



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“SISTEMA PARA LA GESTIÓN  
DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO  
EN EL ÁREA BIOMÉDICA HOSPITALARIA”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN COMPUTACIÓN**

**PRESENTA:  
LORENZO EDUARDO MIRANDA VÁZQUEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:  
JUAN MANUEL GÓMEZ GONZÁLEZ**

**MÉXICO, D.F.**

**2014**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



*Dedico éste proyecto y mis esfuerzos de cada día  
a mis hijos Itzayana y Zabdiel, quienes me dan el  
impulso necesario para seguir avanzando en la vida.*



## AGRADECIMIENTOS

*A mis padres Angélica y Eduardo que me dieron la vida y que, a pesar de las dificultades, se las arreglaron para educarme. Sé que están orgullosos de mí y yo de ustedes.*

*A mi esposa Ivette que me ha brindado su amor y apoyo incondicional en todo momento.*

*A mi tío Miguel por sus consejos; y a mi tío Carlos por las interesantes pláticas durante tantos años.*

*A mis amigos: Manuel López, Pedro Palma y Jorge Sánchez; excelentes ingenieros que me han brindado su amistad y conocimientos.*

*A los que leen esto, que saben que de algún modo me han ayudado a cumplir este sueño, que se preguntan por qué no están en la lista y que no nombro por falta de espacio, tiempo, memoria o por cualquier otra razón (el papel, la tinta y las neuronas son caros).*

*Al resto de mi familia y amigos que hacen feliz mi estancia en este mundo.*

*A Dios porque creo en él.*

*A mi director de tesis Juan Manuel Gómez González, que sin duda su apoyo ha sido la pieza clave para mi titulación.*

*A la UNAM por toda la diversión, conocimiento y oportunidades que me ha dado.*

# ÍNDICE

Introducción.....	9
1. Marco Teórico.....	11
1.1 Ingeniería Biomédica.....	11
1.2 Ingeniería Clínica.....	12
1.3 Tecnología aplicada en las Ciencias Médico-Biológicas.....	13
1.4 Gestión de Equipo Médico.....	14
1.5 Certificación de hospitales.....	15
1.6 Sistema de planeación.....	18
1.7 Tecnología LAMP.....	19
1.7.1 Sistema Operativo Linux.....	20
1.7.2 Servidor HTTP Apache.....	22
1.7.3 Sistema de Gestión de Bases de Datos.....	23
1.7.3.1 MySQL.....	24
1.7.4 Diseño y programación web.....	24
1.7.4.1 Lenguaje de Marcado de Hipertexto (HTML).....	25
1.7.4.2 Lenguaje de Programación Interpretado (PHP).....	25
1.7.4.3 Lenguaje de Consulta Estructurado (SQL).....	27
1.7.5 Implementación.....	28
2. Planteamiento del problema.....	31
3. Metodología.....	41
4. Desarrollo.....	45
4.1 Hardware y Software.....	46
4.2 La base de datos.....	48
4.3 El sitio web.....	53
5. Pruebas y Resultados.....	71
6. Conclusiones.....	77
7. Anexos.....	83
A: Principales Organizaciones y Agencias.....	83
B: Manual de usuario del sistema para la gestión de mantenimiento de equipo médico en área hospitalaria.....	99
C: Creación y desarrollo de la base de datos.....	117
8. Referencias.....	119





# INTRODUCCIÓN

La presente es una tesis de aplicación de la tecnología de cómputo al campo de la Ingeniería Biomédica, para facilitar y mejorar los procesos de gestión de equipo médico dentro del área hospitalaria, en lo que se refiere a la evaluación de la tecnología, incorporación, capacitación, mantenimiento y baja. Al detectar la necesidad específica de un software de planeación de servicios al equipo médico se ha propuesto una solución viable.

Para el desarrollo de este trabajo se tomará un ejemplo real de un hospital, que para fines del presente trabajo se nombrará como "Hospital Modelo".

En la actualidad, un hospital y, en general, cualquier unidad médica busca una certificación del Consejo General de Salubridad para asegurar el servicio de calidad al paciente respecto a la eficiencia y confiabilidad de sus procedimientos. La importancia de realizar adecuadamente los procesos de gestión de equipo médico para aumentar la calidad en la atención de los pacientes es muy grande, por lo que se le da especial relevancia a tales procesos dentro de la evaluación de certificación.

Dentro de los requisitos se deben cumplir con algunos estándares de ciertas normas las cuales se mencionan más adelante. Uno de los más importantes es contar con un sistema de planeación de servicios de mantenimiento preventivos y correctivos al equipo médico que tiene la Unidad.

En el "Hospital Modelo" hasta la fecha se realizan los servicios preventivos y correctivos al equipo médico que forma parte del hospital, posteriormente se llena una hoja de servicio con los datos del equipo y del servicio recibido, y por último se almacenan.

Estos datos almacenados pueden darnos información importante si se analiza correctamente, por ejemplo: que algunos equipos requieren mantenimiento preventivo con mayor o menor frecuencia que otros, dependiendo del uso, ubicación y aplicación del equipo en cuestión. Se pretende con ello reducir lo más posible los servicios correctivos y por lo tanto fallas en los aparatos, lo que se traduce en un ahorro tanto de recursos materiales y humanos como de tiempo, además de una mayor seguridad para los pacientes de dicha unidad médica.

El “Hospital Modelo” no es la única unidad médica que presenta esta deficiencia en su servicio, por lo cual el presente proyecto buscará ofrecer una solución eficaz al problema generando un sistema de planeación de servicio técnico al equipo médico.

El objetivo es integrar los datos recaudados de los servicios prestados con anterioridad, ingresarlos al sistema y obtener como resultado una nueva calendarización efectiva de servicios preventivos futuros.

Este sistema podrá ser diferente en cuanto a contenido (base de datos y áreas de ubicación) y herramientas (sistema operativo, manejador de base de datos, servidor web, lenguaje de programación, etc.) para cada unidad médica dependiendo de sus necesidades, pero en cuanto a la estructura y metodología no puede variar.

Para ello, se utilizarán diferentes herramientas de cómputo actuales como bases de datos, sistema de gestión de bases de datos, servidor HTTP, un lenguaje técnico para poder operar sobre la base de datos, un lenguaje script para el diseño de la interfaz web y otras herramientas útiles que serán descritas en su momento.

# 1. MARCO TEÓRICO

El marco teórico que fundamenta este proyecto proporcionará al lector una idea más clara acerca del tema. Se encontrarán los conceptos básicos, los complementarios y los específicos.

## 1.1 Ingeniería Biomédica

Conforme ha pasado el tiempo y el conocimiento sobre nuestro entorno es mayor, se requiere de personal cada vez más capacitado para realizar una actividad específica en aquellos oficios que sustentan a una sociedad.

La salud es uno de los campos prioritarios dentro de la investigación y el quehacer cotidiano del ser humano. Es por ello que se ha integrado en la medida de lo posible la ciencia y la tecnología a este campo para facilitar e innovar las actividades médicas. Es aquí donde surge la necesidad de un profesionalista que, teniendo el conocimiento médico suficiente, pueda aplicar los principios y métodos de la Ingeniería y de las Ciencias Básicas (Electromagnetismo, Mecánica, Química, Óptica y otras) para resolver problemas de las Ciencias Biológicas y de la Salud, desde el área teórica hasta la aplicación de la tecnología.

La Sociedad Mexicana De Ingeniería Biomédica define a la Ingeniería Biomédica de la siguiente manera :

"La Ingeniería Biomédica es la especialidad profesional que integra herramientas técnicas y administrativas para facilitar y mejorar la atención de la salud. La importancia de esta profesión radica en los conocimientos de mecánica, electrónica, instrumentación, medicina, administración etc., que en conjunto permite desempeñar labores de alta especialización." [1]

La ingeniería Biomédica a su vez se subdivide en campos específicos de estudio. Uno de ellos es la ingeniería Clínica.

### 1.2 Ingeniería Clínica

El cardiólogo Cesar Cáceres fue la primera persona en acuñar el término de "Ingeniería Clínica" en 1967 y dos años más tarde obtuvo fondos de la fundación Fannie E. Rippel para crear el primer departamento de Ingeniería Clínica dentro de un hospital. La existencia de Ingenieros Clínicos fue formalmente aceptada por la *Joint Commission on Accreditation of Hospital* en su manual de acreditación en 1976.

El *American College of Clinical Engineering* (ACCE) define al Ingeniero Clínico como "un profesional que sostiene y mejora el cuidado del paciente, aplicando sus habilidades de ingeniería y de gestión en la tecnología para la salud." [2]

El ingeniero clínico constituye el puente entre la medicina y la ingeniería moderna; su formación se basa en la ingeniería clásica y se complementa con cursos de fisiología, recursos humanos, análisis de sistemas, terminología médica, medición e instrumentación. Completa su formación con prácticas e internados en establecimientos de salud, todo lo cual le permite comprender e intervenir adecuadamente en el funcionamiento de dichos establecimientos, considerando los protocolos y la ética aplicada.

La Ingeniería Clínica es un campo interdisciplinario; el ingeniero clínico es, por educación y entrenamiento, un solucionador de problemas que trabaja con la complejidad del ser humano y de los sistemas tecnológicos. De este modo, interviene como gerente de la tecnología, es responsable de la gestión financiera y presupuestaria, es responsable de la gestión de contratos de servicios y de las operaciones internas, es responsable también de la supervisión del mantenimiento

y de asegurar la seguridad y efectividad de la tecnología aplicada en las ciencias médico-biológicas, participando en los procesos de planificación y en la evaluación de nueva tecnología [3].

Asimismo, se encarga de asegurar el cumplimiento de las regulaciones vigentes, investigando incidentes y participando en el entrenamiento y educación del personal médico asistencial y técnico.

### **1.3 Tecnología aplicada en las Ciencias Médico-Biológicas**

La tecnología juega un importante papel dentro del ámbito de la salud. Las tecnologías biomédicas incluyen dispositivos, sistemas, equipos, programas, fármacos y suministros; así como procedimientos médicos y quirúrgicos usados en la prevención, diagnóstico y tratamiento de patologías humanas. La aplicación de la tecnología en la medicina ha jugado un importante papel que continuará aumentando conforme pasa el tiempo.

La tecnología médica contribuye a la prevención de enfermedades y permite limitar el impacto de las mismas. Es también la principal herramienta del diagnóstico a fin de obtener los signos clínicos que permitan identificar la naturaleza, causa y extensión de un evento patológico. Asimismo, contribuye al tratamiento por restauración, mejoramiento o sustitución de las funciones fisiológicas y corporales, ayuda a acortar el periodo de enfermedad o recuperación, previene el deterioro y disminuye el dolor, garantizando el disfrute de una adecuada calidad de vida. Existen gran variedad y cantidad de ejemplos que demuestran como la medicina moderna, apoyada por la tecnología, ha logrado extender su poder de observación, manipulación y control.

Los principales objetivos de la aplicación tecnológica a las Ciencias Médico-Biológicas son:

- Prevención, detección, análisis y tratamiento de enfermedades.
- Incremento de la esperanza de vida.
- Incremento de la calidad de vida.
- Fácil y rápido acceso a los cuidados de salud.
- Incrementar el uso eficiente de los recursos.

Y es en este último punto donde se implementará el presente proyecto ya que, al llevarlo a cabo, se optimizará el rendimiento de los equipos y se obtendrá el máximo provecho de los mismos. Para cumplir este objetivo es necesario llevar una adecuada gestión de equipo médico dentro del área hospitalaria.

### 1.4 Gestión de Equipo Médico

La gestión de equipo médico es el conjunto de procedimientos sistemáticos para proveer y evaluar la tecnología apropiada, segura, eficaz y costo efectiva en una unidad médica o en un sistema de salud.

La gestión de equipo médico implica la detección de necesidades, planeación, evaluación, adquisición, instalación, mantenimiento, capacitación, uso, obsolescencia y baja del equipo médico y/o la reposición del mismo.

"En materia de gestión de equipo médico, en México existe un gran mosaico de realidades, desde zonas e instituciones que han implementado y evolucionado mucho en estos conceptos y otras en donde este tema es desconocido e inexistente. La importancia de implementar y desarrollar adecuadamente estrategias y acciones encaminadas a resolver esta problemática, tiene consecuencias hacia la calidad de la atención a la salud, en la seguridad hacia el paciente y en el uso racional y eficiente de los recursos; sobre todo cuando el equipo médico se ha convertido en un componente de costo muy importante tanto al momento de

la inversión, como en los costos asociados a la operación y mantenimiento para garantizar un adecuado y seguro funcionamiento, así como que el equipo alcance e incluso supere su vida útil estimada, brindando mayores beneficios a la población." [4]

La ejecución del programa de acción específico para la gestión de equipo médico encuentra su fundamento legal en la "Ley General de Salud" [5] y el "Reglamento Interior de la Secretaría de Salud" [6]. Y para dar fe y legalidad de la adecuada gestión de equipo médico, entre otras cosas, en las unidades de salud es necesario someterse a un proceso de certificación hospitalaria [4].

## 1.5 Certificación de Hospitales

El área hospitalaria y las situaciones que se viven dentro de ella son únicas. Los pacientes confían su salud en manos de los profesionales y de los instrumentos y equipos que estos utilizan para lograr un diagnóstico y tratamiento efectivos. A lo largo de la historia, muchas tragedias han ocurrido debido a los riesgos que conlleva estar en contacto directo con la instrumentación y equipamiento médico tales como prótesis e injertos ortopédicos de materiales inapropiados, desfibriladores cardiacos con circuitos electrónicos defectuosos, válvulas defectuosas o dañadas en ventiladores mecánicos y máquinas de anestesia, quemaduras y amputaciones con unidades de electrocirugía mal calibradas y explosiones de cámaras hiperbáricas, entre muchas otras.

En consecuencia, se han establecido estándares y regulaciones para garantizar que la seguridad y eficacia sean prioridad durante los procedimientos de diagnóstico, terapia y cirugía, del mismo modo que garantiza seguridad al personal que opera dicho equipamiento. Estas regulaciones y estándares se dan a la tarea de garantizar que las instalaciones dedicadas al cuidado de la salud cubran un mínimo



de requisitos que van desde el mantenimiento del edificio hasta la preparación del personal, pasando por otras como los sistemas eléctricos, la instrumentación y los equipos médicos.

En México, el Consejo de Salubridad General es la entidad legal que regula los establecimientos dedicados a la salud. Su misión es emitir disposiciones de carácter obligatorio en materia de salubridad general en todo el país mediante la definición de prioridades, la expedición de acuerdos, y la formulación de opiniones del Poder Ejecutivo Federal, para fortalecer la rectoría y la articulación del Sistema Nacional de Salud hacia el cabal cumplimiento del Artículo 4 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [7].

La Certificación de Establecimientos de Atención Médica es el proceso por el cual el Consejo de Salubridad General reconoce a los establecimientos de atención médica, que participan de manera voluntaria y cumplen los estándares necesarios para brindar servicios con buena calidad en la atención médica y seguridad a los pacientes.

En el **anexo A** del presente trabajo se encontrarán descritas, de manera general, las principales instituciones y agencias internacionales dedicadas al desarrollo de recomendaciones, regulaciones y estándares para organizaciones al cuidado de la salud mediante las cuales el ingeniero clínico podrá obtener una apreciación completa de los requisitos que un hospital o centro médico deben satisfacer.

El Consejo de Salubridad General en México dio a conocer los "Estándares para la Certificación de Hospitales", vigentes a partir del 1 de abril de 2012 a la fecha. Este documento incluye los estándares que se relacionan directamente con el servicio preventivo y correctivo de equipo médico así como su planeación a largo plazo.

- "• Estándar FMS.8  
El establecimiento planifica e implementa un plan o programa para inspeccionar, probar y mantener equipo médico; Se documentan los resultados.
  
- Estándar FMS.8.1  
El establecimiento recoge datos de control para el plan o programa de gestión del equipo médico, los cuáles se utilizan para planificar las necesidades a largo plazo del establecimiento.
  
- Estándar FMS.8.2  
El establecimiento cuenta con un sistema de retiro de circulación de productos y equipos." [7]

El 30 de octubre del año 2012 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la "NORMA Oficial Mexicana NOM-240-SSA1-2012, Instalación y operación de la tecnovigilancia" [8].

En ella se establecen lineamientos cuyo propósito es el de garantizar que los dispositivos médicos que se encuentran disponibles en el mercado funcionen de la manera indicada conforme a la intención de uso del fabricante (indicada en la autorización sanitaria correspondiente emitida por la Secretaría de Salud) y en caso contrario se tomen las acciones correspondientes para corregir y/o disminuir la probabilidad de recurrencia de los incidentes adversos, con lo cual se busca mejorar la protección de la salud y seguridad de los usuarios de dispositivos médicos.

La finalidad es garantizar la protección de la salud del paciente y la seguridad de los productos y se aplicara en los criterios de certificación hospitalaria, por lo que es necesario cumplirla. Para tal proceso un sistema de planeación computarizado sería de gran utilidad para reducir tiempos de ejecución en tareas administrativas [8].

### 1.6 Sistema de Planeación

Planeación es un proceso que se hace antes de llevar a cabo la acción; es un proceso de toma de decisión anticipado previo a la acción. Si las decisiones pudieran tomarse muy poco antes de llevar a cabo la acción sin pérdida de eficiencia, no sería necesaria la planeación. Sin embargo, al hacer la planeación de los procesos podríamos evitar riesgos innecesarios y economizar recursos.

Se trata de sistematizar el proceso para hacerlo más efectivo, sencillo y retroalimentar los resultados en cada fase. Saber si es necesaria la modificación del servicio en algún equipo en particular, o si hay necesidad de hacer más periódico el servicio en alguno otro.

Las herramientas de cómputo actualmente están al alcance de todos y en el tema de salud no debemos escatimar en recursos, por el contrario, debemos echar mano de todo lo que esté a nuestro alcance para hacer más eficientes los procesos de salud y abarcar lo más posible.

Sistematizar la planeación de los servicios preventivos al equipo médico en un hospital mediante herramientas de computo traerá como resultado muchos beneficios, tanto en lo económico para la unidad médica como en la limitación de riesgos para el paciente.

El sistema de cómputo que se utiliza en el "Hospital Modelo" para el control de pacientes se basa en el entorno de tecnología LAMP, por lo que el sistema de planeación a desarrollar se apegará a este entorno de desarrollo.

