

# Sistema de Gestión de Mantenimiento Integral en el Centro Quirúrgico del Hospital General Docente Ambato

Ortiz Christian\*; Espín Víctor†

\*Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Ambato, Ecuador, e-mail: [chrismaelortiz@hotmail.com](mailto:chrismaelortiz@hotmail.com)

† Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Ambato, Ecuador, e-mail: [victorrespin@uta.edu.ec](mailto:victorrespin@uta.edu.ec)

## Resumen

En la presente investigación se expone el desarrollo de un Sistema de Gestión de Mantenimiento en el centro quirúrgico del Hospital General Docente Ambato, para lo que se aplican metodologías de reconocimiento estableciendo un inventario inicial de los equipos médicos sobre el que se realiza un diagnóstico de su situación actual, información que contribuye posteriormente al desarrollo de un análisis de criticidad en forma independiente para cada uno de los equipos, lo que permite la selección de un inventario de mantenimiento prioritario, estableciendo así los equipos que requieren de actividades de mantenimiento preventivo y que serán objeto para el establecimiento de un plan general de mantenimiento anual, por lo que es necesario la definición una frecuencia de mantenimiento específica para cada equipo, lo que se consigue a través de una evaluación clínica de los factores que influyen sobre sus requerimientos de mantenimiento, definiendo así la cantidad de veces al año que se desarrollará el mantenimiento preventivo. Para hacer factible la aplicación de los elementos del Sistema de Gestión de Mantenimiento desarrollado, se diseñan procedimientos para actividades de mantenimiento en general, instructivos de mantenimiento preventivo para los equipos según su función y procedimientos para la evaluación y el seguimiento de los resultados obtenidos, permitiendo un adecuado desenvolvimiento y una optimización constante de los recursos disponibles para mantenimiento de los equipos médicos.

**Palabras clave:** Gestión de Mantenimiento, Análisis de criticidad, Inventario de mantenimiento, Plan de mantenimiento, Mantenimiento preventivo, Frecuencia de mantenimiento, Ejecución del trabajo.

## Abstract

The following research Project shows the development of a Maintenance Management System at the surgical center owned by Ambato General Teaching Hospital, reason why recognition methods are applied to define a medical equipment initial inventory in which a diagnosis of its current situation is performed to contribute later for the development of an independent criticality assessment for the equipment which allows to select a priority maintenance inventory, defining thus way which part of the equipment requires of preventive maintenance and will be included into a general annual maintenance program, reason why a preventive maintenance frequency definition is required the same that is defined through the application of a clinical evaluation of its maintenance requirements influential factors, establishing thus way the annual times that the preventive maintenance activities will be developed for each device. To make possible the application of the achieved Maintenance Management System, some procedures are defined in order to detail maintenance activities performance, preventive maintenance instructions based on its function are also documented for the equipment and finally obtained results evaluation and monitoring procedures are defined to get a continuous maintenance resources optimization and a satisfactory management system appliance.

**Keywords:** Maintenance Management, Criticality assessment, Maintenance inventory, Maintenance program, Preventive maintenance, Maintenance frequency, Workmanship.

## I. INTRODUCCIÓN

Aun cuando lo más aconsejable es automatizar la Gestión del Mantenimiento de los Equipos Médicos en el Hospital, antes de proceder a ello es necesario

organizar sus actividades, pues si no existen procedimientos establecidos que puedan ser programados o datos organizados previamente, dicha automatización no es posible [1].

La Gestión del Mantenimiento es una herramienta para apoyar al personal médico y de ingeniería en el desarrollo, control y dirección de un Programa de Mantenimiento para el Equipo Médico garantizando su operación segura a máximas prestaciones y a un costo efectivo [2].

Las metas de la Gestión de Mantenimiento para Equipos Médicos son:

- Proporcionar un entorno seguro y funcional mediante el mantenimiento adecuado de todos los equipos y espacios.
- Proporcionar la documentación esencial y necesaria para todos los equipos y espacios.
- Minimizar a cantidad de tiempo requerido para generar y archivar la documentación de mantenimiento de todos los equipos y espacios.

El mantenimiento preventivo se entiende como aquellas actividades planeadas que aseguran fiabilidad y funcionalidad de los equipos de modo que las fallas que estos puedan tener sean prevenidas [3].

Adoptar un modelo o programa de mantenimiento preventivo en un ambiente hospitalario es fundamental para la preservación de los equipo y por ende de la salud de los pacientes que requieran el uso de estos [4].

