

# Propuesta para la Optimización del Inventario y Plan de Mantenimiento del equipo Electromédico del Hospital General de Querétaro

L. N. Flores Rivera<sup>1</sup>, D. L. Gutiérrez Acevedo<sup>1\*</sup>, A. Hernández Medina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Metropolitana, Estado de México, México.

\*[dgutierrezacevedo@gmail.com](mailto:dgutierrezacevedo@gmail.com)

## Resumen

Con el paso de los años se ha reconocido que para lograr atención médica eficiente y efectiva es necesario el uso de tecnologías sanitarias; el constante cambio tecnológico y el incremento en su complejidad y número han hecho imprescindible su gestión de una forma adecuada con la finalidad de poder cubrir las demandas que un sistema de salud tanto público como privado requiere. En este trabajo se propone elaborar un sistema de gestión que, mediante una herramienta computarizada, permita optimizar el sistema de inventario y plan de mantenimientos de los equipos médicos del Hospital General de Querétaro

**Palabras clave:** Gestión de Equipo Médico, Inventario, Plan de Mantenimiento, Sistema Computarizado de Gestión de Equipo Médico.

## 1. Introducción

La Gestión de Equipo Médico (GEM) es el conjunto de procedimientos sistemáticos que permiten proveer y evaluar la tecnología adecuada, segura, eficaz y costo efectiva en establecimientos de atención a la salud, con el objetivo de garantizar una operación segura y prestaciones de calidad de todos los equipos médicos, considerando los recursos humanos, materiales, estructurales, organizacionales y financieros [1], [2], [3]. La demanda de servicios tecnológicos suficientes y de calidad dentro de las instituciones hospitalarias han hecho imprescindible la participación de la ingeniería biomédica en forma coordinada con otros departamentos de salud, con la finalidad de lograr la correcta implementación de tecnología médica y gestión de una forma adecuada, con el objetivo de planear y mejorar las necesidades del sistema de salud. En México, el Consejo de Salubridad General brinda certificaciones que permiten garantizar la calidad de la atención hospitalaria, para lo cual, dentro de los estándares establecidos para Equipo y Tecnología Biomédica (Estándares FMS.6 y FMS.6.1) se incluye como indispensable que las Instituciones Hospitalarias cuenten con un Programa para la Gestión del Equipo y Tecnología Biomédica, con el propósito de brindar una atención y condiciones de trabajo seguras para el paciente y personal [4].

El proceso de gestión puede ser dividido en cinco etapas: Planeación, Incorporación del Equipo, Instalación y Puesta en Marcha, Operación de la Tecnología y Baja del Equipo; es en las últimas tres etapas donde la mayoría de los Departamentos de Ingeniería Biomédica (DIB) se encuentran más involucrados [1].

Un Sistema de Gestión de Equipo Médico (SGEM) es una herramienta con la que, mediante un análisis de información recolectada en el rastreo y monitoreo de equipos médicos, podemos iniciar órdenes de trabajo, obtener indicadores de desempeño, determinar tendencias de fallas del equipo,

identificar las necesidades reparación o reemplazo de tecnología y de capacitación de personal, realizar ajustes en el plan de mantenimiento y producir informes de gestión, permitiendo maximizar la disponibilidad, seguridad y eficiencia del equipo médico [5], [6]. La PAHO [6] en conjunto con la OMS [7], [8], [9], destacan dos puntos dentro del SGEM, la gestión de los activos, donde se incluye el inventario de equipamiento, contratos, costos, y los procesos de aceptación, instalación y puesta en marcha del equipo; Y la gestión de mantenimiento, la cual deberá incluir todas las actividades relacionadas con el uso y conservación del equipo médico tales como, Mantenimientos Correctivos (MC), Mantenimientos Preventivos (MP), Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP) y control de refacciones y proveedores. Dicho sistema puede ser desarrollado en un programa informático (Sistema Computarizado de Gestión de Equipo Médico (SCGEM)) que permita almacenar el registro completo del equipamiento médico de una institución documentando todas las acciones relacionadas al mismo con la finalidad de proveer un banco de información de todo el equipamiento de la institución.