## 1.7 Tecnología LAMP

Así se le conoce a la unión de las siguientes tecnologías:

- Linux, el sistema operativo.
- Apache, el servidor web.
- MySQL, el gestor de bases de datos.
- Perl, PHP, o Python, los lenguajes de programación.

La combinación de estas tecnologías es usada primariamente para definir la infraestructura de un servidor web, utilizando un paradigma de programación para el desarrollo [9]. La *Figura 1* muestra las imágenes asociadas al software que componen LAMP.



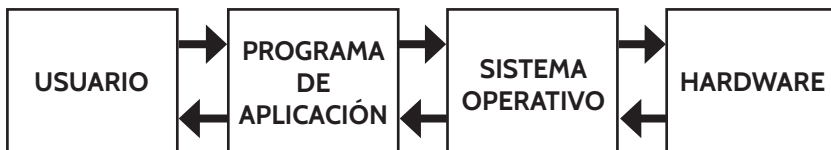
*Figura 1. Imágenes asociadas al software que conforma LAMP.*

A pesar de que el origen de estos programas de código abierto no ha sido específicamente diseñado para trabajar entre sí, la combinación se popularizó debido al bajo costo de adquisición y ubicuidad de sus componentes (ya que son de fácil adquisición e instalación en las distribuciones Linux). Cuando son combinados representan un conjunto de soluciones que soportan servidores de aplicaciones muy eficientes.

Se mencionan estas tecnologías ya que serán utilizadas para el desarrollo del proyecto. Serán descritas ampliamente en lo consecutivo.

### 1.7.1 Sistema Operativo Linux

El sistema operativo es el software que permite al procesador interactuar con los dispositivos de entrada/salida de información (pantalla, teclado, mouse, impresora, bocinas, micrófonos, audífonos, escaners, quemadores, etc.) y dispositivos de almacenamiento (discos duros, memorias flash, *CD's* y *DVD's*, etc); y de manera indirecta, la interacción con el usuario mediante los programas de aplicación, tal interacción se representa en la *Figura 2*. El sistema operativo lleva escritas las instrucciones de control sobre la máquina y la manera en que ésta debe comportarse.



*Figura 2. Flujo de interacción entre el usuario y el hardware.*

El sistema operativo GNU/Linux es uno de los sistemas mayormente utilizado a nivel mundial, mejor conocido como simplemente Linux. GNU/Linux es la unión del proyecto de sistema operativo GNU iniciado por Richard Stallman en 1983 y el *kernel* o núcleo Linux desarrollado inicialmente por Linus Trovalds en 1991. En la actualidad existe una comunidad muy grande a nivel mundial que se dedica al desarrollo de distribuciones GNU/Linux y aplicaciones para el mismo [10].

GNU/Linux, así como las aplicaciones diseñadas para trabajar en éste sistema operativo, operan bajo los términos de GPL (*GNU General Public License*). En términos muy generales GPL indica que todo el

código fuente puede ser utilizado, modificado y redistribuido libremente por cualquier persona. El hecho de que sea libre no quiere decir que también sea gratis; sin embargo, la gran mayoría del software libre se puede adquirir de manera gratuita o a un costo muy bajo.

Otra de las principales ventajas de GNU/Linux es que es uno de los sistemas operativos con mayor seguridad (probablemente el más seguro).

Como dato curioso se dice que no existen virus para Linux porque es poco utilizado. Entre los usuarios más comunes no es muy famoso GNU/Linux, pero entre los usuarios con conocimientos computacionales con un nivel por encima de la media, es más utilizado que otros sistemas más comerciales. 91% de las supercomputadoras (no computadoras personales) a nivel mundial utilizan este sistema operativo. Algunos ejemplos relevantes de organizaciones destacadas a nivel mundial que lo utilizan son:

- Las supercomputadoras de la NASA y sus servidores [11].
- El CERN-*European Organization for Nuclear Research* [12], [13].
- GOOGLE [14].
- La bolsa de Nueva York [15].
- El Gran Colisionador de Hadrones en Suiza, que utiliza una versión distribuida como *Scientific Linux*. [16].
- El FBI de los Estados Unidos, que migró sus computadoras a GNU/Linux en 2002 por considerarlo un sistema más seguro y con capacidad para manejar la gran cantidad de datos manipulada [17].

### 1.7.2 Servidor HTTP Apache

En el proceso de comunicación entre dos computadoras o más, la máquina o máquinas que piden el servicio o información es llamada cliente y quien la otorga es llamado servidor.

El servidor HTTP, también conocido como servidor web, es el software que va a permitir la comunicación entre el cliente y el servidor. Tal software realiza la conexión bidireccional o unidireccional entregando una respuesta al cliente, la cual es interpretada por un navegador y exhibida al usuario de manera gráfica. El servidor HTTP una vez que ha recibido la petición prepara la página HTML, así como imágenes y archivos que acompañen a ésta, leyéndola desde un archivo e interpretando un código si es que existe como PHP o ASP y envía el resultado al navegador del cliente.

Existe una variedad de software que se dedica a esta tarea. Para el presente proyecto se utilizará Apache.

El Servidor Apache HTTP es un servidor web de tecnología *Open Source* (código abierto) sólido y para uso comercial desarrollado por la *Apache Software Foundation* [18].

Apache presenta algunas ventajas sobre otro software similar:

- Modular.
- Código abierto.
- Multi-plataforma.
- Extensible.
- Popular (fácil conseguir ayuda/soporte)

Apache es usado principalmente para enviar páginas web estáticas y dinámicas en la *World Wide Web*. Muchas aplicaciones web están

diseñadas asumiendo como ambiente de implantación a Apache, o que utilizarán características propias de este servidor web.

Apache es usado para muchas otras tareas donde el contenido necesita ser puesto a disposición en una forma segura y confiable. Un ejemplo es al momento de compartir archivos desde una computadora personal hacia Internet. Un usuario que tiene Apache instalado en su escritorio puede colocar arbitrariamente archivos en la raíz de documentos de Apache, desde donde pueden ser compartidos.

### 1.7.3. Sistema de Gestión de Bases de Datos

Una **base de datos** es una colección de datos ordenados pertenecientes a un mismo contexto de tal manera que podamos extraer información importante del análisis de la misma.

Un sistema de Gestión de Bases de Datos (SGBD) consiste en una colección de datos interrelacionados (base de datos) y una aplicación para acceder a los mismos. El objetivo primordial de un SGBD es proporcionar un entorno que sea tanto conveniente como eficiente para extraer y almacenar información de la base de datos. El SGBD permitirá a los usuarios definir, crear y mantener la base de datos, así como proporcionar acceso controlado a la misma.

El SGBD debe incluir un control de concurrencia, es decir, debe permitir a varios usuarios tener acceso a la base de datos de forma simultánea. Esto implica que, al momento en que más de un usuario accede a la base de datos, la actualización se realice de manera controlada para evitar problemas.

Existen una amplia variedad de SGBD, algunos son libres y otros de código cerrado; algunos son de paga y otros gratuitos.



### 1.7.3.1 MySQL

MySQL es uno de los sistemas de gestión de bases de datos relacional multihilo (hilo de ejecución o subproceso) y multiusuario más conocidos en el mundo [19].

MySQL es un software de fuente abierta, es decir, es posible para cualquier persona usarlo y modificarlo. Puede bajar el código fuente de MySQL y usarlo sin pagar. El interesado puede estudiar el código fuente y ajustarlo a sus necesidades. MySQL usa el GPL para definir qué puede hacer y que no puede hacer con el software en diferentes situaciones. Si la persona no se ajusta al GPL o requiere introducir código MySQL en aplicaciones comerciales, puede comprar una versión comercial licenciada. MySQL es patrocinado por una empresa privada, que posee el copyright de la mayor parte del código.

MySQL ofrece una amplia gama de herramientas de base de datos, servicios de apoyo, capacitación y consultoría. MySQL se ejecuta en más de 20 plataformas, incluyendo GNU/Linux, Windows, Mac OS, Solaris y AIX de IBM.

MySQL es muy utilizado en aplicaciones web. Su popularidad como aplicación web está muy ligada a PHP, que a menudo aparece en combinación con MySQL.

### 1.7.4. Diseño y programación Web

Consiste en la planificación, diseño, programación e implementación de un sitio web. Para ello se deberá tener en cuenta la navegabilidad, interactividad, usabilidad, arquitectura de la información y la interacción de medios como audio, video, texto, imagen, enlaces y, particularmente para nuestro caso, la base de datos.

Para este caso, el sitio web servirá como interfaz de comunicación con los usuarios del sistema de planeación, procesamiento y presentación de la información, así como la interacción con el sistema de gestión de base de datos. Para ello, será necesario valerse de algunas herramientas tanto para el diseño de las páginas como para la programación de las mismas.

#### **1.7.4.1 Lenguaje de Marcado de Hipertexto (HTML)**

Un lenguaje de marcado o lenguaje de marcas es una forma de codificar un documento que, junto con el texto, incorpora etiquetas o marcas que contienen información adicional acerca de la estructura del texto o su presentación.

El lenguaje de marcas más extendido es el HTML (*HyperText Markup Language* o Lenguaje de Marcado de Hipertexto) fundamento del *World Wide Web* [20].

Los lenguajes de marcado suelen confundirse con lenguajes de programación, pero no son lo mismo ya que el lenguaje de marcado no tiene funciones aritméticas o variables, como sí poseen los lenguajes de programación. Históricamente, el marcado se usaba y se usa en la industria editorial y de la comunicación, así como entre autores, editores e impresores. Mediante el uso de éste se van dictando las características del texto a escribir.

#### **1.7.4.2 Lenguaje de Programación Interpretado (PHP)**

Diseñado originalmente para la creación de páginas web dinámicas, PHP se usa principalmente para la interpretación del lado del servidor (*server-side scripting*).

PHP es un acrónimo recursivo que significa *PHP Hypertext Pre-processor* (inicialmente *PHP Tools*, o *Personal Home Page Tools*). Fue creado originalmente por Rasmus Lerdorf en 1994. La implementación principal de PHP es producida ahora por The PHP Group. Publicado bajo la *PHP License*, la *Free Software Foundation* considera esta licencia como software libre [21].

PHP es capaz de ser desplegado en la mayoría de los servidores web y en casi todos los sistemas operativos y plataformas sin costo alguno. El lenguaje PHP se encuentra instalado en más de 20 millones de sitios web y en un millón de servidores.

El gran parecido que posee PHP con los lenguajes más comunes de programación estructurada como C y Perl, permiten a la mayoría de los programadores crear aplicaciones complejas con una curva de aprendizaje muy corta. También les permite involucrarse con aplicaciones de contenido dinámico sin tener que aprender todo un nuevo grupo de funciones.

Aunque todo en su diseño está orientado a facilitar la creación de sitios web, es posible crear aplicaciones con una interfaz gráfica para el usuario, utilizando la extensión *PHP-Qt* o *PHP-GTK*.

Cuando el cliente hace una petición al servidor para que le envíe una página web, el servidor ejecuta el intérprete de PHP. Éste procesa el script solicitado que generará el contenido de manera dinámica (por ejemplo, obteniendo información de una base de datos). El resultado es enviado por el intérprete al servidor, quien a su vez se lo envía al cliente. Mediante extensiones es también posible la generación de archivos PDF, Flash, así como imágenes en diferentes formatos.

Permite la conexión a diferentes tipos de servidores de bases de datos tales como MySQL, PostgreSQL, Oracle, ODBC, DB2, Microsoft SQL Server, Firebird y SQLite.

También tiene la capacidad de ser ejecutado en la mayoría de los sistemas operativos, tales como Unix (y de ese tipo como GNU/Linux o MacOS) y Microsoft Windows; puede interactuar con los servidores de web más populares ya que existe en versión CGI, módulo para Apache, e ISAPI.

PHP es una alternativa a las tecnologías de Microsoft ASP y ASP.NET (que utiliza C# y Visual Basic .NET como lenguajes), a ColdFusion de la empresa Adobe, a JSP /Java y a CGI/Perl.

### 1.7.4.3 Lenguaje de Consulta Estructurado (SQL)

SQL (*Structured Query Language* o Lenguaje de Consulta Estructurado) es un lenguaje declarativo de acceso a bases de datos relacionales que permite especificar diversos tipos de operaciones en estas. Una de sus características es el manejo del álgebra y el cálculo relacional, permitiendo efectuar consultas con el fin de recuperar información de interés de una base de datos, así como también hacer cambios sobre ella.

SQL es el estándar de la inmensa mayoría de los SGBD comerciales. Es un lenguaje declarativo de "alto nivel" o "de no procedimiento" que gracias a su fuerte base teórica y su orientación al manejo de conjuntos de registros, y no a registros individuales, permite una alta productividad en codificación y la orientación a objetos. De esta forma una sola sentencia puede equivaler a uno o más programas que se utilizarían en un lenguaje de bajo nivel orientado a registros.

El que sea un lenguaje declarativo quiere decir que especifica qué es lo que se quiere y no cómo conseguirlo, por lo que una sentencia no establece explícitamente un orden de ejecución.

El orden de ejecución interno de una sentencia puede afectar gravemente a la eficiencia del SGBD, por lo que es necesario que éste

lleve a cabo una optimización antes de su ejecución. Muchas veces el uso de índices acelera una instrucción de consulta, pero ralentiza la actualización de los datos. Dependiendo del uso de la aplicación, se priorizará el acceso indexado o una rápida actualización de la información. La optimización difiere sensiblemente en cada motor de base de datos y depende de muchos factores.

### 1.6.5 Implementación de LAMP

Mediante el uso de las herramientas descritas con anterioridad y el uso de la información extraída del “Hospital Modelo”, se logrará un sistema de planeación que ayudará a facilitar, agilizar y optimizar el proceso administrativo en el departamento biomédico de un hospital y, consecuentemente, a cumplir los requisitos para la certificación en cuanto al área de biomédica se refiere.

La *Figura 3* muestra la manera en que éstas herramientas de cómputo interactúan para lograr el objetivo perseguido.

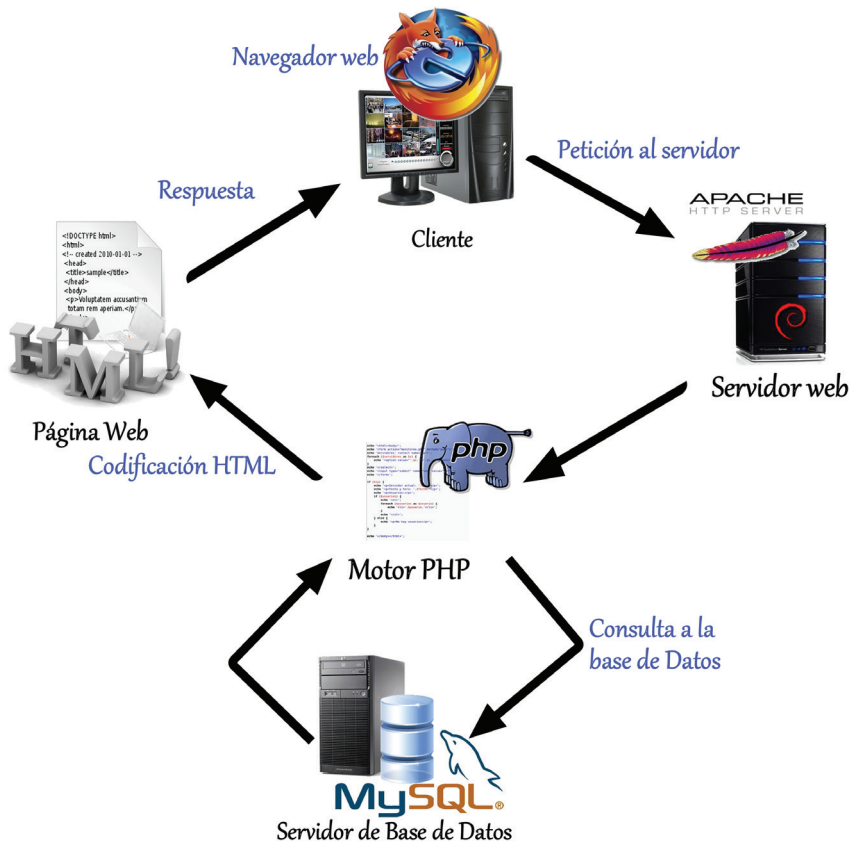


Figura 3. Flujo de información en tecnología LAMP aplicada



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad existen múltiples herramientas tecnológicas de las cuales nos podemos servir para resolver problemas desde los más sencillos hasta los más complicados y en todos los ámbitos, así como para facilitarnos las actividades cotidianas.

En este proyecto se utilizarán algunas herramientas de cómputo para resolver una necesidad hospitalaria la cual se ha identificado en varios hospitales de la ciudad.

La tecnología en el último siglo y, principalmente en las últimas décadas, ha avanzado a pasos agigantados comparados con los avances en siglos anteriores, y se ha aplicado a todas las áreas de estudio existentes, particularmente a una de las más grandes y principales debido a su índole: la medicina. Debido a estos avances y aplicaciones tecnológicas, en la medicina ha surgido la necesidad de crear diferentes organizaciones y dependencias que dedican sus esfuerzos a regular las investigaciones médicas y actividades hospitalarias. Por tal motivo, en la mayoría de los países, México entre ellos, es necesario que cada hospital, clínica y unidad médica en general cuente con una certificación de salubridad. La certificación garantiza una atención médica hospitalaria óptima, segura, efectiva y responsable.

La certificación, entre otros objetivos, demuestra que se cumplen estándares que tienen como referencia la seguridad de los pacientes, la calidad de la atención médica, la seguridad hospitalaria, la normatividad vigente (exceptuando aquella referente a las finanzas) y las políticas nacionales prioritarias en salud; evidencia el compromiso con la mejora continua que se tiene con el paciente, su familia, el personal de la unidad y la sociedad; refuerza su imagen institucional, ya que la certificación al ser una evaluación externa, demuestra a los pacientes, familiares y a la ciudadanía, que su organización trabaja con estándares de la más alta calidad; prueba que su hospital es competitivo internacionalmente;



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

preferentemente será considerado para la asignación de personal en formación.