El mantenimiento de equipos médicos es el conjunto de actividades necesarias para el correcto funcionamiento de estos. Se divide principalmente en dos categorías, la Inspección para Mantenimiento Preventivo (IMP) y el Mantenimiento Correctivo (MC) [5].

El inventario para el mantenimiento orientado a riesgos biomédicos se basa en la asignación de prioridad a partir de una evaluación integral de cada equipo. En base a este criterio puede haber equipos que por su bajo nivel de riesgo no se incluyen en el inventario para el mantenimiento y son atendidos durante la inspección o mantenimiento programado a su entorno, a solicitud del usuario o en mantenimiento correctivo solamente. [6]

La Organización Mundial de la Salud en el programa de mantenimiento de equipos médicos [5], sugiere una versión modificada del algoritmo propuesto por Fennigkoh y Smith para el cálculo de frecuencia del mantenimiento preventivo de acuerdo a los factores que definen el índice  $GE$  y la evaluación clínica  $Ec$  [7].

Un criterio práctico para una programación inicial, es planificar alrededor del 35 % del fondo de tiempo del personal técnico al mantenimiento preventivo, en caso de requerirse una cantidad mayor de tiempo, deben tomarse otras alternativas para el normal cumplimiento del programa [8].

Para evitar divergencias en el desarrollo de las actividades de mantenimiento de los equipos, es adecuado estandarizar su desarrollo, efecto para el que es aplicable el diseño de procedimientos, los que deben contar con una adecuada identificación de las actividades y los responsables para ejecutarlas [9].

La determinación y el seguimiento de los indicadores de gestión de mantenimiento es un procedimiento que requiere de un desarrollo continuo para una adecuada retroalimentación del Sistema de Gestión de Mantenimiento que permita la obtención de mejores resultados en el transcurso de su aplicación [10].

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del Sistema de Gestión de Mantenimiento dentro del Centro Quirúrgico de un Hospital, se requiere aplicar una inspección inicial, la misma que permite obtener como resultados, el establecimiento de un mapa de procesos del entorno evaluado, un flujograma con las operaciones en las que se encuentra involucrado en el Centro Quirúrgico y las fichas que exponen la situación actual de los equipos involucrados en el estudio y que conforman el inventario inicial. Sobre los equipos que se han identificado se emplea como metodología para determinar su nivel de criticidad el algoritmo de Fennigkoh y Smith que hace factible seleccionar un inventario prioritario de mantenimiento, además de que una modificación del algoritmo establecida en el Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud en el 2015, permite definir las frecuencias de mantenimiento adecuadas para los equipos, estableciendo con la aplicación de dicha información un Plan General de Mantenimiento Preventivo. En conjunto con el plan se definen las actividades a realizarse a través de instructivos de mantenimiento para los equipos según su función, así como procedimientos para el adecuado desarrollo de las actividades de mantenimiento y para el seguimiento y control de los resultados obtenidos de aplicar el Sistema de Gestión de mantenimiento desarrollado.

### DESARROLLO DEL ESTUDIO

#### Etapas del Sistema de Gestión de Mantenimiento

El desarrollo del presente Sistema de Gestión de Mantenimiento se realiza a través de siete diferentes etapas en forma secuencial, dentro de las que se incluyen sus principales componentes, los mismos que se desarrollan de acuerdo a las metodologías descritas previamente. En la Fig. 1 se muestran las etapas y el ciclo que las relaciona.

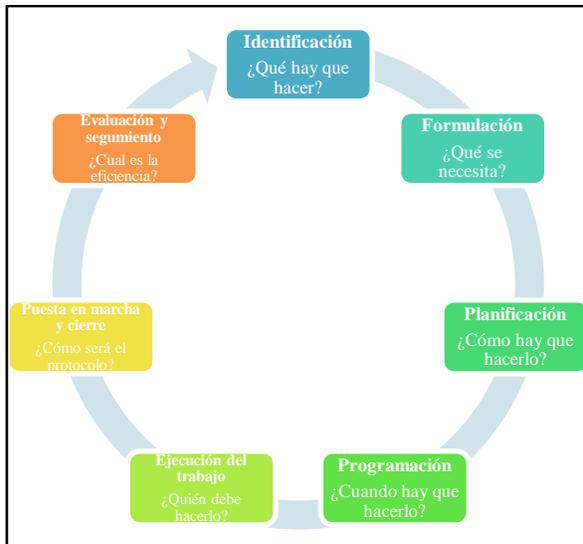


Fig. 1. Ciclo de la Gestión del Mantenimiento

El desarrollo de cada una de las etapas es de vital importancia, puesto que su interacción permite que la aplicación del Sistema de Gestión de Mantenimiento, provea los resultados previstos con respecto a la optimización de recursos y la organización del trabajo dentro del ambiente evaluado.