Hablando del DIB como el encargado de gestionar y mantener en perfecto estado el equipo médico existente dentro de los hospitales, es esencial que este cuente con un registro integral que permita procesar y analizar toda la información de forma rápida, sencilla y en cualquier momento con base en sus necesidades con el objetivo de asegurar que el equipo esté disponible, sea adecuado y suficiente para mejorar la calidad en la atención hospitalaria.

Autores como Hernández & Mejía [10] y Rodríguez & Vega [11] han desarrollado distintos SCGEM en Instituciones Hospitalarias del sector privado en México, ambas propuestas fueron enfocadas a cubrir las necesidades de cada organismo enfocándose en implementar sistemas personalizados a nivel local teniendo ventaja en el análisis costo-beneficio en comparación con sistemas comerciales.

El Hospital General de Querétaro (HGQ), uno de los hospitales públicos más importantes del estado, cuenta con un DIB que cumple principalmente con funciones operativas y de mantenimiento en un aproximado de 350 equipos médicos distribuidos en las diferentes áreas, y cuenta con un registro manual de la información generada de los mismos. Tomando en cuenta lo anterior, y que en concreto el registro manual no ha sido lo más eficiente, se propone elaborar un sistema de gestión que, mediante una herramienta computarizada (SCGEM), contenga toda la información relacionada con los equipos médicos, con el propósito de ser actualizada, visualizada y editada constantemente permitiendo optimizar el sistema de inventario y planes de mantenimiento con los que cuenta dicho departamento.

## **2. Metodología**

El desarrollo de este proyecto se realizó en 5 etapas, en conjunto con el desarrollo del Sistema Computarizado en la plataforma Microsoft Access ®.

### **2.1 Inspección Inicial y Recopilación de Datos**

Con la finalidad de realizar un SGEM adecuado para el hospital, siguiendo las recomendaciones establecidas por las instituciones de gestión tecnológica (OMS y CENETEC), fue necesario analizar inicialmente la forma en que el DIB manejaba y desempeñaba las actividades de gestión de equipo, de manera que pudiera estructurarse la propuesta con base en los procesos establecidos y necesarios para el personal del departamento por lo que se realizó la recolección de todos los datos y documentos relacionados con el equipo médico a cargo del DIB.

## **2.2 Elaboración del Inventario Funcional**

Se realizó la recopilación de los siguientes datos de los equipos médicos a cargo del DIB: Número de Inventario, Nombre del Equipo, Nombre del Fabricante o Marca, Modelo, Número de Serie, Estado Operativo y Ubicación Física. Dicha recopilación fue realizada en 255 equipos localizados en las distintas áreas del Hospital logrando la actualización del inventario y el estado funcional de dichos equipos. Posterior a la recopilación de datos, se realizó la estandarización de nombres de equipo de acuerdo con el Cuadro Básico y Catálogo de Instrumental y Equipo Médico Tomo II de acuerdo a [12] y se completó el inventario elaborado con los siguientes datos: Área, Nivel de riesgo (ECRI), Nivel de prioridad, Número de Gestión, Inclusión en el PMP, Fecha de sus últimos mantenimientos e inspecciones, y Número de Control; Éste último fue generado a conveniencia del DIB ya que permite la rápida identificación de los equipos y un mayor control de información en el SCGEM.

## **2.3 Gestión de Mantenimiento**

Esta etapa consistió en el desarrollo del PMP, dividiéndose en una serie de pasos que permitieron identificar y seleccionar los equipos que se incluirían dentro del mismo.