En el caso de los hospitales privados, pueden formar parte de una red de proveedores de servicios médicos reconocidos por las instituciones de seguros, así como participar en los procesos de adquisición de servicios de atención médica que sean convocados por el Gobierno Federal y los Gobierno de las Entidades Federativas.

En México, el Consejo de Salubridad General es la entidad legal que regula los establecimientos dedicados a la salud.

La certificación otorgada por el Consejo de Salubridad General tiene una vigencia de 2 años en caso de cumplimiento general de estándares entre 60% y 84%, y 100% de los estándares esenciales y de 3 años en caso de cumplimiento general de estándares por arriba del 84% y 100% de los estándares esenciales. Por lo tanto, la certificación debe de ser un ejercicio constante si la unidad de salud desea estar a la vanguardia y a la altura de los mejores hospitales a nivel mundial.

El "Hospital Modelo" es una instalación pequeña, pero completa y funcional. Cuenta con área de urgencias, farmacia, imagenología, 33 habitaciones, 2 unidades de terapia intensiva, sala de endoscopía, área de CEYE y 5 salas de quirófano. La *Figura 4* muestra la sala de quirófano 1 del "Hospital Modelo".



*Figura 4. Sala 1 de quirófano del "Hospital Modelo".*

En abril del 2012 el "Hospital Modelo" fue partícipe de un intento de certificación. No se logró debido, principalmente, a la falta de inversión en la mejora del hospital por parte de los accionistas y administradores de la unidad; sin embargo, el Consejo de Salubridad General ha detectado deficiencias específicas en el departamento de Ingeniería Biomédica que pueden ser corregidas de manera práctica mediante la implementación de un sistema de cómputo.

Estos puntos, indicados como indispensables, están referidos en los estándares FMS 8, FMS 8.1 y FMS 8.2 los cuales se citan a continuación:

"Estándares indispensables

- FMS.8

El establecimiento planifica e implementa un programa para inspeccionar, probar y mantener equipo médico; se documentan los resultados.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

- FMS.8.1

El establecimiento recoge datos de control para el programa de gestión del equipo médico, los cuáles se utilizan para planificar las necesidades a largo plazo del establecimiento.

- Propósito de FMS.8 y FMS.8.1

A fin de asegurar que el equipo médico esté disponible para su uso y que funcione debidamente el establecimiento:

- Hace un inventario del equipo médico;
- Inspecciona regularmente el equipo médico;
- Prueba el equipo médico según sea adecuado para su uso y requisitos; y
- Realiza un mantenimiento preventivo.

Existe personal calificado que presta estos servicios. El equipo se inspecciona y se prueba cuando es nuevo y posteriormente en forma continua, según sea adecuado para la antigüedad y el uso del equipo o bien, basándose en las instrucciones del fabricante. Se documentan todas las inspecciones, los resultados de pruebas y todo mantenimiento que se realice. Esto ayuda a asegurar la continuidad del proceso de mantenimiento y ayuda a planificar la inversión para las sustituciones, actualizaciones y demás cambios.

- Elementos medibles de FMS.8

1. El equipo médico se maneja, en todo el establecimiento, conforme a un plan.
2. Existe un inventario de todo el equipo médico.
3. El equipo médico se inspecciona regularmente.
4. El equipo médico se prueba cuando es nuevo y según sea adecuado a partir de entonces.

5. Existe un programa de mantenimiento preventivo.
  6. Existe personal calificado que presta estos servicios.
- Elementos medibles de FMS.8.1
    1. Se recogen y documentan datos de control para el programa de gestión del equipo médico.
    2. Los datos de control se usan con fines de planificación y mejora.
  
  - Estándar FMS.8.2

El establecimiento cuenta con un sistema de retiro de circulación de productos y equipos.
  
  - Propósito de FMS.8.2

El establecimiento cuenta con un proceso para identificar, recuperar, devolver y/o destruir productos y equipos retirados de circulación por su fabricante o proveedor.

Existe una política o procedimiento que se ocupa del uso de todo producto o equipo que deba ser retirado de circulación.

- Elementos medibles de FMS.8.2
  1. Hay un sistema implementado de retiro de circulación de los productos/equipos.
  2. La política o procedimiento se ocupa del uso de cualquier producto o equipo que deba ser retirado de circulación.
  3. Se implementa la política o el procedimiento." [7]

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

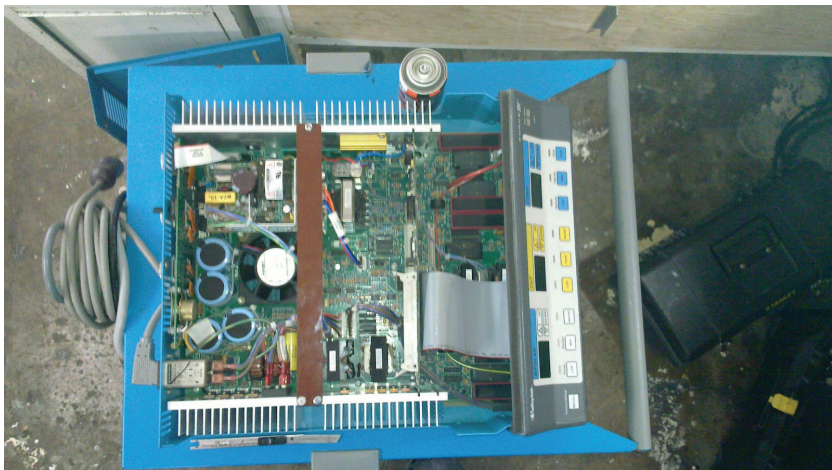
En el "Hospital Modelo" se llevan a cabo los mantenimientos preventivos de acuerdo a un programa diseñado por el jefe de departamento. En las *Figuras 5 y 6* se muestran ejemplos de mantenimientos preventivos realizados a una unidad de autoclave y un electrocauterio respectivamente.

El procedimiento de mantenimiento preventivo a los equipos en inventario en general es el siguiente:

1. Desarmado del equipo.
2. Limpieza interna con aire y alcohol isopropílico.
3. Revisión los componentes electrónicos y/o mecánicos.
4. Reemplazo de los componentes que se notan deteriorados o en mal estado.
5. Reemplazo de baterías, si es el caso.
6. Nuevamente limpieza general y armado del equipo.
7. Calibrado, de ser el caso.
8. Realización de pruebas pertinentes para asegurar el buen funcionamiento.
9. Entrega del equipo junto con una hoja en la que se describe el trabajo realizado.



*Figura 5. Mantenimiento preventivo a un autoclave.*



*Figura 6. Mantenimiento preventivo a unidad de electrocirugía.*

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

Para el caso de mantenimiento correctivo:

1. Puede detectarse la falla en la rutina de revisión cotidiana o ser reportada por el usuario.
2. Se retira el equipo del área de uso y se lleva al taller dentro del hospital.
3. Se revisa detalladamente la falla; si es posible se repara ahí mismo, de lo contrario se manda a servicio externo.
4. Si la falla se ha corregido el equipo se limpia, se le hacen pruebas de buen funcionamiento y se entrega junto con su hoja de servicio. De no haberse corregido la falla el equipo se da de baja y se hace el análisis correspondiente para la adquisición de uno nuevo que lo reemplace.

El programa diseñado a mano y calculado acorde a la experiencia del jefe tiene algunas deficiencias ya que se podría evitar trabajo innecesario. En ocasiones se repiten mantenimientos preventivos a un mismo equipo en el mismo mes (trabajo no necesario) y los mantenimientos correctivos se dan uno detrás de otro, lo cual debería evitarse con un adecuado programa de mantenimientos preventivos.

Se recogen los datos de control en hojas prediseñadas y se llenan de manera manual, posteriormente se almacenan y después de un determinado tiempo se reciclan las hojas. De nada han servido en realidad los datos recolectados, lo cual incurre en una falta a los estándares mencionados con anterioridad.

Además del "Hospital Modelo", el mismo problema se presenta en otras instalaciones hospitalarias, por lo que el diseño de un sistema sería de gran ayuda al sector salud nacional.

Es necesario mencionar que en la actualidad la realidad que se vive en las unidades de salud con respecto a la gestión de equipo médico es que se le tiene una mínima importancia por parte de los administradores. Se

designa un alto porcentaje de los recursos económicos principalmente a la construcción del inmueble y a la presentación del mismo. Se cubren las necesidades esenciales en cuanto a equipamiento y el mantenimiento de éste pasa a segundo término.

Las condiciones de los talleres de biomédica, si es que existe en la unidad, son precarias y se trabaja con poca herramienta; incluso los sueldos del personal encargado de tal departamento son en general bajos.

El "Hospital Modelo" ha permitido que se desarrolle un sistema que facilite las actividades administrativas del departamento de biomédica utilizando la información de sus equipos, así como de los mantenimientos; sin embargo se ha negado a participar económicamente y ha solicitado que el nuevo sistema se desarrolle bajo el mismo entorno de trabajo que el sistema que se utiliza para el control de pacientes. Tal sistema funciona bajo el entorno de desarrollo LAMP.

En general el sistema de gestión de mantenimiento a equipo médico puede implementarse con distintas herramientas de cómputo de acuerdo a las necesidades de cada hospital en particular. Dadas las condiciones de desarrollo en el "Hospital Modelo" se elaborará con herramientas que integran LAMP y tienen las siguientes ventajas:

- El software es libre, lo que implica un bajo o nulo costo.
- Herramientas eficientes.
- Actualizaciones de software vía internet.
- Funcionan en casi cualquier computadora actual.
- Los requerimientos mínimos necesarios de hardware son fáciles de cubrir.
- Existe una cantidad muy basta de documentación acerca del software.
- Al trabajar en red se puede disponer de los servicios de manera remota.



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

Linux, Apache, MySQL y PHP son las herramientas que integran la tecnología LAMP, conformándose esta palabra con las iniciales de las anteriores.

En resumen se requiere de un sistema que:

- Calendarice los servicios preventivos para los equipos de acuerdo a los criterios correspondientes.
- Sustituya la base de datos que actualmente se tiene en un documento de texto.
- Facilite la consulta de información de los equipos.
- Facilite el acceso a los manuales y procedimientos del departamento.
- Genere gráficas y tablas requeridas para el proceso de certificación.
- Este diseñado bajo el mismo entorno que el sistema del hospital Modelo (LAMP).

### 3. METODOLOGÍA

A lo largo de la formación académica y profesional se ha adquirido conocimiento y manejo de importantes y útiles herramientas de cómputo así como de Ingeniería Clínica, mismas que al combinarse con la experiencia darán paso a la implementación de un sistema de cómputo para la gestión de mantenimiento a equipo médico dentro de un hospital y, de esta manera, cumplir con los criterios de la Gestión de Equipo Médico de la CENETEC-SALUD [4] así como los estándares requeridos por el Consejo de Salubridad con respecto a este tema.

La ingeniería de software es un marco de trabajo usado para estructurar, planificar y controlar el proceso de desarrollo de sistemas de información. La metodología se utiliza para estructurar las actividades que se llevaran a cabo en el desarrollo de un sistema. Para tal efecto existen varios modelos preestablecidos con etapas definidas que facilitan las tareas.

Independientemente del modelo que se utilice, existen etapas en común [22]:

- Análisis: estudio de requerimientos para determinar su viabilidad.
- Diseño: abstracción del sistema y elaboración de la interfaz de usuario.
- Codificación: propiamente la elaboración del sistema como tal.
- Pruebas: verificación del correcto funcionamiento del sistema.
- Mantenimiento: correcciones y/o modificaciones al sistema.

Para el desarrollo del presente proyecto se ha seleccionado el modelo de prototipos debido a que las características de dicho modelo se adaptan a las necesidades.

## Modelo de Prototipos

Forma parte de los modelos de desarrollo evolutivo y es de gran ayuda cuando los requerimientos no están claramente establecidos, cuando no se sabe cómo implementar la interfaz de usuario o en algún otro caso que implique una gran cantidad de modificaciones y/o interacción con el usuario.

El prototipo ofrece un mejor medio para comunicarse con el usuario y de esta manera identificar fácilmente los requerimientos. Gracias a la retroalimentación se afinan detalles para empezar con el desarrollo formal del proyecto.

Cada proyecto es distinto por lo que es vital elegir un modelo que vaya de acuerdo a la naturaleza del proyecto, de la aplicación, métodos, herramientas y tiempo de entrega [23].

Las metodologías formales representan enfoques particulares y no es uno mejor que otro, pero pueden tomarse como modelo de referencia y ser adaptados o extendidos para crear procesos más específicos y de hecho es común encontrar variantes de un mismo modelo, o mezcla de los existentes.

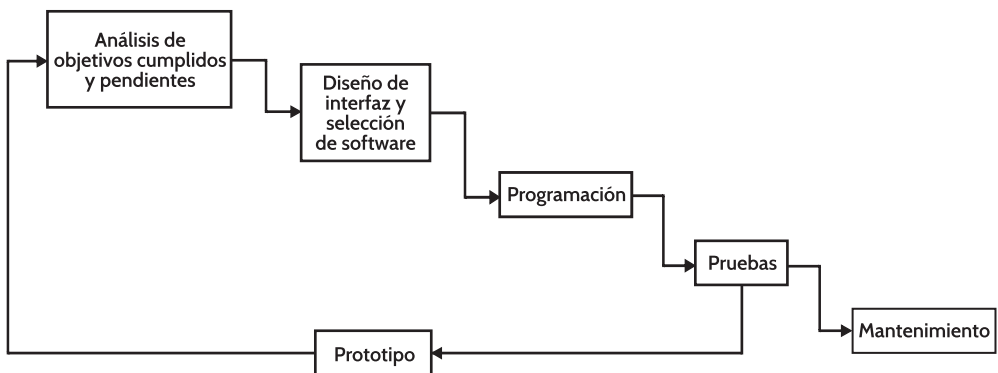


Figura 7. Ciclo de la metodología por prototipo.

En la *Figura 7* se muestra el ciclo de operación para la metodología por prototipo, que es a la que se apegará este proyecto. Para el primer prototipo se tomarán en cuenta solo una parte de los datos que será suficiente para probar la funcionalidad de la primera etapa del sistema, si funciona para 10 funcionará para 100. Así mismo se realizará el análisis de los requerimientos y necesidades una vez finalizada y probada cada fase.

Inicialmente se instalará un sistema operativo Linux en una computadora que hará las funciones de servidor. Actualmente existen distribuciones de Linux de múltiples características para satisfacer distintas necesidades. Para el desarrollo del proyecto se ha seleccionado la distribución Debian. Es una distribución muy completa, estable y eficiente; pero cualquier distribución podría servir al propósito del proyecto.

Posterior a la instalación y configuración del sistema operativo se instalarán las herramientas en el siguiente orden:

1. Servidor web Apache
2. Soporte para PHP
3. Sistema de gestión de base de datos MySQL

Una vez instalado el software completo, se pasará al llenado de la base de datos y llenado de las tablas con la información correspondiente.

Es importante mencionar que se debe contar con un inventario efectivo de los equipos instalados en la unidad médica, el cual deberá incluir los datos básicos de tales equipos como son ID del equipo, nombre, marca, modelo, número de serie, etc. Para el caso del "Hospital Modelo" el id del equipo es el número de inventario, con el cual se podrá acceder a toda la información del equipo en el sistema una vez implementado y el que es designado por el administrador del área.

### 3. METODOLOGÍA

---

---

Se han seleccionado los equipos y datos existentes en las salas de quirófano del hospital, ya que son los más representativos, tomando en cuenta su importancia e interacción médico-equipo-paciente. De la misma forma, en el momento de implementarse en un hospital deberán incluirse en la base de datos, además el equipo médico existente en habitaciones (camas electromecánicas, bombas de infusión, baumanómetros), urgencias (camillas, monitores de signos vitales, electrocardiógrafos, baumanómetros), terapia intensiva (ventiladores mecánicos, monitores de signos vitales, desfibriladores, camas electromecánicas), imagenología (resonancia magnética, ultrasonido, rayos x), farmacia (equipos para rehabilitación, refrigeradores), CEYE (autoclaves), etc., para completar el cuadro.

Con la base de datos completa se iniciará el diseño de las páginas web, mismas que servirán de interface entre el usuario y el sistema. Cabe mencionar que el diseño propuesto para el presente trabajo es un diseño sencillo, pero eficiente. Al implementarse en un hospital "X" el diseño puede ser tan meticuloso y detallado como el cliente guste, ya que para el diseño y desarrollo de páginas web existe una gran gama de herramientas que se va ampliando día con día.

Las páginas se desarrollarán en lenguaje HTML en el editor de textos de propósito general GEDIT desarrollado bajo licencia GPL.

Por último, se hará la programación correspondiente en lenguaje PHP para la interacción entre las páginas web y la base de datos. En este punto se aplicarán algunas fórmulas diseñadas para el cálculo de los tiempos entre mantenimientos preventivos tomando en cuenta los indicadores correspondientes a los criterios de cada equipo médico, así como la experiencia del personal a cargo del mantenimiento del mismo.

Para concluir, se harán pruebas con los equipos seleccionados y haciendo uso de los datos recaudados de meses anteriores para demostrar la utilidad del sistema.

## 4. DESARROLLO

En la siguiente tabla se equiparan las fases de la metodología con la descripción de las actividades de desarrollo del sistema para una mayor claridad (ver *Figura 8*).

Fase del ciclo	Desarrollo	Descripción
<i>Análisis de objetivos cumplidos y pendientes</i>	Requerimientos del sistema: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calendarice los servicios preventivos para los equipos de acuerdo a los criterios correspondientes.</li> <li>• Sustituya la base de datos que actualmente se tiene en un documento de texto.</li> <li>• Facilite la consulta de información de los equipos.</li> <li>• Facilite el acceso a los manuales y procedimientos del departamento.</li> <li>• Genere gráficas y tablas requeridas para el proceso de certificación.</li> <li>• Esté diseñado bajo el mismo entorno que el sistema del "Hospital Modelo" (LAMP).</li> </ul>	El sistema requerido debe cubrir las necesidades que el departamento de biomédica requiere.
<i>Diseño de interfaz y selección de software</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección de software (página 47).</li> <li>• Interfaz web (<i>Figura 14</i>, página 54).</li> </ul>	El primer prototipo se desarrollará con el software acordado de acuerdo a los requerimientos del sistema pedidos por el hospital. El diseño de la interfaz es sencillo y funcional (se muestra en la <i>Figura</i> mencionada). La estructura de todas las páginas del sitio es la misma, sólo cambia su comportamiento.
<i>Programación</i>	Diagramas de flujo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 (página 56)</li> <li>• 2 (página 61)</li> <li>• 3 (página 63)</li> <li>• 4 (página 65)</li> <li>• 5 (página 67)</li> <li>• 6 (página 68)</li> </ul>	La codificación de las páginas se describe en los diagramas de flujo mencionados.

