.4. *Personal capacitado*

La nómina del personal capacitado en las fechas establecidas se muestra en la Tabla 3-4.

Tabla 3-4: Personal capacitado del Hospital General Riobamba IESS.

CAPACITACIÓN				
TEMA: "Generación de solicitudes de trabajo y ordenes de trabajo".				
ÍTEM	NOMBRES	CÉDULA	ÁREA DE TRABAJO	FECHA DE CAPACITACIÓN
PERSONAL DE MANTENIMIENTO				
TEMA: "Generación de órdenes de trabajo".				
1	Ing. Alejandro Chiluita	060290003-2	Mantenimiento	21/10/2019

Siguiente

Continúa

2	Angélica Llamuca	060378294-7	Mantenimiento	21/10/2019
3	Ángel Cando	180176378-8	Mantenimiento	21/10/2019
4	Cristian Pilataxi	060421145-8	Mantenimiento	21/10/2019
5	Carlos Granizo	060298159-9	Mantenimiento	21/10/2019
6	Ximena Cáceres	060267482-1	Mantenimiento	21/10/2019
7	Manuel Cushquicullma	060213546-3	Mantenimiento	21/10/2019
8	Ramiro Ushca	060285996-9	Mantenimiento	21/10/2019
RESPONSABLES DE LAS ÁREAS				
TEMA: "Generación de solicitudes de trabajo"				
1	Lic. Patricia Lazo	180321689-7	Pediatría	25/10/2019
2	Lic. Viviana Padilla	187745183-5	Pediatría	25/10/2019
3	Lic. Eugenia Figueroa	060179906-7	Traumatología	25/10/2019
4	Lic. Martha Herrera	060781549-0	Traumatología	25/10/2019
5	Sres.: Manuel Cushquicullma Ramiro Ushca Ángel Cando	060213546-3 060285996-9 180176378-8	Casa de Máquinas	21/10/2019
6	Sres.: Manuel Cushquicullma Ramiro Ushca Ángel Cando	060213546-3 060285996-9 180176378-8	Piso Técnico	21/10/2019

Fuente: Autores

Realizado por: Yerbabuena, Ana; Ashqui, David; 2019.

CONCLUSIONES

La evaluación de la gestión actual del mantenimiento ejecutada en el Hospital General Riobamba IESS, alcanzó un valor de 69,39 % incurriendo en un nivel de desempeño de “poco satisfactorio”, en comparación a la del año anterior el nivel fue 77,79 % que se encontraba en un nivel “cuasi satisfactorio” es decir aceptable. Además; se observó que el criterio de Recursos Humanos de Mantenimiento disminuyó de 14,16 % a 5,57 % por otro lado el criterio de Planificación, Programación y Control mejoró de 3,19 % a 3,38 % respecto al año anterior, indicando que es necesario seguir desarrollando el plan de mantenimiento para las áreas restantes e implementación del GMAO.

Al desarrollar el plan de mantenimiento preventivo de equipos médicos e industriales fue necesario realizar la actualización del inventario y codificación de los activos de las áreas de Pediatría, Traumatología, Casa de Máquinas y Piso Técnico. Luego, por medio de la metodología del RCM Abreviado se analizaron las fallas y modos de fallos quedando programadas 156 tareas de mantenimiento para equipos médicos y 562 para equipos industriales con sus respectivas frecuencias, donde se logra incrementar la disponibilidad de las máquinas y equipos brindando una atención adecuada y de calidad hacia los pacientes del hospital.

Al realizar capacitaciones al personal de mantenimiento en herramientas informáticas y gestión de mantenimiento ayuda a la modernización de la gestión del mantenimiento dentro del Hospital General Riobamba IESS.

RECOMENDACIONES

La herramienta de evaluación empleada para evaluar la gestión del mantenimiento debe ser usada anualmente, con el fin de evaluar el nivel de desempeño del hospital y evidenciar los aspectos a mejorar.

Se recomienda implementar programas de capacitación en el software y gestión de mantenimiento a los técnicos del hospital.

Contratar personal de mantenimiento con perfil adecuado debido que el 80% de las máquinas y equipos de las áreas de Pediatría, Traumatología, Casa de Máquinas y Piso Técnico están a cargo de personal externo.

Contar con un stock mínimo de repuestos donde se elabore una lista de recambios por cada equipo, para agilizar las actividades de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, S. *Capacitación y desarrollo de personal. Área administración* [en línea]. 2008. S.l.: Limusa. ISBN 9789681863869. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=CJhlsrSuIMUC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

ALLAUCA C. y PILCO M. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS ÁREAS DE NEONATOLOGÍA, LABORATORIO CLÍNICO Y CIRUGÍA EN EL HOSPITAL GENERAL RIOBAMBA-IESS, APLICANDO ESTÁNDARES DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2018. [en línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9872>

BALLOU, R. *Logística: administración de la cadena de suministro*. [en línea]. México. 2004. Quinta Edición.: Pearson Educación. ISBN 9702605407. Disponible en: https://ulisesmv1.files.wordpress.com/2015/08/logistica_administracion_de_la_cadena_de_suministro_5ta_edicion_-_ronald_h_ballou.pdf

BALSA, JOSÉ ; & BROCAL, RICARDO. *Los sistemas GMAO y SIG como herramienta para la gestión integrada en la administración local*. [en línea]. Valencia: s.n. [Consulta: 20 mayo 2018]. Disponible en: <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/icap/unpan045022.pdf>.

