

# Diseño y desarrollo de un sistema computarizado de gestión de mantenimiento para equipos médicos

Alejandro Vitale <sup>a</sup>, Sergio Antúnez <sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Facultad de Ciencia Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Ciudad de Corrientes, Corrientes, Argentina.*

<sup>b</sup> *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*  
e-mails: alejandrovitale92@gmail.com, sergioantunez11@gmail.com

---

## Resumen

Para asegurar la disponibilidad de los equipos médicos con que cuenta una institución de salud es de vital importancia una adecuada gestión de los mismos. Una herramienta que simplifica esta tarea es un sistema computarizado de gestión de mantenimiento. Al momento de implementar dicho sistema una institución puede optar por opciones tanto pagas como gratuitas, pero estas no siempre se adaptan a sus necesidades particulares. Una solución a esto es el desarrollo de software a nivel local. En este trabajo se presenta el diseño y desarrollo de un sistema de gestión de mantenimiento de equipos médicos basado en el sistema de gestión de bases de datos Microsoft Access. Se discuten sus limitaciones y se consideran áreas a mejorar.

**Palabras Clave** – Equipos médicos, gestión, indicadores, mantenimiento, software.

## 1 Introducción

La buena gestión de equipos médicos garantiza la fiabilidad de los mismos y su disponibilidad. Para esto es importante contar con un programa de mantenimiento que ayude a prolongar la vida útil de los equipos y minimizar los costos de operación [1].

Un sistema computarizado de gestión de mantenimiento (CMMS) es una herramienta que ayuda a simplificar muchas de las tareas administrativas inherentes a un sistema de gestión de equipos médicos, lo que permite reducir los tiempos de las distintas actividades y reducir la ocurrencia de errores.

En la actualidad existe una gran variedad de soluciones en el mercado al momento de seleccionar un CMMS, pudiéndose optar por softwares comerciales, como Azzier, FM Works o MetaCMMS; o de plataforma libre, como Aware, Facilities Desk o Maintenance Assistant. También existen programas desarrollados en Argentina [2, 3]. Sin embargo, muchas de las opciones disponibles son de estructura fija y no siempre se adaptan fácilmente a distintos casos particulares.

Una tercera opción son programas desarrollados a nivel local, los cuales permiten una mejor adaptación a la situación particular del solicitante [4]. En este sentido pueden implementarse herramientas de diferente complejidad.

Para el presente trabajo se planteó el diseño y la programación de un CMMS en base al sistema de gestión de bases de datos Microsoft Access, partiendo de las recomendaciones de la

Organización Mundial de la Salud (OMS). Dicho programa permite una sencilla implementación y adaptación a las necesidades particulares de cada usuario, teniendo como ventaja que ya viene incluido en las ediciones profesionales de la suite Microsoft Office, software de amplia difusión en nuestro país, lo que permitirá a cada operario realizar las ediciones que considere pertinentes para su situación.

## **2 Metodología**

El sistema se organizó en base a un conjunto de tablas y pantallas de datos denominados “módulos” [4].

### *2.1 Módulo del Inventario*

Como primer paso se planteó el diseño de una interfaz que permita el ingreso de nuevos equipos al inventario y que sirva posteriormente como ficha descriptiva de cada uno de ellos. Para esto se propuso una primera pestaña, como se muestra en la Fig. 1, que incluye una serie de campos que aporten datos característicos de cada equipo, los cuales se mencionan a continuación:

- Código interno que identifica al equipo dentro de la institución
- Nombre representativo del tipo de equipo en cuestión
- Indicador de estado (en servicio, fuera de servicio o en mantenimiento)
- Marca
- Modelo
- Número de Serie
- Imagen ilustrativa
- Ubicación geográfica dentro de la institución
- Factor de riesgo, a determinar por cada institución
- Fecha de puesta en servicio
- Fecha de fin de garantía
- Nombre de la empresa encargada de los servicios de mantenimiento si se tratase de un prestador externo
- Listado de accesorios incluidos
- Manuales disponibles
- Observaciones o información extra que se considere pertinente