Fase del ciclo	Desarrollo	Descripción
<i>Pruebas</i>	Tema 5 "Pruebas y Resultados" (página 71)	Las pruebas realizadas y los resultados correspondientes se describen en el tema 5.
<i>Prototipo</i>	"Anexo B. Manual del Sistema" (página 99)	En el Anexo B se encuentra el manual del sistema que describe el prototipo actualmente funcionando en el "Hospital Modelo".

Figura 8. Tabla de equiparación de la metodología con el desarrollo del sistema.

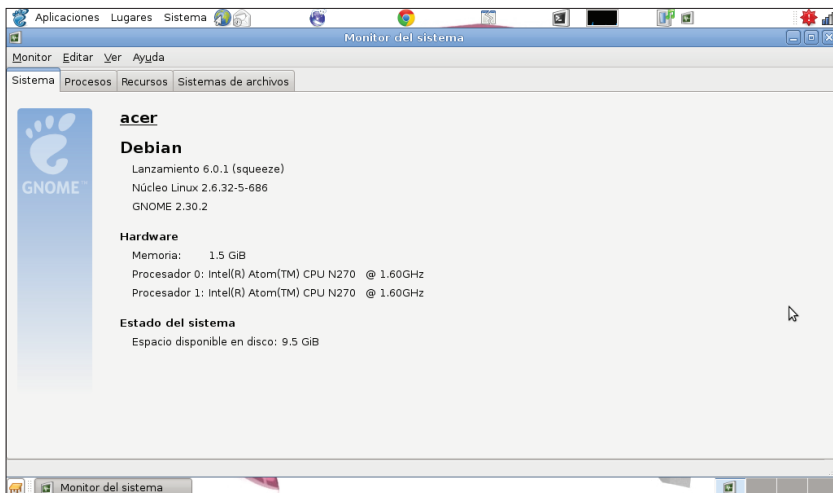
## 4.1 Hardware y Software

Un sistema de planeación de servicios computarizado instalado y operando en la unidad de médica, que será evaluada para certificación, satisfará los requisitos exigidos por el Consejo de Salubridad General.

Un ambiente web al que se integrarán una agradable y amigable interface gráfica, un eficiente sistema de gestión de bases de datos y un algoritmo para jerarquizar la importancia de los servicios, nos dará la posibilidad de integrar una red local en la que los usuarios del equipo podrán reportar deficiencias en los equipos para agilizar los servicios sin pérdida de tiempo. Así mismo al departamento de Ingeniería Biomédica le será de gran utilidad para llevar un correcto control de los servicios programados y del alcance que se puede tener en un futuro a largo plazo.

Se iniciará con la instalación del software mencionado necesario para la elaboración del sistema. En la *Figura 9* se muestra un pantallazo del monitor del sistema de la máquina en que se instalarán las herramientas de software. Las características de la máquina son las siguientes:

- Procesador Intel Intel Atom N270 @ 1.60 GHz
- Memoria RAM DDR III 1.5GB
- Disco duro de 160 GB



*Figura 9. Monitor del sistema que muestra las características del equipo en que se instalará el sistema.*

Como podemos observar, las capacidades de la máquina son hoy en día muy comunes y fáciles de adquirir. Sin embargo, lo que más importa es el software:

- Sistema operativo GNU/Linux Debian 6.0 descargado gratuitamente desde la página oficial <http://www.debian.org/>
- Servidor web apache versión 2 descargada e instalada vía consola directamente de los repositorios de Linux.
- Software de soporte para PHP versión 5 descargada e instalada desde los repositorios de Linux.
- Sistema de gestión de base de datos MySQL versión 5.5 descargada e instalada vía consola desde los repositorios de Linux.



### 4.2 La base de datos

Se proseguirá con la base de datos. El **anexo C** indica los pasos a seguir y comandos básicos para la creación de la base de datos y las tablas. La *Figura 10* muestra la terminal del equipo con el comando de acceso al monitor de MySQL además de la versión y los derechos de autor de MySQL.

```
eduardo@acer:~$ mysql -u root -p
Enter password:
Welcome to the MySQL monitor.  Commands end with ; or \g.
Your MySQL connection id is 76
Server version: 5.1.66-0+squeeze1 (Debian)

Copyright (c) 2000, 2012, Oracle and/or its affiliates. All rights reserved.

Oracle is a registered trademark of Oracle Corporation and/or its
affiliates. Other names may be trademarks of their respective
owners.

Type 'help;' or '\h' for help. Type '\c' to clear the current input statement.

mysql>
```

*Figura 10. Monitor de MySQL.*

Inicialmente se pensó en dos tablas principales, mismas que aportarían la información necesaria para el propósito del sistema. Las tablas serían **Equipo**, que contendría toda la información referente al equipo en cuestión; y **Servicio**, la cual indicaría toda la información de cada servicio prestado a cada equipo. Se pensaron como se muestra en las tablas de la *Figura 11*.

Equipo		Servicio	
Num_inventario	Char	Num_servicio	int
Equipo	Char	Num_inventario	Char
modelo	char	tipoDeServicio	Char
marca	char	TrabajadorQueRealizo	Char
ns	char	Descripción	Char
ubicacion	char	KitDeMantenimiento	char
foto	Blob	Refacciones	Char
Fecha_adquisicion	Date	horasEmpleadas	Int
RNE	Int	costoInterno	Int
RNA	Int	costoReal	Int
RNM	Int	fechaServicio	Date
NPi	Int		
FUM	Date		
TipoUM	Char		
T	Int		
IMP	Int		
fechaProxMant	Date		

Figura 11. Tablas esenciales de la base de datos antes de la normalización.

Posterior a la normalización resultaron 8 tablas que ayudan a evitar redundancia e inconsistencia de datos. Las tablas que componen la base de datos son: **Equipo**, **KitDeMantenimiento**, **RangoPorCriterio**, **Servicio**, **TipoDeEquipo**, **TipoDeServicio**, **Trabajador** y **Ubicacion**. Se muestran a través del comando “show tables” del monitor de MySQL en una terminal de Linux en la *Figura 12*.

```
mysql> show tables;
+-----+
| Tables_in_HospitalModelo |
+-----+
| Equipo                    |
| KitDeMantenimiento       |
| RangoPorCriterio         |
| Servicio                  |
| TipoDeEquipo              |
| TipoDeServicio           |
| Trabajador                |
| Ubicacion                 |
+-----+
8 rows in set (0.00 sec)
```

Figura 12. Tablas que componen la base de datos posterior a la normalización.

#### 4. DESARROLLO

---

A continuación se presentan las tablas que componen la base de datos con su detalle correspondiente:

```
mysql> describe Equipo;
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
num_inventario	char(20)	NO	PRI	NULL	
tipoDeEquipo	int(20)	NO	MUL	NULL	
modelo	char(30)	NO		NULL	
marca	char(20)	NO		NULL	
ns	char(30)	NO		NULL	
ubicacion	char(20)	NO	MUL	NULL	
foto	blob	YES		NULL	
fecha_adquisicion	date	NO		NULL	

```
8 rows in set (0.00 sec)
```

```
mysql> describe KitDeMantenimiento;
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
idKitDeMantenimiento	int(1)	NO	PRI	NULL	
descripcion	char(250)	NO		NULL	
costoXkit	int(4)	NO		NULL	

```
3 rows in set (0.01 sec)
```

```
mysql> describe RangoPorCriterio;
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
num_inventario	char(20)	NO	PRI	NULL	
RNE	tinyint(4)	NO		NULL	
RNA	tinyint(4)	NO		NULL	
RNM	tinyint(4)	NO		NULL	
NPi	tinyint(4)	NO		NULL	
FUM	date	NO		NULL	
TipoUM	int(1)	YES	MUL	1	
T	int(11)	NO		NULL	
IMP	int(11)	NO		NULL	
fechaProxMant	date	NO		NULL	

```
10 rows in set (0.00 sec)
```

```
mysql> describe Servicio;
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
num_servicio	int(11)	NO	PRI	NULL	auto_increment
num_inventario	char(20)	NO	PRI	NULL	
tipoDeServicio	int(1)	NO	MUL	NULL	
idTrabajador	char(40)	NO	MUL	NULL	
descripcion	char(240)	YES		NULL	
idKitDeMantenimiento	int(1)	NO	MUL	NULL	
refacciones	char(200)	YES		NULL	
costoTotalPorRefacciones	int(6)	NO		NULL	
horasEmpleadas	decimal(2,1)	NO		NULL	
costoInterno	int(7)	NO		NULL	
costoReal	int(7)	NO		NULL	
fechaServicio	date	NO		NULL	
fecha_serv_sig	date	YES		NULL	

13 rows in set (0.00 sec)

```
mysql> describe TipoDeEquipo;
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
idTipoDeEquipo	int(6)	NO	PRI	NULL	
descripcion	char(50)	NO		NULL	

2 rows in set (0.00 sec)

```
mysql> describe TipoDeServicio;
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
idTipoDeServicio	int(1)	NO	PRI	NULL	
descripcion	char(11)	NO		NULL	

2 rows in set (0.00 sec)

```
mysql> describe Trabajador;
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
idTrabajador	int(6)	NO	PRI	NULL	
nombre	char(30)	NO		NULL	
apellidoPaterno	char(20)	NO		NULL	
apellidoMaterno	char(20)	NO		NULL	
categoria	char(5)	NO		NULL	
sueldoXhora	int(4)	NO		NULL	

6 rows in set (0.00 sec)

#### 4. DESARROLLO