## ETAPA DE IDENTIFICACIÓN

### Mapa de procesos del Centro Quirúrgico

Dentro de la primera etapa del Sistema de Gestión de Mantenimiento se realiza una identificación del medio evaluado, para lo que es necesario definir los procesos que se desarrollan dentro del mismo, reconociendo cuales intervendrán en la Gestión del Mantenimiento.

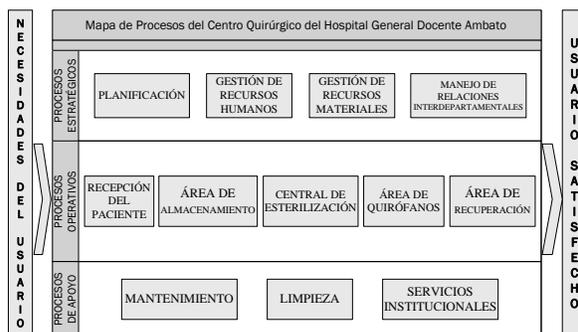


Fig. 2. Mapa de procesos del Centro Quirúrgico del HPDA.

En el diagrama de la Fig. 2 se exponen cuales son los procedimientos que se desarrollan en el Centro Quirúrgico, reconociendo a través de sus características que contenidos en los procesos operativos se

encuentran los elementos que intervendrán en el desarrollo del Sistema de Gestión de Mantenimiento.

### Inspección y verificación del estado de los equipos

Para evaluar las condiciones actuales de los equipos se emplea el formato de una ficha de diagnóstico, la misma que recolecta la información necesaria para la identificación de sus datos técnicos y su aspecto físico además de contar con una descripción escrita del estado en el que se encuentra. En la Tabla 1 se expone el formato de la ficha de diagnóstico descrita.

Tabla 1. Ficha para diagnóstico de los equipos del C.Q.

Hospital General Docente Ambato		Código: FI-00
Centro Quirúrgico		Fecha: 10/03/2016
Verificación del estado de los equipos		
Criterio	Descripción	Ilustración
# De equipo	08	
Fecha de inspección	01/marzo/2016	
Equipo	Bomba de succión portátil	
Marca	MEDELA	
Modelo	Dominant 056.14.16	
Serie	1019943	
Área	Quirófano 1	
Observaciones	La bomba de succión se encuentra operativa, tiene un uso mayor a 15 años y se ha reparado 2 veces por el desgaste de pistones.	

El procedimiento de inspección y verificación actual se desarrolla para un total de 49 equipos, los mismos que conforman el inventario inicial y son objeto para evaluaciones en las demás etapas, sin embargo para facilitar la comprensión se incluye solamente uno por cada tipo según la función que realizan.

### Codificación de los equipos

Para facilitar la identificación en el desarrollo de las etapas que conforman el Sistema de Gestión, se realiza una codificación de los equipos, de acuerdo a las iniciales de sus nombres y una numeración en base a su cantidad, según se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Codificación de los equipos del C. Q.

Hospital General Docente Ambato		Fecha de elaboración	
Centro Quirúrgico		21/06/2016	
Nombre	Letras de referencia al nombre o la función	Numeración	Código
Lámpara Cielítica	LC	01	LC01

Cuando se ha designado una codificación específica a cada uno de los equipos del inventario inicial, se procede al desarrollo de las actividades restantes, empleándola como su identificación.

### Fichas históricas de mantenimiento

De la documentación proporcionada por el personal de mantenimiento de los equipos médicos del Centro Quirúrgico, se emplea la información disponible en las órdenes de trabajo para la creación de fichas históricas de mantenimiento, como se expone en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Ficha histórica del mantenimiento de equipos.

Hospital General Docente Ambato Centro Quirúrgico		Código: FM-00 Fecha: 19/04/2016		
Ficha histórica del equipo				
Nombre del equipo: Monitor multiparámetros			Código del equipo: MM-00	
Fecha	Motivo de mantenimiento	Descripción de las actividades	Material utilizado	Tiempo fuera de servicio
14/05/2013	No funciona sistema de saturación de oxígeno	Habilitar sensores de saturación de oxígeno	Estaño Pasta Limpia dor de contactos	4 horas

En base a las fichas establecidas, se verifica que únicamente se desarrollan actividades de mantenimiento de tipo correctivo y que no todas las actividades desarrolladas son registradas, por tanto la Gestión de Mantenimiento en el medio evaluado es inexistente.