Inicialmente se realizó una valoración de la criticidad y prioridad de cada uno de los equipos del inventario generado aplicando un algoritmo de evaluación utilizando como base el modelo con enfoque al riesgo de Fennigkoh y Smith, el cual evalúa los equipos médicos y establece un valor numérico (GE) con base en su función, en la complejidad del MP y el riesgo asociado a la aplicación clínica [7] dando como resultado equipos de prioridad alta, media y baja. Posterior a esta primera valoración se añadieron a dicho modelo dos criterios adicionales, evaluando nuevamente los equipos de prioridad media y alta, con la finalidad de obtener una evaluación más precisa, estos criterios fueron: la edad del equipo, es decir, el tiempo de funcionamiento desde su puesta en marcha, y los antecedentes de fallas en un periodo de 3 años.

El PMP fue ordenado de acuerdo al nivel de prioridad obtenido en la valoración mencionada; los equipos con mayor puntaje de GE fueron los equipos a los cuales se les asignó más tiempo y recursos y fueron programados primero.

## **2.4 Elaboración de Procedimientos para la Inspección y Mantenimiento Preventivo**

Se elaboraron los protocolos y rutinas de inspección y mantenimiento de los equipos médicos que serán atendidos por el DIB, con la finalidad de evaluar y verificar la integridad, el funcionamiento y seguridad de los mismos.

Dichos procedimientos se realizaron con base en rutinas establecidas por la ECRI y con información proporcionada por fabricante en sus manuales de servicio [13].

Se elaboró una orden de servicio para dichos procedimientos donde se determinó la información necesaria a recabar, para el correcto uso en el SGEM propuesto.

Se generó un calendario de mantenimiento asignando los días y semanas del año en curso en las que se realizaría el MP de cada tipo de equipo médico tomando en cuenta el nivel de prioridad obtenido.

## **2.5 Establecimiento de Indicadores de Gestión**

Se definieron indicadores de disponibilidad, de eventos del PMP, de MC y de falsas solicitudes que permitirán monitorear los resultados obtenidos gracias al uso del sistema propuesto.

### **\*Desarrollo del SCGEM**

En paralelo a las etapas mencionadas anteriormente, se desarrolló el SCGEM en la plataforma de base de datos Microsoft Access® junto con su manual de uso. Una vez completado el sistema, la información recabada y generada en cada una de las etapas fue registrada dentro del mismo.

## **3. Resultados y Discusión**

### **3.1 Inventario**

Se obtuvo un inventario funcional, es decir, completo, corregido y actualizado con los datos pertinentes para el DIB. Fue de gran impacto pues éste es la herramienta principal de la gestión de equipamiento médico ya que permite identificar todos los equipos médicos y la información relacionada con los mismos de una forma precisa.

En la etapa de recopilación de datos, las órdenes de servicio de mantenimiento encontradas proporcionaron información específica para detectar las frecuencias de fallas presentadas y los motivos de dichas fallas, lo cual permitió elaborar un historial y expediente de cada equipo médico. No fue posible recabar información tanto financiera como de contratos debido a la organización institucional y organigramas de la Secretaría de Salud del estado, pues esa documentación es manejada a nivel estatal y es confidencial; esto ocasionó que la propuesta realizada del sistema de gestión no pudiera basarse en dicha información, lo que llevó a considerar que el hospital será responsable de elegir de manera eficiente a sus proveedores de servicios, fundamentándose en la evaluación de prioridades realizada en este trabajo, ajustando así su presupuesto.

La generación de un número de identificación propio del DIB (número de control) para cada equipo, origina la independización de dicho departamento con respecto del departamento de activo fijo, especialmente en procesos de identificación, localización y seguimiento de equipos.

### **3.2 Planes de Mantenimiento**

Previo a la evaluación de prioridad de los equipos inventariados, se descartaron aquellos cuya propiedad no fuera del HGQ (equipos en comodato y rentados) y equipos fuera de funcionamiento, por lo cual solo fueron evaluados 225 equipos.

Los equipos de prioridad baja que fueron descartados para la segunda evaluación fueron en su mayoría pertenecientes al área de consultorios y laboratorios.