```
mysql> describe Ubicacion;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Field          | Type      | Null | Key | Default | Extra |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| idUbicacion    | int(6)    | NO   | PRI | NULL    |      |
| descripcion    | char(50)  | NO   |     | NULL    |      |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
2 rows in set (0.00 sec)
```

En la *Figura 13* vemos el modelo **Entidad-Relación** de las tablas que componen la base de datos. La entidad **Equipo** tiene una relación uno a muchos con la entidad **Servicio**. Esto quiere decir que existirá uno y solo un número de inventario para cada equipo inventariado y la cantidad necesaria de servicios requeridos para ese equipo durante su vida útil.

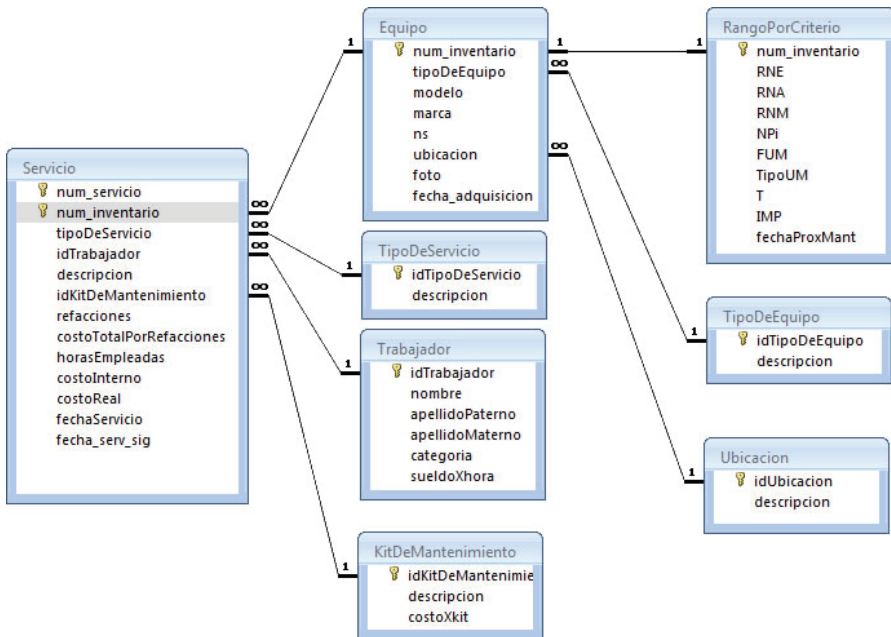


Figura 13. Modelo Entidad-Relación de la base de datos.

La entidad **Equipo** tendrá relación uno a uno con la entidad **rangoPorCriterios**, lo cual indicará que existe uno y sólo un número de cada campo de la tabla **rangoPorCriterio** para cada equipo inventariado.

La relación entre las entidades **Servicio-Trabajador** son para llevar un registro de cuántos servicios ha realizado un trabajador y los datos el mismo, por lo que la relación es un **Trabajador-Muchos Servicios**.

El resto de las relaciones entre entidades, **Equipo-TipoDeEquipo**, **Equipo-Ubicacion**, **Servicio-TipoDeServicio** y **Servicio-KitDeMantenimiento**, son relaciones de las entidades principales con catálogos para evitar redundancia e inconsistencia de datos al momento de la captura.

Inicialmente se trabajará con 60 de los 350 equipos existentes en el "Hospital Modelo", esto para fines prácticos ya que, una vez instalado el sistema se pueden agregar tantos equipos como sean necesarios incluso desde el sitio web. El entorno tecnológico LAMP es capaz de soportar y trabajar con bases de datos muy grandes.

### 4.3 El sitio web

El sistema estará distribuido en 14 páginas PHP y HTML. Todas ellas tendrán la misma distribución. En el encabezado se muestra la imagen del hospital y el nombre del departamento. Seguido de esto encontraremos el menú de navegación. En el centro de la página se encontrará el código principal que en cada caso será diferente y dependerá del objetivo de cada una de ellas. En el pie de página se encontrará un mensaje del *copyright* del sitio (ver *Figura 14*).



Figura 14. Página index.html. Muestra el aspecto que tendrán las páginas del sitio.

Cabe mencionar que todas estas páginas se ubican en la dirección /var/www que es de donde el servidor Apache tomará las páginas para enviarlas al navegador.

## • Menú de navegación

El menú de navegación estará diseñado en código HTML con apoyo de una hoja de estilo CSS.



## • Home

La primera pestaña, HOME, nos llevará a la página **index.htm**. Esta página es únicamente informativa.

## • Inventario

La siguiente pestaña se nombrará inventario y desplegará un submenú con la lista de las salas de quirófano del hospital. Cada pestaña del submenú nos redireccionará al link dispuesto para cada una de las salas. Conforme se agrega equipo al inventario la tabla de cada ubicación mostrará los equipos ubicados en dicho espacio.

Las páginas de inventario estarán programadas en código PHP. En la lógica de programación, de acuerdo a cada ubicación, se hace una conexión a la base de datos, se trae la información requerida de los equipos con tal ubicación y se despliega después en pantalla en una tabla. El siguiente diagrama de flujo muestra los pasos que se seguirán para dicho proceso (ver *Diagrama 1*).



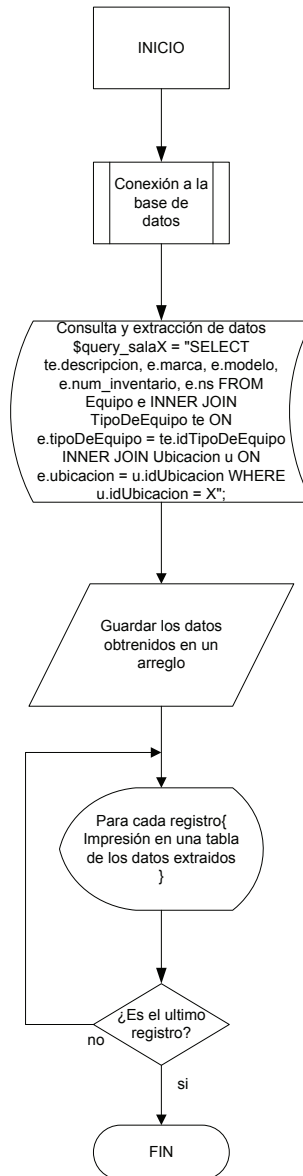


Diagrama 1. Flujo de la página inventario.php

## • Modificar registros



Figura 15. Aspecto del submenú Modificar Registros.

La siguiente pestaña del menú desplegará un submenú en el cual encontraremos 3 links a tres páginas mediante las que se podrá agregar y/o borrar registros en las tablas (ver Figuras 15 y 16):

Tabla que modifica	Link	Nombre de la página
Equipo	MODIFICAR INVENTARIO	modificarInventario.php
Trabajadores	TRABAJADORES	modificarTrabajadores.php
TipoDeEquipo	CATALOGO DE EQUIPOS	modificarCatalogo.php

Figura 16. Opciones del submenú Modificar Registros.

Mediante formularios de HTML que captan los datos insertados y son enviados por método POST y, posteriormente, almacenados en variables de PHP para hacer la inserción a la base de datos. Las siguientes tres imágenes corresponden a cada una de las tres pantallas mencionadas.

## • Modificar inventario

Los primeros campos de éste formulario requerirán los datos básicos propios del equipo: tipo de equipo, marca, modelo, número de inventario, número de serie, ubicación y fechas de adquisición y último mantenimiento.

#### 4. DESARROLLO

---

La segunda parte del formulario necesitará información de criterios aplicables al equipo médico con el fin de clasificarlo y llevar un control adecuado de los servicios preventivos. Antes de los campos dispuestos a la captura de dichos criterios, se dará un mensaje al usuario para que consulte el catálogo de rangos numéricos y se agregará un link que nos llevará a la página [catalogoDeRangosNumericos.htm](#), que es donde se encontrarán las tablas de ponderación de acuerdo a la función del equipo (ver Figura 17), aplicación clínica (ver Figura 18) y requerimientos de mantenimiento (ver Figura 19).

De acuerdo a la función del equipo	Rango numérico E
Equipos de apoyo a la vida.	9
Equipos e instrumentos para la cirugía y los cuidados intensivos.	9
Equipos para el tratamiento y la fisioterapia.	8
Otros equipos para el monitoreo de variables fisiológicas y el diagnóstico.	6
Análisis de Laboratorio.	5
Análisis de Laboratorio.	5
Análisis de Laboratorio.	4
Computadoras y equipos asociados.	3
Otros equipos relacionados con el paciente.	2

Figura 17. Ponderación del equipo de acuerdo a su función.

Aplicación clínica	Rango numérico A
Puede producir la muerte al paciente.	5
Puede producir daño al paciente u operador.	4
Terapia inapropiada o falso diagnóstico.	3
Riesgo mínimo.	2
Sin riesgo significativo.	1

*Figura 18. Ponderación del equipo de acuerdo a su aplicación clínica.*

Requerimientos de mantenimiento	Rango numérico M
Extensivo.	5
Promedio.	3
Mínimo.	1

*Figura 19. Ponderación del equipo de acuerdo a su requerimiento de mantenimiento.*

Esta página se compondrá de tres tablas con la descripción y la asignación de rango por cada criterio. Esto es con la finalidad de clasificar el equipo siguiendo una valoración de riesgo de tal manera que al sumar los rangos asignados, puedan ordenarse los equipos por su prioridad de mantenimiento en el inventario de equipos médicos. Así, los equipos con un nivel de prioridad mayor deberán ser atendidos con mayor frecuencia.

Una vez asignados los rangos a cada equipo, se podrá calcular un índice de mantenimiento preventivo de acuerdo al nivel de prioridad obtenido, al tiempo recomendado entre servicios de mantenimiento y el tiempo transcurrido desde el último mantenimiento dado.

El tiempo recomendado entre servicios preventivos es el último campo en el formulario. Éste se pide en meses, pero se pasará a días para poder hacer los cálculos necesarios. Éste tiempo en el "Hospital

#### 4. DESARROLLO

---

Modelo" es de tres meses para los equipos de soporte de vida y de seis meses para el resto; es responsabilidad del fabricante indicarlo en el manual de servicio y dependerá además de otros factores tal como la ubicación, la frecuencia de uso y el estado general del equipo, por lo que se dejará a criterio del administrador de servicio.

Mediante el siguiente modelo matemático podremos saber el índice de mantenimiento que le corresponde a cada equipo:

$$P_i = E + A + M$$

$$IMP = P_i * (t / T)$$

Donde:

P<sub>i</sub> → Nivel de prioridad

E → Rango numérico E

A → Rango numérico A

M → Rango numérico M

IMP → Índice de Mantenimiento Preventivo

t → Tiempo transcurrido desde el último mantenimiento a la fecha

T → Tiempo recomendado entre servicios preventivos

Cuando el índice de mantenimiento preventivo es mayor o igual que el nivel de prioridad es necesario llevar a cabo las acciones preventivas. El **IMP** será de utilidad para la página pendientes que es donde se enlista el equipo próximo a recibir el servicio de acuerdo con la diferencia entre **IMP** y **P<sub>i</sub>**.

Las siguientes páginas en el menú son **Modificar Trabajador** y **Modificar Catálogo**, en las cuales se capturan datos de los trabajadores quienes realizan los servicios al equipo y el catálogo de equipos en el hospital respectivamente. El siguiente diagrama de flujo muestra el proceso que seguirán las tres páginas anteriores (*ver Diagrama 2*).

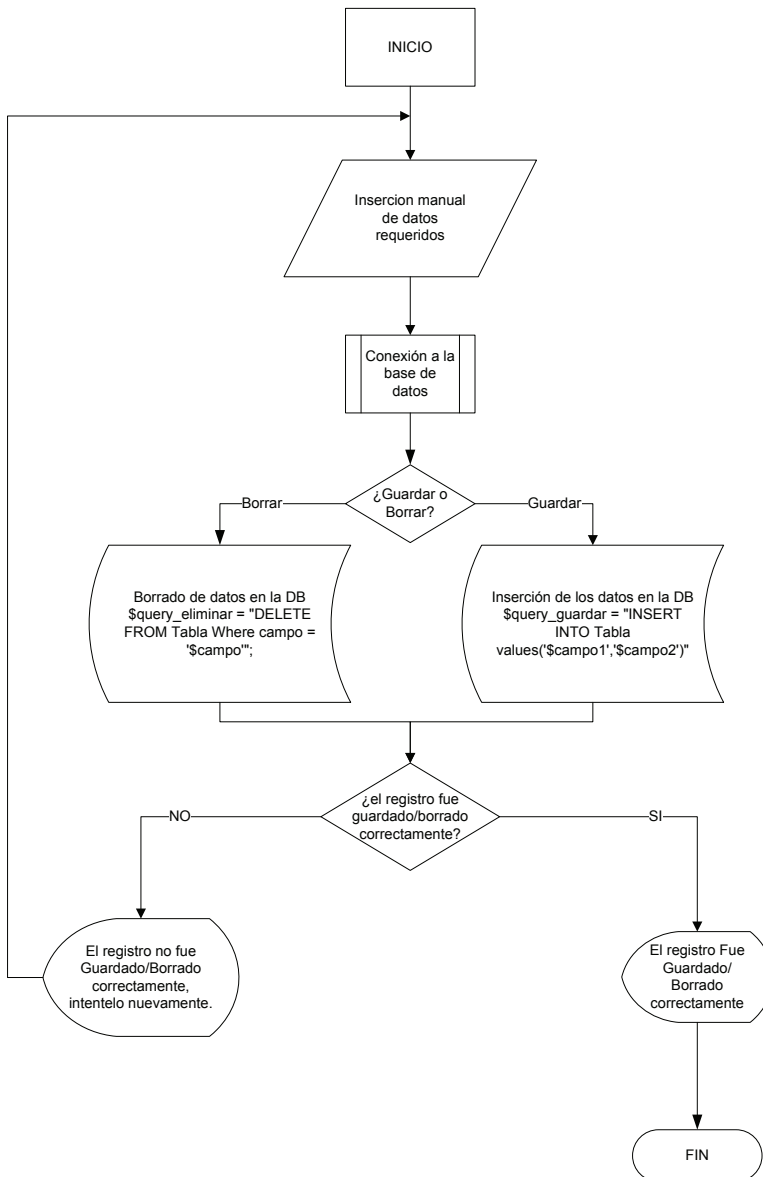


Diagrama 2. Proceso para insertar o borrar un registro en la base de datos.

### • Consulta



La pestaña CONSULTA desplegará otro submenú con las opciones POR EQUIPO y GRÁFICAS.

En la página **consultarEquipo.php**, que es a donde nos llevará el primer link, se encontrará un formulario que pedirá el número de inventario y al enviar el dato, devolverá todos los datos relacionados con dicho equipo. El *Diagrama 3* muestra los pasos que sigue la programación en esta página para devolver tal información.

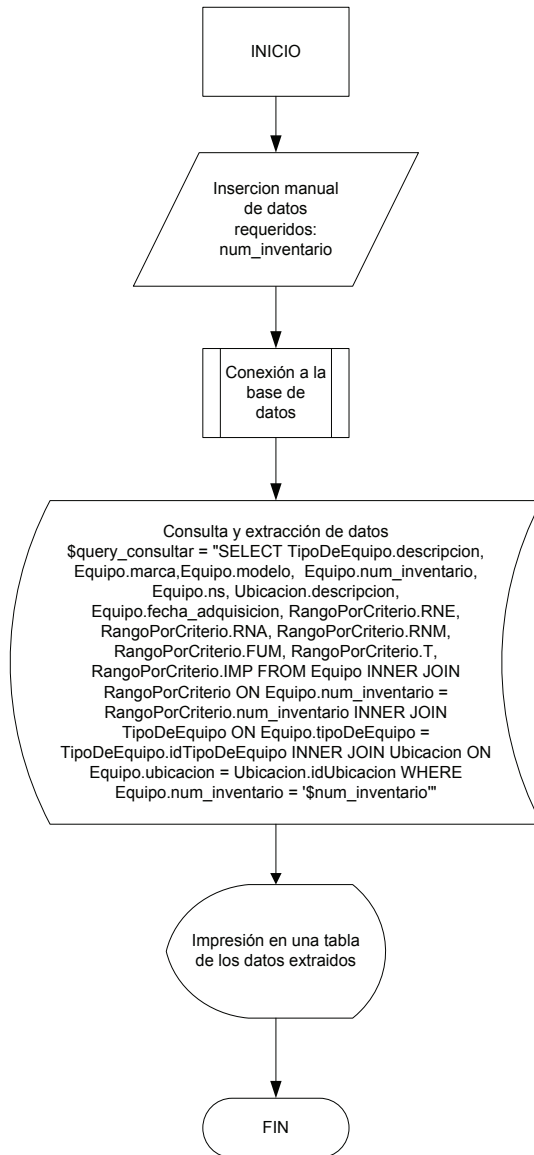


Diagrama 3. Diagrama de flujo que sigue el programa para presentar los datos de un equipo en específico.



El siguiente link de la pestaña CONSULTA nos llevará a la página **graficas.php**. En ella habrán dos opciones de gráficas: por año y por equipo. Si la gráfica que requerimos es por equipo, será necesario ingresar el año y el número de inventario del cual se requiere la gráfica. Si la gráfica requerida es por año, no será necesario el número de inventario. El programa en PHP consultará la base de datos y devolverá la información de los servicios prestados en el año y equipo referido si es el caso, además del costo interno por los servicios registrados, el costo real de los mismos y la diferencia entre ambos que representa un ahorro para el hospital. Posteriormente los datos se transmitiran a la clase *GoogChart.class.php* Copyright (c) 2008 Ludwig Pettersson, que es la que procesará los datos y devolverá una gráfica.

La información presentada en forma de gráfica será de gran importancia, ya que es un punto esencial para el proceso de certificación.

Los datos de los servicios presentados en cada gráfica podrán darnos una idea de la productividad del departamento, la eficiencia de los servicios, la planeación de los siguientes, entre otros.

Se agregarán costos porque también es de gran utilidad, por ejemplo, saber si los servicios en un determinado momento están resultando más caros que adquirir un equipo nuevo o para determinar si los sueldos del personal son equitativos. El *Diagrama 4* corresponde a la programación de esta página.

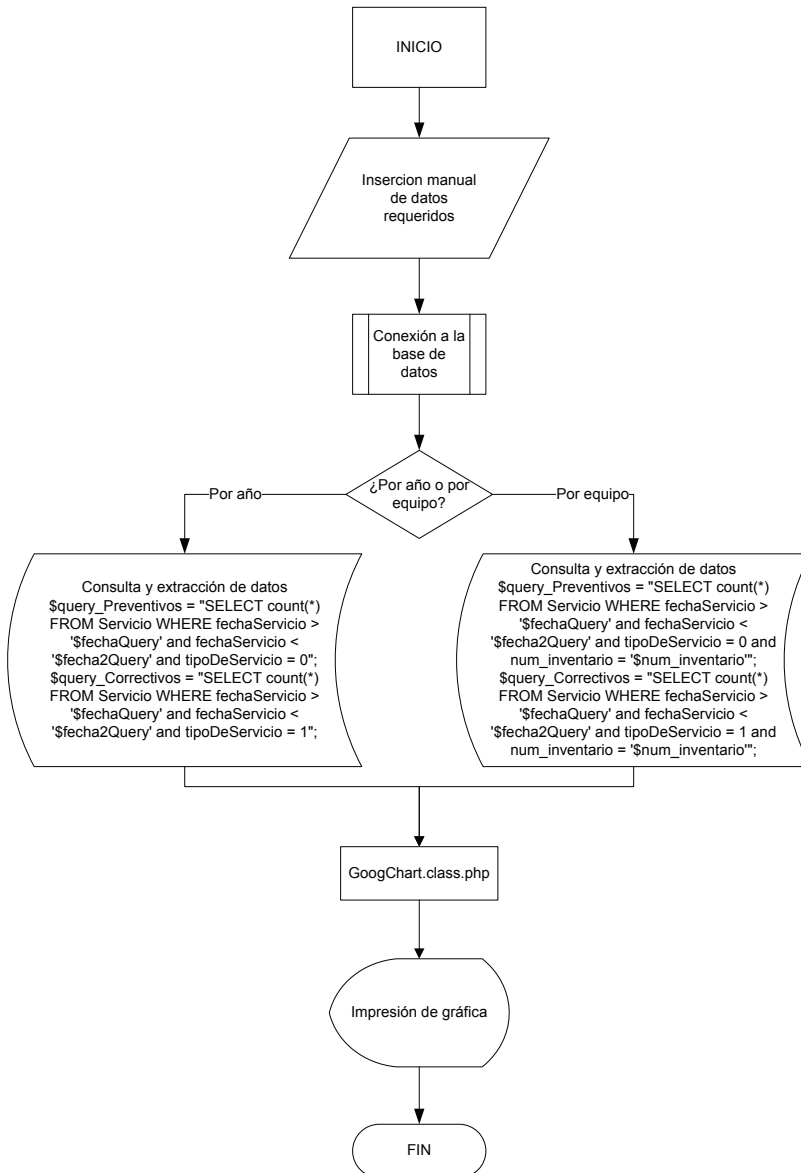
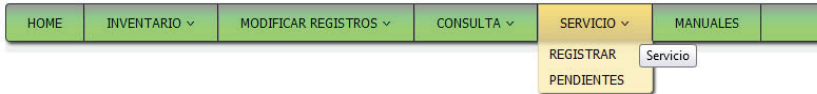


Diagrama 4. Proceso para la graficación de servicios prestados por año o por equipo.

### • Servicio



La pestaña servicio mostrará dos opciones: REGISTRAR y PENDIENTES.

La opción REGISTRAR permitirá agregar un nuevo registro de servicio a un equipo, además de generar automáticamente la hoja de servicio utilizada por el hospital con los datos correspondientes al servicio.

En la primera pantalla aparecerá el formulario en que ingresaremos los datos necesarios para generar el reporte del servicio. Al presionar el botón MOSTRAR, nos enviará a la siguiente pantalla en donde aparecerá una tabla con los datos del servicio, para asegurarnos de que los datos ingresados y los traídos de la base de datos son los indicados para el servicio a registrar.

Si la información es incorrecta regresaremos a la página anterior para corregir, datos de lo contrario se dará clic en el botón guardar para que se almacene la información en la base de datos y se genere el reporte del servicio el cual podrá imprimirse para la entrega del equipo y documentación del servicio. El *Diagrama 5* muestra los pasos a seguir para lograr lo descrito.

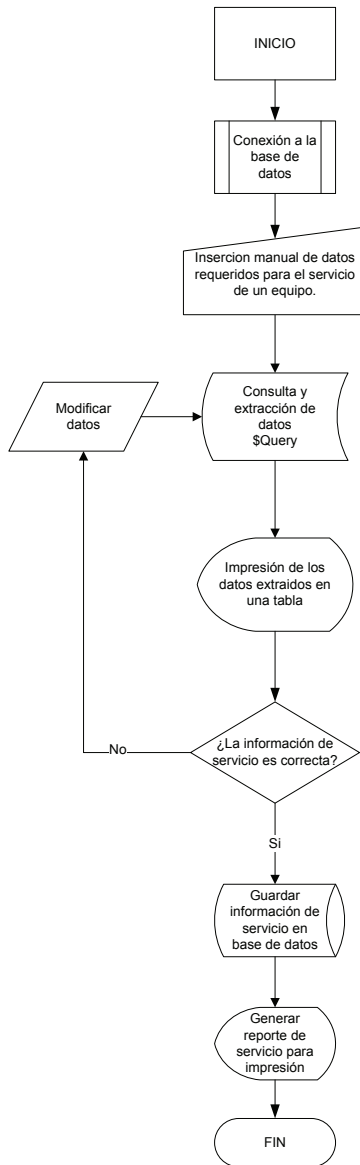
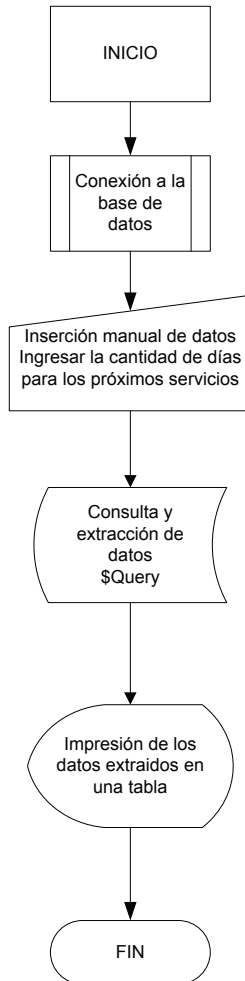


Diagrama 5. Proceso para generar y guardar el registro de un servicio y generar el formato para impresión.

La opción PENDIENTES, una vez que el usuario asigna una cantidad de días, se despliega una lista de los servicios que aún no se han realizado y que están planeados para los siguientes días, o cuando ya pasó la fecha programada a partir de la fecha actual (ver Diagrama 6).



*Diagrama 6. Proceso que sigue la página serviciosPendientes.php para mostrar los servicios programados para los días posteriores.*

- **Manuales**

La página **Manuales.htm** mostrará una tabla con links a manuales y procedimientos, en formato pdf, que auxiliarán a los trabajadores para dar un correcto mantenimiento a los equipos y/o un correcto uso de los mismos. Estos manuales han sido proporcionados por el proveedor al momento de adquirir el equipo. Aquí mismo se incluye el manual de usuario de este sistema.



## 5. PRUEBAS Y RESULTADOS

El costo de reparar un error aumenta conforme se avanza en un proyecto. Los errores en un sistema se hacen evidentes al hacer uso de éste, por eso es que en el ciclo de vida de software existe una etapa de pruebas con la finalidad de garantizar la funcionalidad y calidad del producto. En dicha etapa se revisan las especificaciones, el diseño y la codificación.

Existen dos principales objetivos en las pruebas [24]:

1. Demostrar al desarrollador y al cliente que el software satisface sus requerimientos. Para el software a medida, como es este el caso, significa que debe haber al menos una prueba para cada requerimiento del sistema.
2. Descubrir defectos en el software en el que el comportamiento de este es incorrecto, no deseable o no cumple con la especificación.

Para cumplir con estos objetivos se requieren dos tipos de pruebas: las de validación y las de defectos respectivamente. Para las pruebas de validación una prueba exitosa es aquella en la que el sistema funciona correctamente. Para las pruebas de defectos una prueba con éxito es aquella que muestra que el sistema funciona incorrectamente.

### Pruebas de validación

La siguiente tabla (*ver Figura 20*) enlista los requerimientos, la prueba y resultado correspondiente, para cumplir con las pruebas de validación.



Requerimiento	Prueba	Resultado
Calendarización de los servicios preventivos de acuerdo a los criterios correspondientes.	Se insertaron datos básicos de los equipos y servicios correspondientes.	El algoritmo correspondiente cumple con la calendarización en la página de <i>Servicios Pendientes</i> .
Sustituya la base de datos que actualmente se tiene en un documento de texto.	Se insertaron datos desde la página de <i>Modificar Inventario</i> .	La base de datos ahora está en MySQL y se puede consultar desde la página <i>Inventario</i> .
Facilite la consulta de información de los equipos.	Se insertaron datos desde las páginas correspondientes. Se consultó la información desde la página <i>Consulta por equipo</i> .	
Facilite el acceso a los manuales y procedimientos del departamento.	Se comprobó la existencia de los manuales desde la página <i>Manuales</i> .	
Genere gráficas y tablas requeridas para el proceso de certificación.	Se consultaron las gráficas por año y por equipo en la página <i>Gráficas</i> .	
Este diseñado bajo el mismo entorno que el sistema del hospital Modelo (LAMP).	No aplica.	

Figura 20. Tabla de pruebas de validación.

## Pruebas de defectos

El sitio se fue desarrollando página por página de acuerdo a los requerimientos de sistema y de los usuarios. El programador es también uno de los usuarios del sistema, por lo que los errores menores se fueron corrigiendo a tiempo de programación; errores tales como el cálculo de promedios de costos, cálculo de fechas, extracción e inserción de información en la base de datos, errores de diseño de páginas y formato de impresión de servicio, errores de sintaxis, entre otros.

Algunos cambios relevantes fueron los siguientes:

- Originalmente se consultaba cada ubicación del inventario desde la barra de navegación (ver *Figura 21*); lo cual resultaba impráctico para el usuario y para el programador ya que se tendría que hacer una página por ubicación. Se solucionó sustituyendo las páginas de ubicación por una única página de inventario con un listado de opciones de ubicación y un botón de mostrar inventario (ver *Figura 22*).