## ETAPA DE FORMULACIÓN

### Valoración de los factores de criticidad

Para la definición del inventario de mantenimiento, se realiza una valoración adecuada de la criticidad de los equipos que forman parte del inventario inicial, por lo que se aplica el algoritmo de Fennigkoh y Smith, el mismo que se compone de la evaluación de los siguientes factores de riesgo:

- **Función del equipo**  
Considera el papel que cumple el equipo en el cuidado del paciente y la influencia que puede ocasionar sobre el mismo de acuerdo a esta condición. Su escala de valoración de riesgo se encuentra entre 2 como nivel mínimo y 10 como valor máximo.

- **Aplicación clínica**  
Toma en cuenta los riesgos posibles para el paciente durante el uso del dispositivo. Su escala de valoración de riesgo varía entre 1 como nivel mínimo y 5 como nivel máximo.
- **Requisitos de mantenimiento**  
Varían de acuerdo a la complejidad de los requerimientos para el desarrollo de actividades de mantenimiento para el equipo. Su escala de valoración de riesgo se encuentra entre 1 como valor mínimo y 5 como máximo.
- **Antecedentes de problemas del equipo**  
Toma en cuenta la información histórica de mantenimiento disponible y las condiciones de los equipos para contribuir o menorar el índice de gestión que define la criticidad del equipo. Por tal motivo, la escala de valoración se encuentra establecida entre los valores -2 como mínimo y 2 como máximo.

### Definición del inventario de mantenimiento

Una vez definidos los factores a evaluar y las escalas a emplear para el efecto, se aplica esta evaluación en el inventario inicial definido en la etapa de identificación y se define un factor de criticidad o índice de gestión *GE*, según la Ecuación 1.

$$GE = \text{Función} + \text{Aplicación} + \text{Mantenimiento} + \text{Antecedentes} \quad (1)$$

En la Tabla 4 se expone el desarrollo de la valoración de descripta.

**Tabla 4.** Definición del índice de gestión para los equipos.

Código	Func	Aplic	Mant	Antec	GE
LC-01	7	3	2	0	12
MQ-01	9	4	1	-2	12
NTP-01	7	3	1	-2	9
ETB-01	9	5	3	0	17
MA-01	10	5	5	0	20
BSP-01	7	3	4	0	14
MM-01	7	3	3	0	13
MTL-01	7	3	3	0	13
CE-01	7	4	2	0	13
CE-05	7	4	2	0	13
FL-01	7	3	2	+1	13
BI-02	9	5	3	0	17
MC-01	7	3	3	+1	14
DFB-01	10	5	5	0	20
ATC-01	6	3	4	0	13

De acuerdo a los resultados obtenidos en el índice de gestión  $GE$ , el inventario se procede a seleccionar según el criterio de que los equipos con un índice  $GE$  igual a 12 o menor, no se consideran dentro del programa de mantenimiento preventivo, y los restantes deben incluirse obligatoriamente, estableciendo así el inventario de mantenimiento preventivo expuesto en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Inventario de equipos para mantenimiento preventivo.

Equipo médico	Código	$GE$
Electrobisturí	ETB-01	17
Máquina de anestesia	MA-01	20
Bomba de succión portátil	BSP-01	14
Monitor multiparámetros	MM-01	13
Monitor torre laparoscópica	MTL-01	13
Cámara endoscópica	CE-01	13
Cámara endoscópica 3D	CE-05	13
Fuente de luz	FL-01	13
Bomba de infusión	BI-02	17
Monitor de CO2	MC-01	14
Desfibrilador	DFB-01	20
Autoclave	ATC-01	13

## ETAPA DE PROGRAMACIÓN

En la etapa de programación se aplica la metodología de evaluación clínica para establecer la frecuencia de mantenimiento que se le asigna a cada equipo del inventario de la Tabla 5, para lo que se valoran los siguientes criterios:

- Frecuencia de uso
- Confiabilidad del equipo
- Facilidad de uso
- Contribución para el tratamiento del paciente

Los criterios mencionados se evalúan de acuerdo a la escala de la Tabla 6.