Con la evaluación integral se obtuvieron 175 equipos de prioridad Media y Alta, los cuales formaron el inventario de mantenimiento y 161 son pertenecientes al PMP.

De los 175 equipos evaluados se obtuvo que:

- 14 equipos obtuvieron un  $GE < 7$ , los cuales fueron descartados del PMP.
- 10 equipos mostraron un cambio de nivel de prioridad.
- 51 equipos no mostraron cambios en su criticidad (GE).
- 124 equipos cambiaron su criticidad (GE).

Se determinó que agregar los factores de edad y antecedentes de fallas a la segunda evaluación de criticidad y prioridad de los equipos proporcionaría información más precisa, esto debido a la cantidad de fallas y MC reportados en algunos equipos de gran uso dentro del hospital y la detección de equipos cuya antigüedad de instalación es mayor a su tiempo de vida útil promedio; ambos casos indican que dichos equipos requieren mayor atención. Así mismo, se esperaba que al contemplar estos dos factores adicionales en la segunda evaluación, la cantidad de equipos del inventario de mantenimiento se reduciría al bajar el nivel de prioridad de algunos equipos de nivel medio, esto debido a que se encontraron equipos sin fallas constantes durante el tiempo de análisis establecido, sin embargo, esto ocurrió únicamente en seis equipos y el mayor ajuste se observó en el número de gestión o criticidad dentro del mismo nivel de prioridad, principalmente en los equipos pertenecientes a la prioridad Alta. Esta modificación indicó finalmente que no todos los equipos representan y requieren la misma atención por parte del DIB a pesar de ser de la misma prioridad, favoreciendo el orden de atención en el PMP y el establecimiento de propuestas de rutinas y tiempos de inspección.

Se estableció que los mantenimientos preventivos de los 175 equipos serán realizados por personal externo a la institución (proveedor o fabricante), ya que el personal del DIB no está debidamente capacitado para realizar los procedimientos específicos establecidos por fabricante, además de que el HGQ no cuenta con la herramienta adecuada como calibradores y simuladores.

Para fijar las fechas de los mantenimientos preventivos del año en curso es necesario tomar en cuenta la fecha del último MP y la frecuencia de mantenimiento de cada equipo, no obstante, no todas las órdenes de servicio de los mantenimientos preventivos generados fueron halladas, por lo que debido a los registros faltantes de dichos mantenimientos y por indicaciones del ingeniero a cargo del DIB, se establecieron las fechas con base únicamente en los criterios de prioridad obtenidos, los tiempos de mantenimiento establecidos por fabricantes y el horario de trabajo del personal del departamento.

Se determinó que las centrífugas, desfibriladores, electrocardiogramas, unidades de anestesia y ventiladores son los equipos que serán inspeccionados por el DIB, realizando principalmente tareas de limpieza y pruebas pre-uso adicionales a los mantenimientos preventivos regulares que realizará el proveedor o fabricante.

Los criterios concluyentes en la elaboración adecuada de los procedimientos de inspección fue la experiencia del DIB y la forma de operación del Hospital en su jornada diaria, por lo que fue necesario generalizar dichos procedimientos para cada grupo de equipo (Desfibriladores, Ventiladores, etc.) dejando de lado la marca, especialmente en la frecuencia con la que se realizarán dichas rutinas. Como ya se mencionó, se utilizaron como base las rutinas y recomendaciones indicadas por el fabricante en los manuales de servicio y las rutinas elaboradas por la ECRI. Dichas rutinas fueron recopiladas dentro del SCGEM y en un solo archivo PDF.

Con base en las órdenes de servicio existentes en el DIB se realizó una orden de servicio funcional con el SGEM. Debido a que un gran porcentaje de las órdenes generadas para mantenimientos correctivos correspondían a errores o fallas generadas por los usuarios, se recomienda como algo fundamental, la consideración de un plan de capacitación para aminorar estos casos y que el DIB focalice su tiempo y atención en las fallas propias de los equipos.