HOME	INVENTARIO ▾	MODIFICAR REGISTROS ▾	CONSULTA ▾	SERVICIO ▾	MANUALES		
SALA 1	<b>EQUIPO INSTALADO EN SALA 1 DE QUIRÓFANO CENTRAL</b> Actualizado en Abril 2013	<b>Equipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Inventario</b>	<b>N/S</b>	<b>Notas</b>
SALA 2		Procesador de imagen	Stream medical	Stream medical	PIMG01-QX	22835	
SALA 3		Electrocauterio	Valley lab	Force 2	ELEC01-QX	F2L20416T	
SALA 4		Fuente de luz	STRYKER	X8000	FUEN02-QX	s/h	
SALA 5		Impresora	epson	Photo T50	imp01-qx	LCK 124227	
		Insuflador	Stryker	620-030-500	insuf-01qx	010CE521	
	Máquina de anestesia	ohmeda	Aspire	Maq01-Qx	AMZJ00135		
	Mesa de cirugía	Bianco Medical	Saturn Gr Mod 5444072	Mes01-Qx	107975		
	Monitor de signos vitales	ohmeda	cardio cap 5	Mon01-Qx	5217818		
	Pantalla	Stryker	s/h	Part01-Qx	s/h		
	Pantalla	Stryker	s/h	Part02-Qx	s/h		
	Pantalla	Stryker	s/h	Part03-Qx	s/h		
	Unidad de control de cámara	STRYKER	1188	END003-QX	08L057734		
	Tanque de CO2	AGA	5 lt	0201-QX	s/h		
	Torniquete electrónico	Zimmer	ATS 1500	TOR01-QX	39317		

Figura 21. Acceso a inventario por ubicación desde el menú principal.

## 5. PRUEBAS Y RESULTADOS

HOME	INVENTARIO ▾	MODIFICAR REGISTROS ▾	CONSULTA ▾	SERVICIO ▾	MANUALES
------	--------------	-----------------------	------------	------------	----------

Indica la ubicación de cual se mostrará el inventario.  
 Ubicación:

**INVENTARIO**  
 Actualizado en Abril 2013

Equipo	Marca	Modelo	Inventario	N/S	Ubicación
Procesador de imagen	Stream medical	Stream medical	PIMG01-QX	22#35	Sala 1
Electrocauterio	Valley lab	Force 2	ELEC01-QX	F2L20416T	Sala 1
Fuente de luz	STRYKER	X8000	FUEN02-QX	s/n	Sala 1
Impresora	epson	Photo T50	imp01-qx	LCK 124227	Sala 1
Insuflador	Stryker	620-030-500	insuf-01qx	010CE521	Sala 1
Maquina de anestesia	ohmeda	Aspire	Maq01-Qx	AMZJ00135	Sala 1
Mesa de cirugía	Bianco Medical	Saturn Gr Mod 5444072	Mes01-Qx	107975	Sala 1
Monitor de signos vitales	ohmeda	cardio cap 5	Mon01-Qx	5217818	Sala 1
Pantalla	Stryker	s/n	Pant01-Qx	s/n	Sala 1
Pantalla	Stryker	s/n	Pant02-Qx	s/n	Sala 1
Pantalla	Stryker	s/n	Pant03-Qx	s/n	Sala 1
Unidad de control de camara	STRYKER	1188	END003-QX	08L057734	Sala 1
Tanque de CO2	AGA	5 lt	O201-QX	s/n	Sala 1
Torniquete electronico	Zimmer	ATS 1500	TOR01-QX	39317	Sala 1

Figura 22. Acceso a inventario por ubicación desde un listado en una misma página.

- Originalmente la página GRÁFICAS mostraba únicamente las gráficas sin las tablas (ver Figura 23). Se observó por los usuarios que se requería de una tabla informativa de servicios realizados, promedios y diferencias de costos, por lo que se añadió a la página (ver Figura 24).

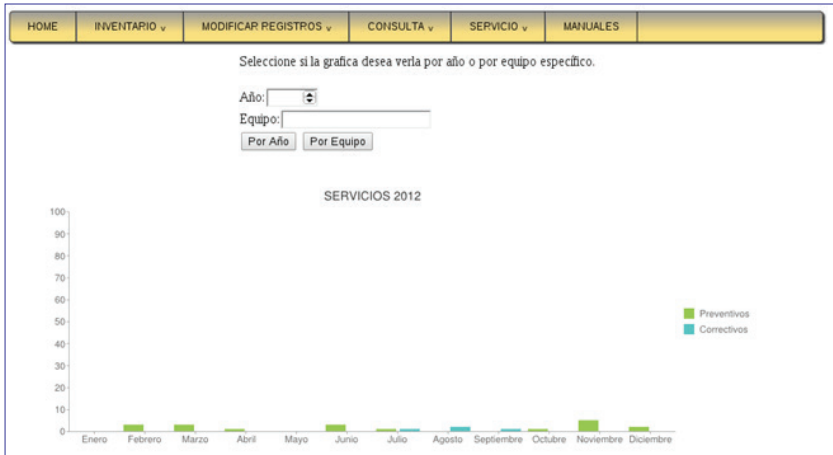


Figura 23. Página 'Graficas' sin tabla.

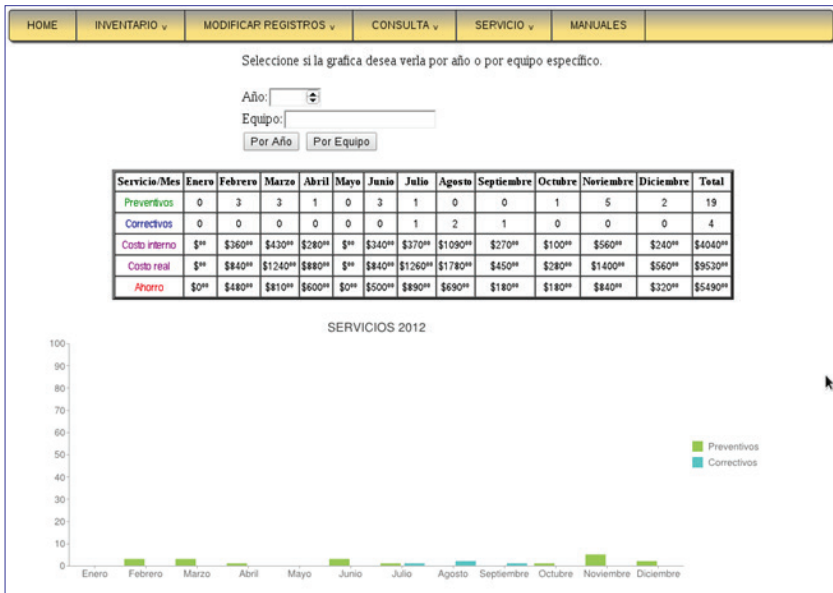


Figura 24. Página 'Graficas' con tabla informativa.



## 6. CONCLUSIONES

El objetivo con que surgió la idea de este proyecto se ha cumplido satisfactoriamente. El sistema se instaló para pruebas dentro del hospital y ha funcionado, a pesar de las áreas de oportunidad que se hicieron visibles con el uso.

Es un sistema innovador ya que, al menos en México, no existe aún uno comercial encaminado a tal objetivo. A pesar de que el sistema está en su primera fase se considera intuitivo, adaptable a cualquier hospital e incluso a servicios de mantenimiento general.

El apoyo para cumplir los requisitos de certificación que a Biomédica se refieren es evidente, principalmente en las gráficas, estadísticas, resguardo y ordenamiento de los servicios, que se respaldan con el documento impreso de los servicios realizados. Se reducen en gran medida tiempos y esfuerzos.

Tener a la mano y de manera ordenada los manuales de servicios y procedimientos es muy útil, se ocupa menos espacio y se ahorra papel.

Con la tabla de datos estadísticos y las gráficas se puede aplicar minería de datos haciendo notables algunos detalles que de otro modo resultaría imposible deducir; por ejemplo, que en algún o algunos meses la tasa de mantenimientos correctivos es superior al resto del año, con lo que se puede indagar en la causa, reducirla lo más posible y reflejarlo en menor gasto, menor esfuerzo, mayor eficiencia y menor riesgo para el paciente.

Conociendo las necesidades y con las bases propuestas, se puede migrar el sistema a las diferentes tecnologías de cómputo. Después de un análisis exhaustivo se propone seguir utilizando el manejador de bases de datos MySQL, haciendo los cambios previamente dichos al diseño de la base; migrar la programación a Java que permite

## 6. CONCLUSIONES

---

---

mucho más dinamismo; utilizar XHTML en lugar de HTML; framework SEAM; servidor de aplicaciones Java JBOSS que es de código abierto e implementado en Java puro, lo que permite ser utilizado en cualquier sistema operativo para el que esté disponible la máquina virtual de Java; y entorno de desarrollo integrado Eclipse, que facilitará la integración y uso de las herramientas listadas.

Éste proyecto pretende ser punta de lanza para llegar a un sistema efectivo y útil después de sufrir ciertos cambios que lo perfeccionarán. La idea original estaba basada únicamente en las tablas EQUIPO y SERVICIO. Conforme se fue desarrollando se fueron acondicionando las necesidades y corrigiendo los errores detectados al tiempo de ejecución. Sin embargo es al momento que se implementa y terceras personas lo manipulan cuando surgen nuevas necesidades imprevistas.

He aquí un recuento de las mejoras propuestas para implementarse a la versión alpha.

- Se ha detectado la necesidad de implementar seguridad en el sistema, tal como el uso de sesiones para evitar que cualquier persona tenga acceso a todo el sistema; por ejemplo, al implementarse en red el personal de enfermería puede reportar en línea las fallas con los equipos.
- El campo para notas en las páginas de inventario será de mayor utilidad de ser habilitado para usuarios con pocos o nulos conocimientos de programación. Para esta primera versión se pueden agregar comentarios desde el archivo HTML, pero para el usuario que además no tiene acceso a la edición de tal archivo es imposible agregar un comentario. Una posible solución es agregar una tabla NOTA en la base datos con llave primaria relacionada a la tabla EQUIPO y programarlo de manera que esos comentarios puedan ser agregados, editados y borrados desde la página de inventarios en PHP.

- De manera similar al punto anterior, los manuales y procedimientos de la página MANUALES se incorporan al sitio agregando el archivo PDF a la carpeta **www**, o subcarpeta de la misma, e insertando líneas de código directamente en el archivo HTML, lo que para el usuario con pocos o nulos conocimientos de programación será imposible. La solución es agregar una interface que permita la carga de manuales nuevos eligiendo el archivo PDF de alguna unidad de almacenamiento y el borrado de los mismos cuando sean obsoletos o innecesarios (ver Figura 25).

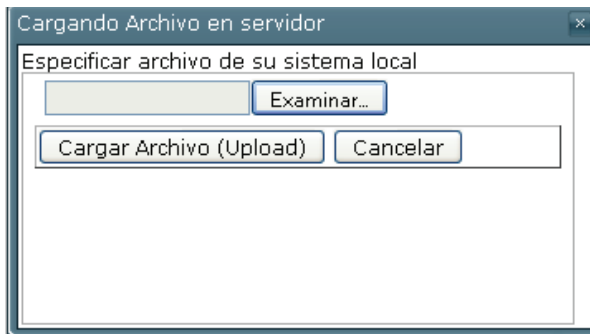


Figura 25. Interface que permitiría la carga de archivos de manera sencilla.

- La página **modificarinventario.php** puede mejorar en su diseño ya que es imposible modificar los datos de un registro en la tabla EQUIPO desde esta página. Se puede agregar un equipo nuevo o borrar uno existente, sin embargo es importante la implementación de una interface para poder modificar solo un dato del registro sin tener que borrarlo y registrarlo todo nuevamente.
- Se sugiere también la necesidad de mensajes de error, por ejemplo, cuando se quiere sobre escribir un tipo de equipo, un equipo o un trabajador el sistema no lo registra debido a que identifica una duplicidad de ID, sin embargo el usuario no sabe que es lo que sucede. La solución es cachar los mensajes de error de la base de datos y enviar un mensaje a la página del usuario explicando lo sucedido.



## 6. CONCLUSIONES

---

- La tabla SERVICIO tiene el campo **num\_servicio**, que es un campo auto incrementable y es parte de la llave primaria. Este campo además puede servir para asignarle el número a las hojas de servicio impresas y de esta manera ubicarlas fácilmente de ser necesario.
- Preguntar la confirmación al borrar un registro evitará accidentes. El sistema está diseñado de manera que se escriba el campo llave del registro que se quiere borrar: **num\_inventario**, **idTrabajador** o **idTipoDeEquipo** según sea el caso, se presione el botón BORRAR y de manera automática se borre el registro; sin embargo puede darse el caso que el usuario cometa un borrado no intencional, por lo que se ha sugerido un mensaje de seguridad antes de cometer el borrado del registro (ver Figura 26).

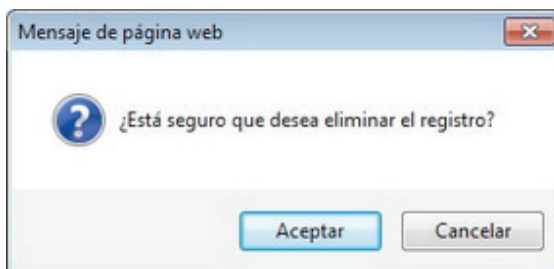


Figura 26. Mensaje de confirmación de borrado.

- Otra consideración ha sido diferenciar de manera específica los kits de mantenimiento así como sus precios, ya que no es lo mismo, por ejemplo, un kit de mantenimiento para lámpara quirúrgica que para máquina de anestesia. Las herramientas y consumibles varían. Así mismo, se sugirió diferenciar dentro del mismo kit las herramientas empleadas y los consumibles utilizados.
- Algo que es de gran utilidad en cualquier paquete o sistema es integrar un botón de ayuda que oriente al usuario sobre el manejo del sistema, del cual prescinde éste en su versión actual (ver Figura 27).



*Figura 27. Mensaje de confirmación de borrado.*

- Por último, ya que el sistema pretende apoyar y facilitar las actividades preparativas para una certificación hospitalaria, se pretende la integración de un apartado en el que se indiquen las principales normas aplicables en el país para tal cometido.

En el mes de abril del presente año el "Hospital Modelo" volvió a someterse al proceso de certificación, esta vez con resultados positivos. Se alcanzaron 95 de los 100 puntos gracias al apoyo y trabajo del personal en todas las áreas. Particularmente en el área de Biomédica fueron cubiertos los puntos que, en el proceso de certificación anterior, habían incurrido en falta gracias en gran parte al sistema de cómputo: la documentación de los equipos y los servicios preventivos, el procesamiento de la información recopilada de los servicios y la planeación de los servicios a futuro como resultado del procesamiento de dicha información.

Debido a que el sistema automatiza parte del proceso administrativo, se ha logrado un aumento en la productividad y eficiencia de los servicios en cuanto al equipo médico se refiere. Se tiene un control preciso sobre las fechas de los servicios preventivos y se ha evitado la redundancia de los mismos.

Los sistemas de cómputo en la actualidad son necesarios en todas las áreas de trabajo; para el caso del ámbito hospitalario pueden aplicarse, además, en el área de CEYE para el control estricto del ciclo de esterilización de cargas, ya que es de suma importancia para evitar que el paciente esté expuesto a infecciones; o en la central de enfermería para un mejor control y atención a los pacientes. Esto por

## 6. CONCLUSIONES

---

---

mencionar algunas deficiencias que se han detectado en los hospitales del Distrito Federal, porque seguramente en países de primer mundo ya son aplicados los sistemas de cómputo en éstas áreas.

Independientemente de las limitantes detectadas, el sistema cumplió su objetivo en la primera fase de desarrollo y se han obtenido resultados satisfactorios.

# ANEXO A

## Principales Organizaciones y Agencias.

- FDA - *Federal Food and Drug Administration*
- ECRI - *Emergency Care Research Institute*
- JCAHO - *Joint Commission for Accreditation of Healthcare Organizations*
- NFPA - *National Fire Protection Associations*
- AAMI - *Association for the Advancement of Medical Instrumentation*
- ANSI - *American National Standards Institute*
- IEC - *International Electrotechnical Commission*
- OMS - *Organización Mundial de la Salud*
- ACCE - *American College of Clinical Engineering*
- CSG - *Consejo de Salubridad General*
- CENETEC-SALUD - *Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud*

- **FDA - Federal Food and Drug Administration  
(Administración Federal de Drogas y Alimentos)**

La FDA es un organismo que se encarga del registro, control y certificación de los dispositivos médicos en los Estados Unidos. La FDA toca virtualmente la vida de todo norteamericano cada día. Su trabajo consiste en velar que el alimento sea seguro y saludable; así como las medicinas y aparatos médicos, que además de seguros sean efectivos; al igual que los cosméticos que usa el consumidor y los productos que emitan radiaciones, para que no causen daños al ser humano; la alimentación y las drogas para animales domésticos y de fincas, también hacen parte del escrutinio de la FDA. Esta entidad asegura que todos esos productos sean etiquetados con la información que la gente necesita conocer para usarlos adecuadamente.

La FDA es una de las más antiguas agencias de los Estados Unidos que protegen al consumidor. Tiene aproximadamente 9000 empleados que controlan la fabricación, importación, transporte, almacenamiento y venta de \$1 trillón de dólares en productos cada año.

La FDA es una agencia de salud pública encargada de proteger al consumidor, puesto que hace cumplir las leyes relacionadas con salud pública, alimentos, drogas y cosméticos. Para llevar a cabo ese mandato, la FDA posee 1100 investigadores e inspectores, quienes cubren casi 9500 actividades reguladas por la agencia.

El Congreso de los Estados Unidos en 1976 promulgó el Acta de Enmiendas de Equipos Médicos. Esta acta otorga a la FDA la autoridad para:

1. Obligar a los vendedores de equipos médicos a registrar sus establecimientos y su lista de equipos anualmente.
2. Imponer requisitos reguladores y normativas para la aprobación pre-mercado del equipo médico de acuerdo a su nivel de riesgo.
3. Imponer otros controles generales para garantizar la seguridad y efectividad del equipo médico.

El Centro de Aparatos y Radiología en Salud de la FDA es responsable de garantizar la seguridad y efectividad de los aparatos médicos y elimina la exposición innecesaria de radiación proveniente de equipos médicos, equipos profesionales o equipos para el consumo. Hay miles de aparatos médicos diferentes, desde marcapasos para el corazón hasta lentes de contacto. Las regulaciones de la FDA sobre productos que emiten radiaciones incluyen: hornos de microondas, terminales de vídeo (display), así como equipos de ultrasonido y rayos X. Este centro cumple su misión mediante:

- Revisar demandas sobre investigadores o el mercado de aparatos médicos.

- Colectar, analizar y tomar acciones con respecto a información sobre lesiones y otras experiencias en el uso de aparatos médicos así como productos electrónicos que emiten radiaciones.
- Establecer y da fuerza legal a regulaciones para buenas prácticas de fabricación (GMP) y desarrollar estándares para productos electrónicos emisores de radiaciones y aparatos médicos.
- Supervisar el cumplimiento y vigilancia de programas para aparatos médicos y productos electrónicos emisores de radiaciones.
- Proporcionar asistencia técnica y otras que no incluyan apoyo financiero a pequeños fabricantes de aparatos médicos.

En 1976, las enmiendas al Acta de 1938 llevadas a cabo por la FDA, establecieron una nueva definición de equipos médicos como sigue:

"Un instrumento, aparato, implemento, máquina, invención, implante, reactivo in vitro u otro artículo similar o relacionado, incluso cualquier componente parte o accesorio que esté:

- 1) Reconocido en el Formulario Nacional o en la Farmacopea de los Estados Unidos o cualquier suplemento a estos.
- 2) Destinado al uso en el diagnóstico de enfermedades u otra condición, o en la cura, mitigación, tratamiento, o prevención de enfermedades en hombres o animales.
- 3) Destinado a afectar la estructura o cualquier función del cuerpo del hombre o animales y que no alcanza cualquiera de sus propósitos principales intencionales por acción química dentro de o en el cuerpo del hombre o animal y puede realizar cualquiera de sus propósitos principales de manera autónoma." [25]

- **ECRI - Emergency Care Research Institute**