**Tabla 6.** Escala de valoración para evaluación clínica

Respuesta	Puntaje
Muy alta	8
Alta	6
Mediana	4
Baja	2
Ninguna	0

Posteriormente a la valoración de los factores se determina el factor de evaluación clínica según la Ecuación 2.

$$Ec = \frac{(\text{Puntos obtenidos por el equipo}) \times 10}{28 \text{ Puntos}} \quad (2)$$

Hallado el valor de la evaluación clínica  $Ec$ , se relaciona a este con los factores de criticidad según establece la Ecuación 3, con el objeto de calcular el índice de frecuencia de mantenimiento  $FMP$ .

$$FMP = \text{Función} + \text{Aplicación} + \text{Mantenimiento} + Ec \quad (3)$$

Obteniendo el  $FMP$  de los equipos del inventario de mantenimiento preventivo, se relaciona dicho valor con los parámetros establecidos en la Tabla 7 para designar la frecuencia de mantenimiento correspondiente.

**Tabla 7.** Frecuencia de mantenimiento preventivo en base a  $FMP$ .

Parámetros	Mantenimiento Preventivo (MP)
$FMP \leq 12$	No MP
$12 < FMP < 25$	MP cada año
$25 < FMP < 28$	MP cada seis meses
$FMP = 28 - 30$	MP cada cuatro meses

Realizando los procedimientos detallados en la etapa de planificación, se expone en la Tabla 8 la valoración respectiva para el caso de cada uno de los parámetros requeridos, designando finalmente la frecuencia de mantenimiento preventivo adecuada a cada equipo.

**Tabla 8.** Frecuencia de mantenimiento preventivo por equipos.

Código	F U	A P	M A	$Ec$	$FMP$		Frecuencia de IMP
					Real	Aprx	
ETB-01	9	5	3	8,5	25,5	26	6 meses
MA-01	10	5	5	7,8	27,8	28	4 meses
BSP-01	7	3	4	8,5	22,5	23	1 año
MM-01	7	3	3	10	23	23	1 año
MTL-01	7	3	3	9,2	22,2	22	1 año
CE-01	7	4	2	8,5	21,5	22	1 año
CE-05	7	4	2	7,8	20,8	21	1 año
FL-01	7	3	2	9,2	21,2	21	1 año
BI-02	9	5	3	10	27	27	6 meses
MC-01	7	3	3	10	26	26	6 meses
DFB-01	10	5	5	8,5	28,5	29	4 meses
ATC-01	6	3	4	9,2	22,2	22	1 año

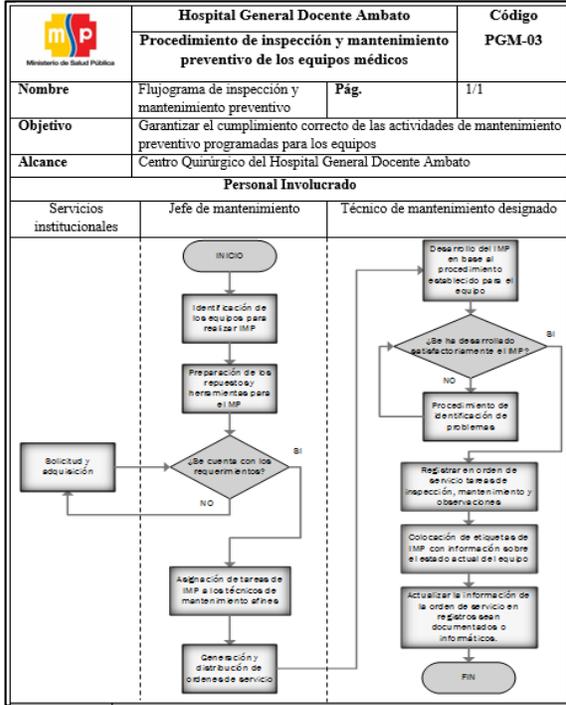
## ETAPA DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO

En esta etapa se establecen las directrices para el desarrollo de las actividades de mantenimiento en forma general.

### Diseño de procedimientos

Para la ejecución de las actividades de mantenimiento, es necesario establecer procedimientos que dirijan su adecuado desenvolvimiento. En la Tabla 9 se expone como referencia el procedimiento para IMP.

Tabla 9. Procedimiento para IMP de los equipos médicos del C.Q.



El formato empleado en el desarrollo del procedimiento cuenta con identificativos como son: Nombre, Objetivo, Alcance, Código, Responsables y un diagrama de flujo con las actividades que lo conforman.