Datos del equipo | **Mantenimiento Preventivo** | Historial | Indicadores

Código:  Estado:

Equipo:

Marca:

Modelo:

N° Serie:

Ubicación:

Factor de Riesgo:

Mantenimiento Interno:

Observaciones:

Accesorios:

Puesta en Servicio:

Fin de Garantía:

Manuales:



**Fig. 1. Primera pestaña de la interfaz del módulo del inventario.**

Una segunda pestaña (Fig. 2) abarca los datos pertinentes al mantenimiento preventivo del equipo, lo que incluirá la frecuencia de los mismos, cuándo deben realizarse y una representación en un calendario simplificado.

Datos del equipo | **Mantenimiento Preventivo** | Historial | Indicadores

Frecuencia anual:

Fecha del próximo mantenimiento:

JUNIO - 2023	JULIO - 2023	AGOSTO - 2023	SEPTIEMBRE - 2023	OCTUBRE - 2023	NOVIEMBRE - 2023
<input type="text" value="(3)"/>	<input type="text" value="(3)"/>	<input type="text" value="(4)"/>	<input type="text" value="(4)"/>	<input type="text" value="(4)"/>	<input type="text" value="(3)"/>
DICIEMBRE - 2023	ENERO - 2024	FEBRERO - 2024	MARZO - 2024	ABRIL - 2024	MAYO - 2024
<input type="text" value="(5)"/>	<input type="text" value="(3)"/>	<input type="text" value="(4)"/>	<input type="text" value="(4)"/>	<input type="text" value="(4)"/>	<input type="text" value="(3)"/>

**Fig. 2. Pestaña de mantenimiento preventivo del equipo.**

Una tercera pestaña (Fig. 3) está compuesta por un historial de las órdenes de trabajo de los servicios de mantenimiento realizados sobre el equipo y los costos implicados.

Datos del equipo		Mantenimiento Preventivo	Historial	Indicadores			
<b>Historial de Mantenimiento</b>				ECA-001			
Orden de Trabajo	Fecha de Solicitud	Fecha de Finalización	Tipo	Horas trabajadas	Horas fuera de Servicio	Costos Previstos	Costos Imprevistos
230509-002	9/5/2023	16/5/2023	Mant. Correctivo	25	50	\$ 0,00	\$ 0,00
230515-006	15/5/2023	16/5/2023	Mant. Correctivo	10	30	\$ 10,00	\$ 5,00
230515-011	15/5/2023	16/5/2023	Mant. Correctivo	3	5	\$ 50,00	\$ 10,00
230516-001	16/5/2023	16/5/2023	Mant. Correctivo	15	20	\$ 1.000,00	\$ 300,00
230516-002	16/5/2023	17/5/2023	Otro	5	50	\$ 8,00	\$ 40,00

**Fig. 3. Pestaña del historial de las órdenes de trabajo de los servicios de mantenimiento realizados sobre el equipo.**

Una última pestaña presenta indicadores particulares para cada equipo, estos permiten visualizar los puntos problemáticos del proceso, sirviendo de ayuda para caracterizarlos, comprenderlos y confirmarlos, posibilitando una evaluación objetiva de datos que sirven para una posterior toma de decisiones [5]. Los indicadores utilizados se detallan a continuación:

- Disponibilidad del equipo: cociente de dividir el número de horas que un equipo ha estado disponible para el uso y el número de horas totales de un periodo.
- Disponibilidad por avería: similar al anterior pero no tiene en cuenta intervenciones programadas propias del mantenimiento preventivo.
- Tiempo medio entre fallos: cantidad total de horas del período analizado sobre el número de averías que ocurrieron.
- Tiempo medio correctivo: número de horas que un equipo ha estado fuera de servicio debido a una avería, sobre el número de averías.
- Costos previstos por mantenimiento preventivo: total en el periodo analizado.
- Costos imprevistos por mantenimiento preventivo: total en el periodo analizado.
- Costos previstos por mantenimiento correctivo: total en el periodo analizado.
- Costos imprevistos por mantenimiento correctivo: total en el periodo analizado.