### **3.3 SCGEM**

Se creó el archivo “Sistema de Gestión HGQ.accdb” en la plataforma de base de datos Microsoft Access® junto con un manual de uso. Fueron las cuestiones financieras, legales y de licencias lo que redujo las opciones a los programas de la paquetería Microsoft Office® donde el software especializado en base de datos Access®, resultó ser la mejor.

El sistema cuenta con toda la información debidamente organizada y es mostrada en cuatro pestañas, las cuales representan el menú principal: Inicio/Consulta, Mantenimientos, Proveedores y Refacciones (Fig 1.)

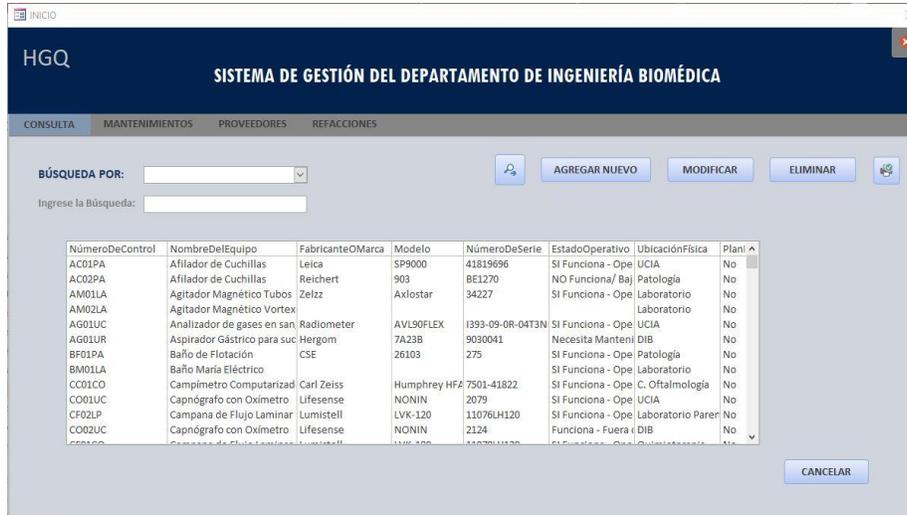


Fig. 1. Pantalla de inicio y consulta del sistema de Gestión.

La simplicidad, estandarización y distribución en el diseño amigable de la interfaz en las pestañas principales del SCGEM (consulta, mantenimientos, proveedores y refacciones) junto con la facilidad de manejo de información dentro del mismo, permiten el uso continuo y que este no sea descartado por el personal del DIB, así mismo, esto reduce la posibilidad de que se produzcan errores al ingresar o consultar información de cualquier equipo.

Una vez que el SGEM sea puesto en marcha, es importante realizar una evaluación a la efectividad del sistema realizando un monitoreo de los resultados obtenidos a mediano y largo plazo por medio de los indicadores propuestos pues esto permitirá detectar puntos débiles de manera más específica y el DIB podrá tomar las decisiones necesarias respecto a planes de mejoramiento.

## 4. Conclusiones

En la actualidad, la tecnología médica desempeña un papel fundamental en la prestación adecuada y eficaz de atención hospitalaria, es por eso que la correcta gestión de la misma contribuye con el objetivo de garantizar servicios de salud seguros y de calidad.

La compra de softwares especializados de gestión no es costeable para la mayoría de los Hospitales, especialmente aquellos de atención pública como es el caso del HGQ, no obstante, eso no justifica que no se pueda llevar un SGEM idóneo.

El Sistema de Base de Datos propuesto es una herramienta práctica para la implementación de un Sistema de Gestión de Equipo Médico en el DIB. A pesar de no contar con toda la información que se requería para un sistema óptimo (de acuerdo con las recomendaciones de las instituciones de gestión tecnológica), se pudo desarrollar un sistema personalizado y funcional que provee un punto de partida para la protocolización y sistematización de los procesos que se realizan en la institución, permitiendo al DIB aportar una valoración técnica, acertada y justificada en colaboración con el resto de los departamentos involucrados en el proceso de gestión; la organización, almacenamiento, búsqueda y extracción de información del sistema posibilita la simplificación de procesos y generación de informes

para el DIB, así como una evaluación del desempeño de la propuesta, con la finalidad de garantizar equipo médico seguro, adecuado y disponible para la mejora en la calidad de la atención hospitalaria dentro del HGQ.