### ETAPA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL

Para la supervisión y el control se establecen los indicadores necesarios que permitan evaluar los resultados obtenidos de aplicarse el Sistema de Gestión de Mantenimiento. Los más adecuados de emplearse de acuerdo al entorno evaluado son:

- Disponibilidad de los equipos  

$$\%Disp = \frac{\text{tiempo fuera de servicio}}{\text{tiempo operativo prog}} \times 100$$
- Cumplimiento del plan de mantenimiento  

$$\%Cmpto = \frac{\# \text{ de actividades realizadas}}{\# \text{ de actividades programadas}} \times 100$$
- Eficiencia del tiempo empleado  

$$\%Efc = \frac{\sum t \text{ preventivos} + \sum t \text{ correctivos}}{\text{Tiempo total disponible}} \times 100$$
- Falsas solicitudes  

$$\%falsas \text{ solicitudes} = \frac{\# \text{ de falsas solicitudes}}{\# \text{ de solicitudes}} \times 100$$

Los límites porcentuales de los parámetros para el control y seguimiento deben ser establecidos de acuerdo a la experiencia del personal y a las necesidades y prioridades del Centro Quirúrgico con respecto a sus equipos médicos.

### ETAPA DE PUESTA EN MARCHA Y CIERRE

En la presente etapa se desarrollan las guías necesarias para la ejecución del Sistema de Gestión de mantenimiento, por tanto para los equipos del inventario de mantenimiento preventivo se definen instructivos con las actividades de mantenimiento necesarias, como es posible observar en el ejemplo de la Tabla 10.

Tabla 10. Ejemplo de instructivo para IMP de los equipos.

Hospital General Docente Ambato		Código
Instructivo de mantenimiento preventivo		INMP-01
1.0	Nombre de la Categoría	Electrobisturí
2.0	Objetivo	Describir y controlar el cumplimiento detallado de los procedimientos para el mantenimiento preventivo de los equipos, evitando inconvenientes a causa de un inadecuado desarrollo.
3.0	Alcance	Centro quirúrgico del Hospital General Docente Ambato.
4.0	Responsable	Técnico de mantenimiento designado.
5.0	Formulario	Formato de orden de trabajo para IMP del equipo.
6.0	Procedimiento	
Paso	Descripción	Responsable
6.1	Definir actividades de mantenimiento a realizar en el dispositivo.	Jefe de mantenimiento
6.2	Designar el desarrollo de las tareas al técnico respectivo.	Jefe de mantenimiento
6.3	Notificar al personal del área del Centro Quirúrgico que se va a desarrollar el mantenimiento preventivo.	Responsable del área
6.4	Inspeccione el exterior del equipo para detectar roturas o piezas faltantes.	Técnico de mantenimiento
6.5	Inspeccione el cable de alimentación, el cable del pedal, los aislantes y terminales para verificar que no están dañados.	Técnico de mantenimiento
6.6	Verificar que los pines o contactos se encuentran limpios, y no existen anomalías por recalentamiento de los mismos.	Técnico de mantenimiento
6.7	Revisar si existen daños en el aislamiento de los cables de electrodos neutros o placas de paciente, devolver el electrodo en caso de señales de daño.	Técnico de mantenimiento
6.8	Verificar que las sujeciones de los cables de electrodos están seguras ante posibles tirones.	Técnico de mantenimiento
7.0	Historial de modificaciones	
	Fecha	Descripción
7.1		

### ETAPA DE PLANIFICACIÓN

Categoría	Código del equipo	Componente a intervenir	Responsable	Frecuencia en semanas	Semana inicial	Meses																		
						Enero	Febrero			Marzo			Abril											
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Electrobisturí	ETB-01	Chasis	T.M. Mecánico	26	1	X																		
		Contactos y cables de alimentación	T.M. Eléctrico	26	2		X																	
		Circuitos y componentes internos	T.M. Electrónico	26	3			X																
		Controles e indicadores	T.M. Eléctrico	26	2		X																	
Máquina de Alamburar	MA-01	Chasis	T.M. Mecánico	13	9											X								
		Cables de alimentación y circuitos externos	T.M. Eléctrico	13	10													X						
		Circuitos y componentes internos	T.M. Electrónico	13	11														X					
		Tuberías juntas y válvulas	T.M. Plomero	13	8														X					
Bomba de succión	BSP-01	Controles e indicadores	T.M. Mecánico	13	10																			
		Chasis	T.M. Mecánico	52	5																			
		Cables de alimentación conectores	T.M. Eléctrico	52	7																			
		Componentes mecánicos	T.M. Mecánico	52	6																			
		Componentes eléctricos internos	T.M. Electrónico	52	8																			
		Sellos mecánicos, tuberías, mangueras y acoples	T.M. Plomero	52	4																			
		Controles e indicadores	T.M. Eléctrico	52	7																			

Fig. 3. Plan de mantenimiento para equipos médicos.