ECRI se auto-titula "Agencia de Investigación al Servicio de la Salud sin Fines de Lucro" y colabora activamente con la Organización Mundial de la Salud (OMS). Por más de 30 años se ha mantenido suministrando información y asistencia técnica a organizaciones relacionadas con el cuidado de la salud. Los resultados de las investigaciones y experticia de ECRI pueden adquirirse a través de sus publicaciones, sistemas de información, archivos, programas de asistencia técnica, servicios de laboratorio, seminarios y becas.

Cuenta con staff de tiempo completo que incluye: especialistas en la tecnología de los cuidados de la salud, administración hospitalaria, análisis financiero, administración de riesgos, ciencias de la computación y la informática, planificación hospitalaria, abogados, médicos, biomédicos, ingenieros eléctricos, electrónicos, químicos, mecánicos, así como también especialistas en epidemiología, bioestadística, comunicaciones, escritores, científicos y editores.

ECRI asegura integridad y objetividad en sus bases de conocimiento sobre tecnología para el cuidado de la salud, y declara no aceptar soporte financiero de fabricantes de productos médicos, así como no permitir que alguno de sus empleados posea acciones en alguna empresa que produzca equipos médicos o productos farmacéuticos.

La gama de recursos de ECRI se extiende más allá de la tecnología; mantiene profesionales en cuidados de salud, fabricantes, profesionales del derecho, especialistas en información y otros al tanto de las tendencias estándares y regulaciones en el cuidado de la salud, así como en el manejo del medio ambiente, la salud ocupacional y las publicaciones en seguridad.

También elabora recomendaciones sobre la forma de administrar los costos de la salud, acreditación, gestión de riesgos, recursos humanos, calidad del cuidado y otros tópicos complejos.

Finalmente, ECRI tiene una gran variedad de publicaciones, bases de datos, software y servicios que llenan las necesidades crecientes de información y apoyo a la decisión en cuidados de la salud. Éstas están enfocadas hacia tres áreas principales relacionadas con los cuidados de la salud: 1) Tecnología, 2) Gestión de la calidad y riesgos, y 3) Gerencia.

- **JCAHO - Joint Commission for Accreditation of Healthcare Organizations (Comisión Conjunta en Acreditación de Organizaciones para el Cuidado de la Salud)**

La organización norteamericana conocida como *Joint Commission for Accreditation of Healthcare Organizations* a la que, en lo adelante nos referiremos por sus siglas inglesas JCAHO, se plantea la misión de perfeccionar la calidad de la atención médica al público, a través de la acreditación de organizaciones que prestan servicios de cuidados de salud u otros servicios relacionados con su apoyo y desarrollo.

La JCAHO evalúa y acredita más de 18,000 organizaciones y programas para el cuidado de la salud en los Estados Unidos; y siendo el órgano principal de la nación para estos fines, se declara como una organización independiente sin fines de lucro. Desde 1951, la JCAHO ha desarrollado normas basadas en el estado-del-arte y ha evaluado la correspondencia de las organizaciones para el cuidado de la salud con respecto a estos indicadores.

Más de 500 médicos, enfermeras, administradores del cuidado de la salud, tecnólogos médicos, psicólogos, terapeutas respiratorios, farmacéuticos, proveedores de equipos médicos y trabajadores sociales son empleados por la JCAHO para ejecutar los estudios de acreditación.



Adicionalmente, se emplean unas 500 personas en la Oficina Central en Oakbrook Terraplana, IL. Una pequeña oficina se mantiene también en Washington, D.C.

La JCAHO es gobernada por un buró de 28 miembros o comisionados que incluyen seis miembros públicos y un representante general de Enfermería. Otros miembros del buró son designados por el Colegio Médico, el Colegio de Cirugía, la Asociación Dental, la Asociación de Hospitales y la Asociación Médica; todas por supuesto, de los Estados Unidos de América.

Los servicios en evaluación y acreditación que brinda la JCAHO son dirigidos a:

- Hospitales Generales, psiquiátricos, pediátricos y de rehabilitación.
- Redes de atención médica, programas de salud, redes de urgencias y organizaciones de proveedores de servicios de salud.
- Ambulatorios y organizaciones que proporcionan servicios de salud en el hogar, personal para brindar cuidados y servicios de apoyo, infusión en el hogar y otros servicios de farmacia, servicios de equipo médicos y servicios de asilos u hospicios.
- Clínicas de reposo y otras facilidades para el cuidado de la salud a largo plazo, incluyendo programas de cuidados especiales, programas de atención a dementes y servicios de farmacia de largo plazo.
- Organizaciones para el cuidado de la salud del comportamiento, incluso aquellas que proporcionan salud mental, fármaco-dependientes y retardo mental e invalides, organizadas para pacientes de diferentes edades y etapas.
- Proveedores de cuidados ambulatorios, incluyendo medios para la cirugía del paciente ambulatorio, centros de rehabilitación, centros de infusión, prácticas de grupo y otros.
- Laboratorios Clínicos.

La acreditación por la JCAHO se reconoce nacionalmente como un símbolo de calidad que indica que una organización cumple con determinados estándares de funcionamiento. Para obtener y mantener la acreditación, una organización debe someterse a inspección por un equipo designado por la JCAHO por lo menos cada tres años. Los estándares de las JCAHO se dirigen hacia el nivel de las prestaciones que la organización brinda en áreas claves, tal como los derechos del paciente; y las normas se enfocan no simplemente a lo que la organización tiene, sino a lo que realmente hace. Los estándares establecen expectativas para las prestaciones que afectan la calidad del cuidado al paciente; si una organización hace las cosas correctas y las hace bien, hay una gran probabilidad que sus pacientes tengan buenos resultados. La JCAHO desarrolla sus estándares en consulta con expertos de los cuidados de salud, expertos en mediciones, proveedores, compradores y consumidores.

Las organizaciones para el cuidado de la salud solicitan la acreditación de la JCAHO porque:

- Posibilita a las organizaciones mejorar la calidad del servicio.
- Puede ser usada para reunir ciertos requisitos de la certificación de los Seguros Médicos.
- Refuerza la confianza de la comunidad.
- Refuerza la contratación del personal médico.
- Proporciona una herramienta educativa al personal.
- Apresura el pago a terceros.
- A menudo cumple requisitos para las licencias estatales.
- Puede influir favorablemente en asignaciones del seguro.

La JCAHO patrocina varios programas educacionales y proporciona importantes publicaciones para los profesionales del cuidado de la salud. Se compromete a ofrecer apoyo educativo sobre sus estándares a las organizaciones que acredita, así como a posibilitar la comprensión de las medidas a las prestaciones y mejoras.

- **NFPA - National Fire Protection Associations  
(Asociación Nacional de Protección contra Incendios)**

La Asociación Nacional de Protección contra Incendios, NFPA, con oficinas centrales localizadas en Quincy, Massachusetts, E.U.A., es una organización internacional, sin fines de lucro, con afiliación de carácter voluntario. La misma fue fundada en el año 1896 y su objetivo principal es el de proteger las vidas de la comunidad, propiedades física tangibles y al medio ambiente de los efectos destructivos a causa del fuego, mediante la defensa de códigos y estándares con base científica, investigación y educación sobre el fuego y aspectos de seguridad relacionados con este. El estándar NFPA 99 establece diferentes normas para instalaciones destinadas al cuidado de la salud. Este estándar resume todas las normas eléctricas contenidas en la NFPA 70, el National Electric Code y la NFPA 101. Este estándar reúne varios documentos, que referencia el uno al otro, en una unidad con una referencia más fácil y más completa para los usuarios, los cuales pueden ser: ingenieros, médicos, diseñadores, arquitectos y principalmente para los ingenieros clínicos y autoridades del hospital. Este estándar cubre los siguientes aspectos:

1. Uso de gases anestésicos (inflamable y no inflamable).
2. Uso de gases anestésicos en facilidades de cuidados ambulatorios.
3. Terapia Respiratoria.
4. Sistemas de vacío para medicina y cirugía.
5. Laboratorios en instituciones relacionadas con la salud,
6. Sistemas Eléctricos Esenciales en instalaciones para el cuidado de la salud.
7. Uso de la electricidad en el cuidado de pacientes.
8. Servicios Hiperbáricos.
9. Servicios Hipobáricos.
10. Servicios de Emergencia.
11. Uso seguro de alta frecuencia en instalaciones médicas.
12. Uso de terapia respiratoria en el hogar.

Estas normas resultan muy útiles al ingeniero clínico al llevar a cabo sus funciones en sistemas de emergencia, seguridad de pacientes, choque eléctrico, gestión de riesgos y otros aspectos relacionados.

- **AAMI - Association for the Advancement of Medical Instrumentation (Asociación para el Avance de la Instrumentación Médica).**

Los programas de estándares de AAMI están compuestos por más de 100 comités técnicos y grupos de trabajo que producen Estándares, Recomendaciones Prácticas y Reportes de Información Técnica para aparatos médicos. Los Estándares y Recomendaciones Prácticas representan un consenso nacional y muchos han sido aprobados por Instituto Nacional de Estándares (ANSI) como Normas Nacionales. AAMI también administra varios comités técnicos internacionales de la Organización Internacional de Estándares (ISO) y el Comité Electrotécnico Internacional (IEC), así como Grupos Técnicos Asesores en los Estados Unidos (TAGs).

Los principales estándares de AAMI han sido armonizados total o parcialmente con Estándares Internacionales relevantes de ISO e IEC.

- **ANSI - American National Standard Institute (Instituto Nacional de Estándares Americanos)**

ANSI administra y coordina el sistema de estandarización voluntaria del sector privado en los Estados Unidos, fue fundada en 1918 por 5 sociedades de ingenieros y 3 agencias gubernamentales. ANSI se declara como organización privada sin fines de lucro, soportada por diversas organizaciones del sector público y privado.

A través de su historia ANSI ha mantenido como meta principal mejorar la competitividad global de los negocios de los E.U.A. y la calidad de vida de los norteamericanos, promoviendo y facilitando el consenso voluntario de los estándares, conformando la valoración de sistemas y promocionando la integración entre ellos. El instituto representa el interés de alrededor de 1400 compañías, organizaciones, agencias gubernamentales, instituciones y miembros internacionales a través de sus oficinas en New York y su oficina satélite en Washington.

ANSI no establece Estándares Nacionales Americanos ( ANSs ) más bien facilita su desarrollo mediante consenso entre grupos calificados, estos procesos son seguidos por más de 175 entidades normalmente acreditados bajo uno de los 3 métodos de acreditación (organización, comité o inspección). ANSI promueve el uso internacional de los estándares utilizados en E.U.A., defiende sus políticas y técnicas en organizaciones de estándares internacionales y regionales y alienta la adopción de estándares internacionales como nacionales donde la comunidad de usuarios los necesita.

ANSI fue miembro fundador de la ISO y juega un activo papel en la dirección de esta, siendo uno de los cinco miembros permanentes del consejo de la ISO y uno de los cuatro miembros permanentes en la mesa de dirección técnica de la ISO.

A través de ANSI, Los Estados Unidos han influido en la adopción de los estándares de la ISO y la IEC, participando en el programa técnico de ambos, 78 % de todo el comité técnico de la ISO y 91 % de los comités de IEC y administrando algunos comités y subgrupos, 16% en la ISO, 17% en la IEC. Como parte de estas responsabilidades siendo miembro de la ISO y la IEC, ANSI acredita los grupos consejeros técnicos de USA ( U.S.TAGs ). El primer propósito de los U.S. TAGs es el desarrollo y transmisión de la posición de E.U.A en actividades y decisiones del comité técnico internacional.

## • IEC - International Electrotechnical Committee (Comisión Electrotécnica Internacional)

IEC es la organización mundial que realiza y publica los estándares internacionales para la tecnología eléctrica y electrónica. IEC fue fundada en 1906, como resultado de una resolución aprobada por el Congreso Eléctrico Internacional en St. Louis en 1904. Los miembros pertenecen a unos 50 países. Los miembros dan a los países la posibilidad de participar de las actividades de estandarización internacional; los miembros regulares son comités nacionales los cuales tiene igual derecho de votación.

Toda la organización de IEC es diseñada para asegurar que los comités nacionales tengan gran peso en la toma de decisiones.

La IEC, posibilita la participación limitada de países con pocos recursos, estos pueden tener la condición de observador y pueden participar de todos los encuentros de la IEC, pero sin tener derecho a votar.

La misión de la IEC es promover a través de sus miembros la cooperación internacional en todo lo que refiere a la estandarización electrotécnica y materias relacionadas, como la valoración de estándares en los campos de la electricidad, la electrónica y tecnologías afines. IEC abarca todas las electro tecnologías incluyendo electrónica, electromagnetismo, electroacústica, telecomunicaciones y producción y distribución de energía y asociaciones de disciplinas como tecnología, desarrollo, dependencia, diseño y seguridad del medio ambiente.

Según esta misión los objetivos de la IEC son:

- Determinar los requerimientos del mercado global de manera eficiente.
- Asegurar la primacía y el máximo cubrimiento del uso de los estándares.

- Valorar y mejorar la calidad de los productos y servicios hechos por estos estándares. Establecer las condiciones para el intercambio de sistemas complejos.
- Incrementar la eficiencia de procesos industriales.
- Contribuir a la protección del medio ambiente.

Un estándar provee un criterio para realizar un juicio, para el IEC son documentos establecidos por consensos y aprobado por un reconocido grupo.

Los estándares se adoptan para ayudar a la industria, consumidores, agencias de gobierno y público en general; y juegan un papel importante en mejorar la eficiencia industrial y en desarrollar un intercambio mundial. Son estratégicos en un mundo globalizado con un norte desarrollado que puja por repartirse los mercados e imponer sus reglas de juego.

## • OMS - Organización Mundial de la Salud

La OMS es la autoridad directiva y coordinadora de la acción sanitaria en el sistema de las Naciones Unidas.

Es la responsable de desempeñar una función de liderazgo en los asuntos sanitarios mundiales, configurar la agenda de las investigaciones en salud, establecer normas, articular opciones de política basadas en la evidencia, prestar apoyo técnico a los países y vigilar las tendencias sanitarias mundiales.

En el siglo XXI, la salud es una responsabilidad compartida, que exige el acceso equitativo a la atención sanitaria y la defensa colectiva frente a amenazas transnacionales.

## **Función de la OMS en la salud pública**

La OMS cumple sus objetivos mediante las siguientes funciones básicas:

- Ofrecer liderazgo en temas cruciales para la salud y participar en alianzas cuando se requieran actuaciones conjuntas;
- Determinar las líneas de investigación y estimular la producción, difusión y aplicación de conocimientos valiosos;
- Establecer normas y promover y seguir de cerca su aplicación en la práctica;
- Formular opciones de política que aúnen principios éticos y de fundamento científico;
- Prestar apoyo técnico, catalizar el cambio y crear capacidad institucional duradera;
- Seguir de cerca la situación en materia de salud y determinar las tendencias sanitarias.

Estas funciones básicas se han descrito en el Undécimo Programa General de Trabajo, que proporciona el marco para el programa de trabajo, el presupuesto, los recursos y los resultados a nivel de toda la organización. Titulado "Contribuir a la salud", el programa abarca el periodo de diez años que va de 2006 a 2015.