## 2.2 Módulo de Mantenimiento

El control del mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, se lleva a cabo a partir de las órdenes de trabajo. Estas permiten documentar y realizar un seguimiento de todas las actividades de mantenimiento y evaluar su eficiencia.

Al comunicarse de una avería de algún equipo al Departamento de Mantenimiento, o al alcanzar la fecha estipulada para su mantenimiento preventivo, se generará la Orden de Trabajo correspondiente. Luego de la ejecución de la tarea, si esta se ha completado, se cerrará la Orden de Trabajo. Si no se pudo finalizar por falta de materiales se notificará de esto y se hará el pedido

correspondiente. Si no se pudo finalizar por algún otro motivo, se creará un registro sobre esto y la orden permanecerá pendiente.

Partiendo del diseño del proceso de generación de las Órdenes de Trabajo se planteó el diseño de una interfaz para tal motivo. De esta manera se propuso una primera pestaña, ilustrada en la Fig. 4, con los siguientes datos:

- Número de la Orden de Trabajo y fecha en que se generó
- Estado (Abierta, cerrada, programada)
- Equipo al que se le realizará el servicio
- Ubicación del equipo en cuestión
- Tipo de actividad a realizar (mantenimiento preventivo, correctivo u otro)
- Detalles particulares de la actividad, por ejemplo, una descripción de la falla detectada
- Datos del solicitante del servicio
- Hora y fecha en que se realizó la solicitud

Pedido Responsable Desarrollo

Estado CERRADA

Orden N° 230509-002

Fecha 9/5/2023 08:39:15

Actividad Mant. Correctivo

Equipo ELECTROCARDIÓGRAFO Ubicación Depto. Pediatría

Detalles Registro de prueba

Solicitante Juan Perez

Hora de Solicitud 08:39 Fecha de Solicitud 9/5/2023

**Fig. 4. Primera pestaña de la interfaz de generación de Órdenes de Trabajo.**

Luego en una segunda pestaña se podrá indicar si la actividad será realizada dentro de la institución o por un prestador externo. En ambos casos se indicará la persona o empresa que la llevará a cabo y se registrará la hora y fecha en que fue asignada.

En una tercera pestaña (Fig.5) se registran todas las acciones tomadas durante la ejecución de la actividad y si ésta pudo ser completada, la hora y fecha en que se finalizó, los materiales o repuestos utilizados si los hubiese, los costos previstos e imprevistos, el tiempo requerido para finalizar la tarea y el tiempo total en que el equipo estuvo fuera de servicio.

Pedido		Responsable		Desarrollo	
Día	Acciones Tomadas/Detalles	Horas Trabajadas	Costo		
15/5/2023	Acción 1	2	\$ 20,00		
15/5/2023	Acción 2	1	\$ 30,00		
*		0	\$ 0,00		

Estado de la actividad:
<input checked="" type="radio"/> En desarrollo
<input type="radio"/> Se esperan repuestos
<input type="radio"/> Abierta por otro motivo
<input type="radio"/> Terminada

**Fig. 5. Pestaña del historial de acciones tomadas durante la ejecución de una Orden de Trabajo.**

### 2.3 Tablas

Para el correcto funcionamiento de los módulos anteriores es indispensable la implementación de una serie de tablas que contengan y relacionen los datos suministrados. Por tal motivo se plantearon en primer lugar las tablas de “Inventario” y “Órdenes de Trabajo”, las cuales contienen todos los datos que pueden ser ingresados a través de sus correspondientes interfaces. También fue necesario el diseño de las siguientes tablas y sus campos asociados:

- Herramientas, Repuestos e Insumos
  - Código interno
  - Nombre
  - Categoría (Herramienta, equipo de medición, insumo, repuesto)
  - Marca
  - Modelo
  - Número de Serie
  - Equipo asociado
  - Fecha de fin de garantía
  - Cantidad en Stock
  - Stock mínimo
  - Detalles
  
- Personal
  - Código de identificación
  - Apellidos
  - Nombres
  - Título
  - Cargo
  - Teléfono