Luego del desarrollo de las etapas del sistema de gestión, en base a una frecuencia de mantenimiento establecida para cada equipo y a las actividades definidas en los instructivos de mantenimiento, se desarrolla un Plan General de Mantenimiento como el que se expone en la Fig. 3, el mismo que considera las diferentes actividades a realizarse y las distribuye en forma adecuada según su frecuencia, designando al personal más idóneo para la ejecución de las mismas.

### III. RESULTADOS

#### Cantidad inicial de equipos según su frecuencia de mantenimiento

En la Fig.5 se aprecia la distribución de los equipos del inventario inicial según su frecuencia de mantenimiento, además de que se establece una categoría que incluye a los equipos de los que no existen registros de actividades de mantenimiento.

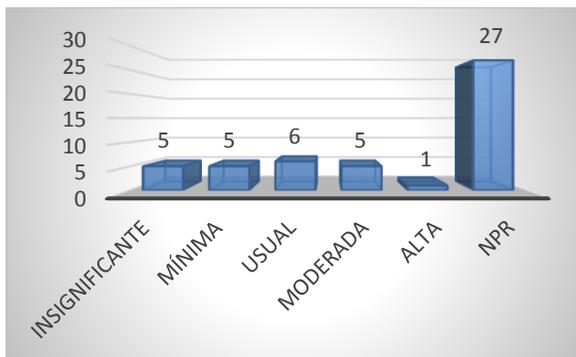


Fig. 4. Equipos por categoría según la frecuencia de mantenimiento.

#### Cantidad de equipos según su frecuencia de mantenimiento posteriormente al desarrollo del Sistema de gestión

En la Fig. 6 se observa la distribución del inventario seleccionado para mantenimiento preventivo, según la frecuencia de mantenimiento que se les ha designado a los equipos que se han incluido como parte del mismo.

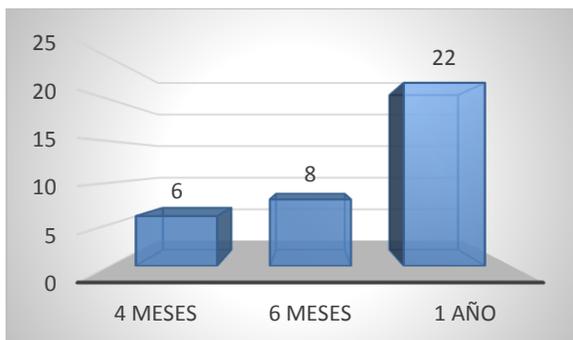


Fig. 5. Equipos por categoría según la frecuencia de mantenimiento.

#### Comparación de la cantidad de equipos por categoría según la frecuencia de mantenimiento

Para realizar un análisis comparativo de las categorías definidas en base a la frecuencia de mantenimiento y la cantidad de equipos contenida por categoría, se comparan las condiciones expuestas inicialmente en las fichas históricas de mantenimiento y las condiciones finales basadas en la metodología de mantenimiento preventivo desarrollada, motivo por el que se exponen las gráficas de la Fig.4 y la Fig. 5, que representan ambas condiciones mencionadas respectivamente.

#### Discusión.

Al desarrollar un sistema de Gestión de Mantenimiento para el Centro Quirúrgico, se consideran las deficientes condiciones iniciales para el manejo y desenvolvimiento de las actividades de mantenimiento y se direccionan las mismas para establecer parámetros bajo los que dichas actividades provean de mejores resultados en base a una optimización de recursos para mantenimiento y de la correcta organización de las actividades que la componen.

A través de la valoración de la criticidad de los equipos, la definición del inventario, las frecuencias de mantenimiento preventivo, los procedimientos e instructivos, el personal dispone de las herramientas adecuadas para analizar, comprender y desarrollar las actividades de mantenimiento preventivo en los equipos que lo necesitan, en el tiempo que lo requieren y optimizando los recursos disponibles, puesto que se evitan paradas por mantenimientos correctivos, conservando la operatividad del medio y realizando para ello únicamente la cantidad de tareas necesarias.