CASTELA F. *Tareas del mantenimiento*. [en línea]. Mantenimientoindustrialweb. 2017. Disponible en: <https://mantenimientoindustrialweb.wordpress.com/2017/06/28/tareas-del-mantenimiento/>

GARCÍA, S. *Organización y gestión integral de mantenimiento*. [en línea]. S.l.: Ediciones Díaz de Santos, 2000a [Consulta: 17 mayo 2018]. ISBN 9788479785772. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=PUovBdLioMC&printsec=frontcover&dq=gestion+integral+de+mantenimiento&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwj93uaWmI_eAhUowlkKHRlzBR4Q6AEIJjAA

GARCÍA, S. *La contratación del mantenimiento industrial: procesos de externalización, contratos y empresas de mantenimiento*. [en línea]. Ediciones Díaz de Santos. 2011b. [Consulta: 0000024 agosto 2018]. ISBN 8499690181. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=uHwbkryXvWAC&printsec=frontcover&dq=estrategias+de+mantenimiento+garcia+garrido&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjL6bnelpjeAhUxUt8KHWi0B0cQ6AEIKTAA#v=onepage&q&f=false>

GARCÍA, S. *Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial* 2012. [en línea]. Díaz de Sa. S.l.: s.n. [Consulta: 27 febrero 2019]. Disponible en: <http://www.renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf>.

HUANES, Y. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD EN SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUAS SUBTERRANEAS DE AGROINDUSTRIAL DANPER S.A.C. [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica. Lima, Perú. 2018. Disponible en:

<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11208>

Institución-IESS. ¿Quiénes somos?. [en línea]. Página Web del IESS. [Consulta: 9 agosto 2019]. Disponible en: <https://www.iess.gob.ec/es/web/guest/inst-quienes-somos>.

ISO:14224. *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment.* 2016.

MARTÍNEZ, L. METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD, CONDICIÓN Y RIESGO APLICADA A EQUIPOS DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN NACIONAL. [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, Departamento de Energía Eléctrica y Automática. Medellín, Colombia 2014. pp. 92. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/45948/12/98512103.2014.pdf>

NTE INEN-EN: 13460. *Mantenimiento. Documentos para el mantenimiento.* 2010. S.l.: s.n.

OMS, 2012^a. *Introducción a la gestión de inventarios de equipo médico Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos.* 2012a. [en línea], pp. 4. Disponible en: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44817/9789243501390_spa.pdf;jsessionid=9AEBDAD4B10755116F4E0BE4C11FD7C5?sequence=1.

OMS, 2012^b. *Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos. Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos.* 2012b. OMS. Suiza: 2012. ISBN 978 92 4 350153 6.

OMS, 2012^c *Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos. Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos* 2012c. [en línea]. OMS. Suiza: 2012. ISBN 978 92 4 350153 6. Disponible en: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44830/1/9789243501536_spa.pdf.

OPS/OMS. *Planeamiento Hospitalario Ante Desastres Guía Para El Diseño De Planes.* 2014. [en línea], Disponible en: <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/33812/PlanHospitalario.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

PARRA C. y CRESPO A. *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en gestión de activos : desarrollo y aplicación práctica de un modelo de gestión del mantenimiento (MGM).* [en línea], 2012. S.l.: Ingeman. ISBN 9788495499677.

REGLAMENTO DE LA CONTRALORÍA GENERAL DE ESTADO SOBRE EL MANEJO DE BIENES Y LOS CAPÍTULOS REFERENTES AL MANTENIMIENTO. *Acuerdo No. 017-CG.* [en línea]. 2016. Contraloría General del Estado. Disponible en: <https://www.contraloria.gob.ec/documentos/normatividad/Acuerdo017-CG-2016ReglamentoGralparaAdministracinUtilizacinManejoyCtroldeLosBienesyExistenciasdelSectorPublico.pdf>

SAE JA 1011:1999 Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

SEXTO, L. *¿Cómo determinar la frecuencia de mantenimiento? Seis criterios técnicos de decisión.* [en línea]. 2017. PlanetRAMS. Disponible en: <https://se-gestiona.radical-management.com/2017/05/como-determinar-la-frecuencia-de.html>

UNE-EN 13306:2011. *Mantenimiento. Terminología del mantenimiento* pp. 32.