Complementando el sistema establecido, se plantean propuestas a futuro, tales como la elaboración de etiquetado y lectura por código de barra o QR de manera que se pueda lograr la actualización y consulta de información de forma inmediata.

## Declaración de conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés para este trabajo.

## Referencias

- [1] CENETEC-Salud. *Glosario de Gestión de Equipo Médico*. Ciudad de México, México, 2016.
- [2] Cruz, A. *Gestión tecnológica hospitalaria. Un enfoque sistémico*. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario, 2010.
- [3] Rivera Hernández, T. I. *Recomendaciones para la adquisición de equipo médico en el sistema nacional de salud*. Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Ciudad de México, 2016.
- [4] Estándares para Implementar el Modelo en Hospitales Edición 2018. Modelo de Seguridad del Paciente del SiNaCEAM. Consejo de Salubridad General. [Online]. 2015. Available at: [http://www.csg.gob.mx/descargas/pdf/certificacion-establecimientos/modelo\\_de\\_seguridad/hospitales/Estandares-Hospitales-Edicion2018.pdf](http://www.csg.gob.mx/descargas/pdf/certificacion-establecimientos/modelo_de_seguridad/hospitales/Estandares-Hospitales-Edicion2018.pdf)
- [5] Chien, C.-H., Huang, Y.-Y., & Chong, F.-C. A framework of medical equipment management system for in-house clinical engineering department. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference 2010:6054-7. Buenos Aires. [Online]. 2010. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/49628317\\_A\\_framework\\_of\\_medical\\_equipment\\_management\\_system\\_for\\_in-house\\_clinical\\_engineering\\_department](https://www.researchgate.net/publication/49628317_A_framework_of_medical_equipment_management_system_for_in-house_clinical_engineering_department)
- [6] PAHO & OMS. Computerized Medical Equipment Management Systems. [Online]. (s.f.). Available at: <https://cursos.campusvirtualsp.org/mod/page/view.php?id=25002>
- [7] OMS. Introducción a la gestión de inventario de equipo médico. Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos. Ginebra, Suiza. [Online]. 2012. Available at: [https://www.who.int/medical\\_devices/management\\_use/en/](https://www.who.int/medical_devices/management_use/en/)
- [8] OMS. Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos. Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos. Ginebra, Suiza. [Online]. 2012. Available at: [https://www.who.int/medical\\_devices/management\\_use/en/](https://www.who.int/medical_devices/management_use/en/)
- [9] OMS. Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento. Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos. Ginebra, Suiza. [Online]. 2012. Available at: [https://www.who.int/medical\\_devices/management\\_use/en/](https://www.who.int/medical_devices/management_use/en/)
- [10] Hernández, C., Mejía, A., & Dorantes, G. “Diseño e implementación de un Sistema Computarizado para la Gestión de Equipo Médico”. Memorias XXXIX del Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica. Mérida. 2016.
- [11] Rodríguez Tepozteca, G., & Vega González, A. “Desarrollo de un programa de gestión de equipo médico en un hospital privado de León”. Memorias del XL Congreso Nacional

- de Ingeniería. León. [Online]. 2017. Available at:  
<http://memorias.somib.org.mx/index.php/memorias/article/view/227>
- [12] Consejo General de Salubridad. Cuadro Básico y Catálogo de Instrumental y Equipo Médico. Tomo II: Equipo Médico, 2017. Ciudad de México.
- [13] ECRI. “Health Devices Inspection and Preventive Maintenance System.” IPM procedures. USA. [Online] 2008. Available at:  
<http://docshare02.docshare.tips/files/10056/100560554.pdf>