#### Interpretación de los resultados

Como es posible observar en la Fig.4 la cantidad de categorías de mantenimiento es diversa, esto debido a que se consideran todos los equipos del inventario, de donde alrededor de 10 equipos cuentan con registros de mantenimiento aun cuando no son de prioridad, pues su frecuencia es mínima e insignificante, además se cuenta con un registro para 12 equipos que requieren de mantenimiento de manera usual, moderada e incluso alta, sin embargo un total de 27 no cuentan con registros de ningún tipo, definiendo que se desconoce el desarrollo de las actividades sobre el 55% de los equipos del inventario y que existe un desperdicio de recursos sobre un 20% de equipos que no requieren de mantenimiento en forma prioritaria, obteniendo como resultado que los recursos de mantenimiento se aprovechan de manera efectiva únicamente sobre un 25% de los equipos del Centro Quirúrgico.

Por otra parte, una vez que se han aplicado las metodologías consideradas dentro del Sistema de Gestión de Mantenimiento, en la Fig. 5 se observa el establecimiento de únicamente tres categorías en base a la frecuencia de mantenimiento, para lo que se han excluido un total de 13 equipos en los que no es necesaria la aplicación de actividades de mantenimiento preventivo y se ha designado a los 36 restantes según su criticidad una frecuencia de mantenimiento de 4, 6 o 12 meses, aprovechando así en forma óptima los recursos disponibles, para el 74% del total de los equipos.

#### IV. CONCLUSIONES

- A través del desarrollo de la etapa de identificación, se establece que inicialmente las condiciones bajo las que se llevan a cabo las actividades de mantenimiento, que a su vez son únicamente correctivas, denotan la inexistencia de la gestión de mantenimiento en el medio evaluado.
- En base a la información recolectada en las fichas de identificación inicial y las fichas históricas de mantenimiento, se evidencia la existencia de un total de 49 equipos y de que únicamente se manejan registros de las actividades realizadas sobre 22 de los mismos, lo que implica que no existe información acerca del mantenimiento que se realiza sobre el 55% de los equipos imposibilitando el mantenimiento preventivo bajo las condiciones iniciales.
- Aplicando el algoritmo de Fennigkoh y Smith a través de la valoración de los factores de riesgo para cada equipo, se ha determinado su nivel de criticidad respectiva, permitiendo seleccionar los equipos del inventario que requieren de incluirse en el programa de mantenimiento preventivo.
- Empleando la evaluación clínica se ha definido la frecuencia de mantenimiento preventivo requerida por cada equipo, estableciendo de esta forma una programación adecuada de las actividades de mantenimiento preventivo que requieran.
- A través de los formatos adecuados se han diseñado los procedimientos y los instructivos necesarios para facilitar el desarrollo de las actividades de mantenimiento comprendidas dentro del Sistema de Gestión.
- De acuerdo a las características definidas en la identificación, se sugieren indicadores para supervisión y control de los resultados obtenidos de aplicar el Sistema de gestión para una optimización de su desenvolvimiento.

- En base a la documentación generada previamente, se elabora un Plan General de Mantenimiento Preventivo, que permite el desarrollo de las actividades señaladas en los instructivos de cada equipo a través de una distribución adecuada para su ejecución en el transcurso de un año, reduciendo las probabilidades de interrupciones o paradas inesperadas y optimizando recursos de mantenimiento.

#### V. REFERENCIAS

- [1] C. Gallegos, «Diseño de sistemas de gestión de mantenimiento,» Guayana, 2011.
- [2] S. M, M. A y R. E, Gestión de mantenimiento para equipos médicos, vol. I, La Habana: IEAC, 2011.
- [3] L. Tena y J. Castañeda, Plan de mantenimiento preventivo del equipamiento biomédico, Lima: USG-PMP, 2011.
- [4] Y. Wang, «Optimization design research of work field facilities based on human factors,» Systematic Engineering Theory and Practice, 2008, pp. 40-45.
- [5] OMS, «Introducción al programa de mantenimiento para equipos médicos,» L'IV Com Sàrl, Villars-sour-Yens-Suiza, 2012.
- [6] E. Roriguez, A. Miguel y S. M, «Gestión de mantenimiento para equipos médicos,» *Infomed*, vol. I, p. 5, 2011.
- [7] D. A. Sen Salinas y J. G. Aguilar Soto, «Modificación del algoritmo de Fennigkoh y Smith para el cálculo de la frecuencia de mantenimiento preventivo en equipos médicos,» INAOE, Puebla, 2015.
- [8] A. Muñoz, «Gestión de mantenimiento en la clínica El Prado,» UNAO, Cali, 2008.
- [9] C. Jasper, «Journal of quality in maintenance engineering,» Leeds, 2000.
- [10] J. Estrada, «Gestión de mantenimiento de equipos médicos en la Fundación Clínica Infantil Club Noel,» Biomed, Cali, 2011.