- Correo electrónico
- Fotografía
- Carga horaria
- Anexos
- Observaciones
- Prestadores externos
  - Código de identificación
  - Nombre
  - Dirección
  - Ciudad
  - Provincia/Estado
  - País
  - Teléfono
  - Correo electrónico
  - CUIT
  - Observaciones
- Departamentos
  - Código interno
  - Nombre
  - Jefe/Responsable
  - Ubicación
  - Número de interno
  - Detalles

## 2.4 Pantallas

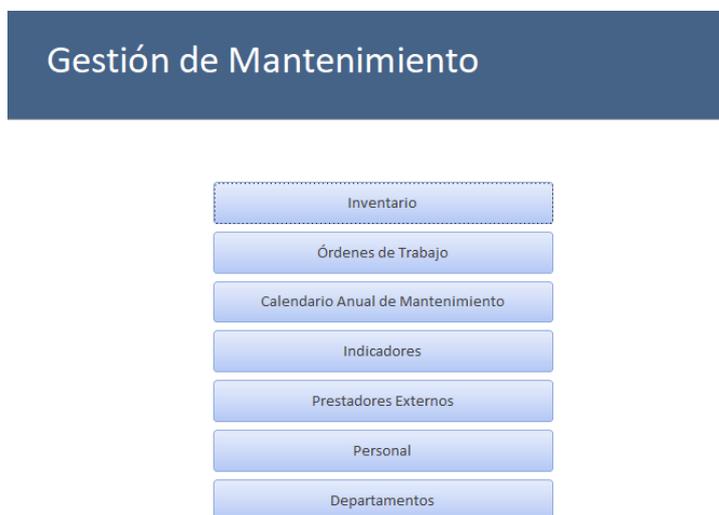
Se implementaron pantallas para el fácil ingreso de datos a las tablas, y pantallas en forma de listas para permitir también un vistazo general de todos los datos almacenados presentando un resumen de cada tabla en el sistema, permitiendo además un orden personalizable de los datos para un manejo más eficiente de la información. Se presenta en la Fig. 6 la tabla del inventario de equipos a modo de ejemplo.

Inventario de Equipos										
Código	Equipo	Marca	Modelo	N° Serie	Puesta en Servicio	Fin de Garantía	Mant. Int.	Próx. MP	Estado	
ECA-001	ELECTROCARDIOGRAFO	CONTEC	ECG-300G	7-123456789	01/01/2022	09/06/2026	<input checked="" type="checkbox"/>	07/06/2023	EN SERVICIO	Editar <input type="button" value="Borrar"/>
VEN-001	VENTILADOR	Comen	NV Series	8-123456	01/06/2023	24/06/2026	<input checked="" type="checkbox"/>	26/07/2023	EN SERVICIO	Editar <input type="button" value="Borrar"/>
TOM-001	TOMÓGRAFO	Philips	MX 16	9-123456	01/05/2023	17/06/2029	<input checked="" type="checkbox"/>	25/07/2023	EN SERVICIO	Editar <input type="button" value="Borrar"/>
RES-001	RESONADOR	Philips	Achieva	5-231564	01/06/2023	30/06/2030	<input checked="" type="checkbox"/>	12/06/2023	FUERA DE SERVICIO	Editar <input type="button" value="Borrar"/>
MON-001	MONITOR MULTIPARAMÉTRICO	EDAN	M8	321654987	16/05/2023	14/07/2025	<input checked="" type="checkbox"/>		EN SERVICIO	Editar <input type="button" value="Borrar"/>

**Fig. 6. Pantalla del inventario de equipos.**

Una pantalla adicional inspirada en un gráfico de Gantt permite visualizar de manera sencilla los mantenimientos preventivos programados para cada mes en un período de un año, similar a lo representado en la Fig. 2.

Para una fácil navegación entre todas las tablas y pantallas se creó un menú inicial desde donde el usuario puede acceder rápidamente a la información deseada y realizar las actividades que solicite en cada caso. La primera pantalla de dicho menú puede verse en la Fig. 7, esta también será la primera imagen que el usuario encontrará al iniciar el programa.



**Fig. 7. Menú principal del programa.**

## 2.5 Indicadores

Al igual que en el módulo del inventario se implementaron indicadores para una fácil evaluación de los datos de todos los equipos del sistema. Un grupo de estos indicadores son promedios de los indicadores individuales de los equipos:

- Disponibilidad total
- Disponibilidad por avería
- Tiempo medio entre fallos
- Tiempo medio correctivo

Otro grupo comprende la sumatoria de los indicadores de costo:

- Costos previstos por mantenimiento preventivo: total de todos los equipos en el periodo analizado.
- Costos imprevistos por mantenimiento preventivo: total de todos los equipos en el periodo analizado.
- Costos previstos por mantenimiento correctivo: total de todos los equipos en el periodo analizado.
- Costos imprevistos por mantenimiento correctivo: total de todos los equipos en el periodo analizado.

Además de estos, se implementaron los indicadores siguientes:

- Tiempo de respuesta promedio: suma de los tiempos que se demora el servicio en atender una solicitud, sobre el total de órdenes de trabajo en el período de tiempo analizado.
- Número de Órdenes de trabajo acabadas: total de Órdenes de Trabajo durante un período que fueron terminadas por completo.
- Número de Órdenes de trabajo pendientes: total de Órdenes de Trabajo durante un período que están pendientes.
- Índice de Mantenimiento Preventivo: Porcentaje de horas invertidas en realización de Mantenimiento Preventivo sobre horas totales del período de tiempo analizado.
- Índice de Mantenimiento Correctivo: Porcentaje de horas invertidas en realización de Mantenimiento Correctivo sobre horas totales del período de tiempo analizado.

### **3 Conclusiones**

El presente trabajo presenta el diseño y programación de un sistema computarizado de gestión de equipos médicos. Este programa permite el fácil ingreso de datos y gestión de órdenes de trabajo asociadas a las actividades de mantenimiento sobre equipos médicos. Su interfaz simple permite una fácil navegación entre las distintas pantallas, filtrar datos según su fecha de creación o establecer el orden en función de distintos campos. También pueden personalizarse los periodos de cálculo de los indicadores para efectuar un análisis de un tiempo específico.

La pantalla del calendario de mantenimiento permite visualizar de manera cuantitativa las actividades programadas para cada mes, previniendo así una acumulación excesiva.

El programa permite, por lo tanto, una fácil organización de todos los datos asociados a los dispositivos médicos de una institución de salud, adecuándose a las indicaciones presentadas por la OMS.

Durante el desarrollo del programa se presentaron oportunidades para la implementación de nuevas funciones y características no consideradas en la etapa de diseño. El desarrollo en MS Access permite un sinnúmero de posibilidades de modificación y personalización por parte del usuario, además de no necesitar de un acceso a internet.

A futuro es de interés implementar un régimen de alarmas y un sistema de seguridad con contraseñas que permita limitar el acceso a los datos para distintos niveles de usuario. Se contempla, además, permitir el acceso remoto desde dispositivos móviles.

### **Agradecimientos**

Se agradece a la empresa NEA Ingeniería de Posadas por brindar el espacio físico para el desarrollo de este trabajo y por el aporte de conocimientos.

### **Referencias**

- [1] W. H. Organization and Others, *Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos*. Organización Mundial de la Salud, 2012.

- [2] P. P. Escobar, E. A. Díaz, F. Ríos, and M. Formica, 'Sistema de gestión de equipos médicos para instituciones de salud', in *XII Congreso Argentino de Informática y Salud (CAIS 2021)-JAIIO 50 (Modalidad virtual)*, 2021.
- [3] M. D. Freyre and A. E. Gabosi, 'Software de gestión de equipamiento biomédico para pequeñas y medianas instituciones de la salud', in *IV Congreso Argentino de Informática y Salud (CAIS)-JAIIO 42 (2013)*, 2013.
- [4] W. H. Organization and Others, *Sistema computarizado de gestión del mantenimiento*. Organización Mundial de la Salud, 2012.
- [5] E. R. Denis, 'Ingeniería Clínica', *Obtenido de Centro de Bioingeniería*, 2003.