## **Reformas de la OMS**

La OMS ha emprendido una serie de reformas a fin de estar mejor preparada para hacer frente a los retos cada vez más complejos que plantea la salud de las poblaciones en el siglo XXI. Desde los viejos problemas que se resisten a desaparecer hasta las nuevas amenazas para la salud pública, la OMS tiene que ser suficientemente flexible para responder a este entorno cambiante.

El proceso de reforma está orientado por los Estados Miembros y tiene carácter integrador. Los tres objetivos fueron definidos por la 64.<sup>a</sup>



Asamblea Mundial de la Salud y por el Consejo Ejecutivo en su 129.<sup>a</sup> reunión.

1. La mejora de los resultados sanitarios, lo que permitirá a la OMS cumplir las expectativas de sus Estados Miembros y asociados en cuanto a la atención de las prioridades acordadas en materia de salud mundial; centrarse en las intervenciones y esferas en las que desempeña un papel único y cuenta con ventaja comparativa; y adoptar un sistema de financiación que facilite centrarse en estos aspectos.
2. Una mayor coherencia en el ámbito de la salud mundial, dentro del cual la OMS desempeñará un papel destacado para favorecer la participación activa y eficaz de un gran número de actores para mejorar la salud de todos los pueblos.
3. Una Organización que se afane en lograr la excelencia y sea eficaz, eficiente, receptiva, objetiva, transparente y responsable (EBSS/2/2).

Tres campos de trabajo diferenciados pero interconectados han surgido en conformidad con esos objetivos:

- Programas y establecimiento de prioridades
- Reforma de la gobernanza
- Reforma de la gestión

### • **ACCE - American College of Clinical Engineering**

Colegio Estadounidense de Ingeniería Clínica, fundado en 1990, se ha comprometido a mejorar la profesión de la ingeniería clínica. Con miembros en los Estados Unidos y en el extranjero, la ACCE es la única asociación profesional reconocida internacionalmente para los ingenieros clínicos.

Su misión es establecer un nivel de competencia y promover la excelencia en la práctica de la ingeniería clínica; promover la aplicación

segura y eficaz de la ciencia y la tecnología en la atención al paciente; definir el conjunto de conocimientos en que se basa la profesión y representar los intereses profesionales de los ingenieros clínicos.

- **CSG – Consejo de Salubridad General**

En México es el responsable de emitir disposiciones de carácter obligatorio en materia de Salubridad General en todo el país mediante la definición de prioridades, la expedición de acuerdos, y la formulación de opiniones del Poder Ejecutivo Federal, para fortalecer la rectoría y la articulación del Sistema Nacional de Salud hacia el cabal cumplimiento del Artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

"El Consejo de Salubridad General en cumplimiento al artículo 4º, párrafo cuarto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, donde se consagra el derecho a la protección de la salud, dentro del ámbito de su competencia, es un Órgano Colegiado dependiente directamente del Presidente de la República con carácter de autoridad sanitaria, sin intervención de ninguna Secretaría de Estado y sus disposiciones generales son obligatorias para las autoridades administrativas del país, en términos de lo dispuesto en los artículos 73, fracción XVI Base 1a. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 4o., fracción II y 15 de la Ley General de Salud y 1º del Reglamento Interior del Consejo de Salubridad General." [5]

La Organización y funcionamiento se rige por su Reglamento Interior como lo establece el artículo 16º de la Ley General de Salud.

## • CENETEC-SALUD - Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud

El Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Salud, nombrado en 2009 centro colaborador de la OMS, que depende directamente de la Subsecretaría de Integración y Desarrollo del Sector Salud.

La creación del CENETEC-Salud, en enero de 2004, obedece a la necesidad del sistema de salud en México de contar con información sistemática, objetiva y basada en la mejor evidencia disponible, de la gestión y uso apropiado de las tecnologías para la salud, que apoye a la toma de decisiones y el uso óptimo de los recursos.

Su misión es contribuir a satisfacer las necesidades de gestión y evaluación de tecnologías para la salud, mediante la asesoría, la coordinación de esfuerzos sectoriales, la generación, integración y divulgación de información, con el fin de sustentar la toma de decisiones en los servicios de salud [26].

## ANEXO B

### **Manual de usuario del sistema para la gestión de mantenimiento de equipo médico en área hospitalaria.**

Este sistema apoyará al administrador del área de Biomédica en un hospital para calendarizar de manera efectiva los servicios prestados a los equipos médicos del hospital, así como para llevar un control de los mismos y realizar gráficas que serán de ayuda para visualizar algunos aspectos referentes a la planeación de los servicios futuros.

El sistema está diseñado mediante páginas web que interactúan con una base de datos en la cual se almacena la información de los equipos, los servicios y los trabajadores que los realizan.

La *Figura B1* muestra el menú de navegación para moverse entre las diferentes opciones del sistema. Las opciones del menú son las siguientes:


- HOME
  
- INVENTARIO
  - SALA 1
  - SALA 2
  - SALA 3
  - SALA 4
  - SALA 5
  
- MODIFICAR REGISTROS
  - MODIFICAR INVENTARIO
  - TRABAJADORES
  - CATALOGO DE EQUIPO

- CONSULTA
  - POR EQUIPO
  - GRAFICAS
- SERVICIO
  - REGISTRAR
  - PENDIENTES
- MANUALES



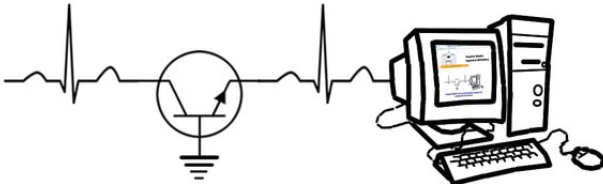
*Figura B1. Menú de navegación.*

Al ingresar al sistema nos encontramos con la página HOME la cual indica el objetivo del sistema los derechos reservados y el correo de contacto (ver *Figura B2*).



## Hospital Modelo Ingeniería Biomédica

HOME	INVENTARIO v	MODIFICAR REGISTROS v	CONSULTA v	SERVICIO v	MANUALES
------	--------------	-----------------------	------------	------------	----------



### Departamento de Ingeniería Biomédica le da la bienvenida al sistema de gestión de servicios

**Objetivo del sitio:** Este sitio se ha diseñado con el objetivo de facilitar y agilizar las tareas administrativas dentro del departamento de Biomedica del hospital. En este sitio encontrará las herramientas necesarias para llevar un registro completo y ordenado de los servicios que se prestan en dicho departamento, así como consultar información útil acerca del equipo inventariado, los trabajadores, los servicios e incluso gráficas generadas con tales registros.

**Diseño y desarrollo:** Ing. Eduardo Miranda Vázquez

**Agradecimientos especiales:**  
M. en I. Juan Manuel Gómez González  
Ing. Palma Trejo Pedro Adrián  
Ing. José Manuel López  
Tec. Jorge A. Sánchez Flores

✉ Correo de contacto: ✉  
**Ing. Eduardo Miranda:** [emirandavas@gmail.com](mailto:emirandavas@gmail.com)

Hecho en México, todos los [derechos reservados](#) 2013. Esta página no debe ser reproducida, requiere permiso previo por escrito.

[Créditos](#)

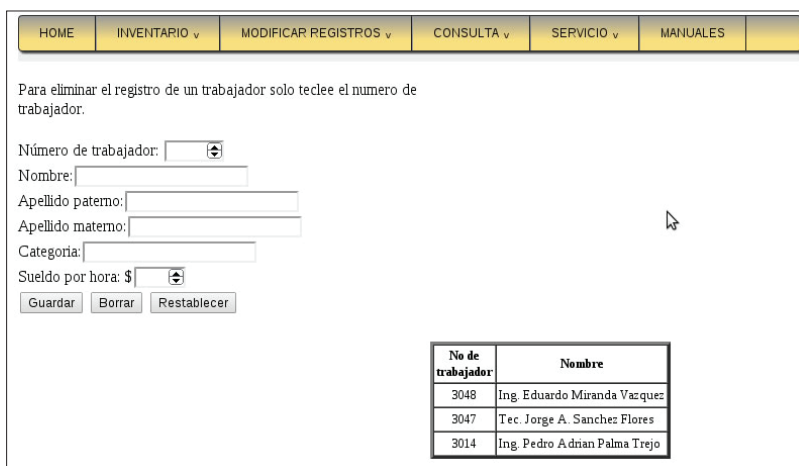
Figura B2. Página HOME del sistema.

Inicialmente la base de datos se encuentra vacía, por lo que es necesario comenzar a llenarla para trabajar con la información (ver *Figura B3*).

## Trabajadores

Comenzamos llenando la información de los trabajadores. Al seleccionar la opción TRABAJADORES del submenú MODIFICAR REGISTROS nos lleva a la página correspondiente (ver *Figura B3*) en la que es necesario ingresar el número de trabajador, nombre y apellidos, categoría y sueldo por hora en los campos correspondientes. Si existe algún error al ingresar la información hacer clic el botón REESTABLECER para borrar los campos e ingrese nuevamente la información. Una vez llenado el formulario completo con la información correcta hacer clic en el botón GUARDAR para agregar la información a la base de datos. Los trabajadores en lista serán mostrados en la parte inferior derecha.

Para eliminar un trabajador de la lista basta con ingresar el número de trabajador en el campo correspondiente y dar clic en el botón BORRAR.



No de trabajador	Nombre
3048	Ing. Eduardo Miranda Vazquez
3047	Tec. Jorge A. Sanchez Flores
3014	Ing. Pedro Adrian Palma Trejo

*Figura B3. Formulario para la inserción o borrado de un trabajador.*

## Catálogo

A continuación se agregará información al catálogo de equipos (ver *Figura B4*). A este formulario se accede dando clic en la opción CATÁLOGO DE EQUIPOS del submenú MODIFICAR REGISTROS.

HOME
INVENTARIO v
MODIFICAR REGISTROS v
CONSULTA v
SERVICIO v
MANUALES

Para eliminar el registro de un tipo de equipo solo teclee el ID del equipo.

ID del equipo:

Nombre (descripción):

ID	Descripción
1	Bomba de artroscopia
2	Carro/Torre
3	Desfibrilador
4	Electrocauterio
5	Endocamara
6	Fuente de luz
7	Generador de radiofrecuencia
8	Impresora
9	Insuflador
11	Maquina de anestesia
12	Mesa de cirugía
13	Microscopio
14	Monitor de signos vitales
15	Pantalla
16	Procesador de imagen
17	Procesador de video
18	Rasurador
19	SERFAS
20	Tanque de CO2
21	Tomiquete electronico
22	Unidad de control de camara
23	Unidad de control de rasurador
24	Videograbadora DVD

*Figura B4. Formulario para la inserción o borrado de un tipo de equipo en catálogo.*

El formulario contiene únicamente dos campos: **ID del equipo** y **Nombre** (descripción). El propósito de este catálogo es listar los tipos de equipos que existen en el hospital, los detalles de cada uno serán descritos en otra lista correspondiente al inventario.

Una vez llenos los campos se hará clic en el botón GUARDAR para agregar el equipo al catálogo. Los tipos de equipo que ya estén en la base de datos se listarán en una tabla del lado derecho en la misma página.



Para borrar un registro de esta lista basta con ingresar el ID del equipo en el campo correspondiente y hacer clic en el botón BORRAR. El botón RESTABLECER es para limpiar los campos.

## Modificar Inventario

Se accede a este formulario desde la opción MODIFICAR INVENTARIO del submenú MODIFICAR REGISTROS (ver Figura B5). Es aquí en donde se captura la información de cada uno de los equipos que existen en la unidad de salud.

HOME	INVENTARIO v	MODIFICAR REGISTROS v	CONSULTA v	SERVICIO v	MANUALES																																																
<p>Llena los siguientes campos con la información requerida.            Para borrar un registro solo teclee el número de inventario.            Tipo de Equipo: <input type="text"/></p> <p>Marca: <input type="text"/></p> <p>Modelo: <input type="text"/></p> <p>Número de inventario: <input type="text"/></p> <p>Número de Serie: <input type="text"/></p> <p>Ubicado en Sala: <input type="text"/></p> <p>Fecha de adquisición: <input type="text"/></p> <p>Fecha de último mantenimiento: <input type="text"/></p> <p>Para referencia de los siguientes campos consulte el <a href="#">catálogo de rangos numéricos</a></p> <p>Rango Numérico E: <input type="text"/></p> <p>Rango Numérico A: <input type="text"/></p> <p>Rango Numérico M: <input type="text"/></p> <p>Tiempo recomendado entre servicios preventivos: <input type="text"/> meses</p> <p><input type="button" value="Guardar"/> <input type="button" value="Borrar"/></p>					<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>Descripción del equipo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Bomba de artroscopia</td></tr> <tr><td>2</td><td>Carro Torre</td></tr> <tr><td>3</td><td>Desfibrilador</td></tr> <tr><td>4</td><td>Electrocauteno</td></tr> <tr><td>5</td><td>Endocámara</td></tr> <tr><td>6</td><td>Fuente de luz</td></tr> <tr><td>7</td><td>Generador de radiofrecuencia</td></tr> <tr><td>8</td><td>Impresora</td></tr> <tr><td>9</td><td>Insulador</td></tr> <tr><td>11</td><td>Maquina de anestesia</td></tr> <tr><td>12</td><td>Mesa de cirugía</td></tr> <tr><td>13</td><td>Microscopio</td></tr> <tr><td>14</td><td>Monitor de signos vitales</td></tr> <tr><td>15</td><td>Pantalla</td></tr> <tr><td>16</td><td>Procesador de imagen</td></tr> <tr><td>17</td><td>Procesador de video</td></tr> <tr><td>18</td><td>Rasurador</td></tr> <tr><td>19</td><td>SERFAS</td></tr> <tr><td>20</td><td>Tanque de CO2</td></tr> <tr><td>21</td><td>Tomiquete electronico</td></tr> <tr><td>22</td><td>Unidad de control de cámara</td></tr> <tr><td>23</td><td>Unidad de control de rasurador</td></tr> <tr><td>24</td><td>Videograbadora DVD</td></tr> </tbody> </table>	ID	Descripción del equipo	1	Bomba de artroscopia	2	Carro Torre	3	Desfibrilador	4	Electrocauteno	5	Endocámara	6	Fuente de luz	7	Generador de radiofrecuencia	8	Impresora	9	Insulador	11	Maquina de anestesia	12	Mesa de cirugía	13	Microscopio	14	Monitor de signos vitales	15	Pantalla	16	Procesador de imagen	17	Procesador de video	18	Rasurador	19	SERFAS	20	Tanque de CO2	21	Tomiquete electronico	22	Unidad de control de cámara	23	Unidad de control de rasurador	24	Videograbadora DVD
ID	Descripción del equipo																																																				
1	Bomba de artroscopia																																																				
2	Carro Torre																																																				
3	Desfibrilador																																																				
4	Electrocauteno																																																				
5	Endocámara																																																				
6	Fuente de luz																																																				
7	Generador de radiofrecuencia																																																				
8	Impresora																																																				
9	Insulador																																																				
11	Maquina de anestesia																																																				
12	Mesa de cirugía																																																				
13	Microscopio																																																				
14	Monitor de signos vitales																																																				
15	Pantalla																																																				
16	Procesador de imagen																																																				
17	Procesador de video																																																				
18	Rasurador																																																				
19	SERFAS																																																				
20	Tanque de CO2																																																				
21	Tomiquete electronico																																																				
22	Unidad de control de cámara																																																				
23	Unidad de control de rasurador																																																				
24	Videograbadora DVD																																																				

Figura B5. Formulario para la inserción o borrado de un equipo en inventario.

Los primeros campos de éste formulario requerirán los datos básicos propios del equipo: tipo de equipo, marca, modelo, número de inventario, número de serie, ubicación y fechas de adquisición y último mantenimiento.

En el campo **Tipo de equipo** se ingresa el id del catálogo correspondiente al equipo que será registrado en el inventario. Si el equipo es nuevo, de fábrica, entonces la fecha de último mantenimiento será la fecha de ingreso al hospital. Este dato es importante para calcular la próxima fecha de mantenimiento.

La segunda parte del formulario necesitará información de criterios aplicables al equipo médico con el fin de clasificarlo y llevar un control adecuado de los servicios preventivos. Antes de los campos dispuestos a la captura de dichos criterios, se indica un mensaje al usuario para que consulte el catálogo de rangos numéricos y se agregará un link que lleva a la página **Catálogo De Rangos Numéricos** (ver *Figura B6*).

HOME	INVENTARIO ▾	MODIFICAR REGISTROS ▾	CONSULTA ▾	SERVICIO ▾	MANUALES	
<b>CATALOGO DE RANGOS NUMÉRICOS</b>						
<b>De acuerdo a la función del equipo.</b>						<b>Rango numérico</b> <b>E</b>
Equipos de apoyo a la vida.						9
Equipos e instrumentos para la cirugía y los cuidados intensivos.						9
Equipos para el tratamiento y la fisioterapia.						8
Otros equipos para el monitoreo de variables fisiológicas y el diagnóstico.						6
Análisis de Laboratorio.						5
Accesorios del laboratorio.						4
Computadoras y equipos asociados.						3
Otros equipos relacionados con el paciente.						2
<b>Aplicación clínica.</b>						<b>Rango numérico</b> <b>A</b>
Puede producir la muerte al paciente.						5
Puede producir daño al paciente u operador.						4
Terapia inapropiada o falso diagnóstico.						3
Riesgo mínimo.						2
Sin riesgo significativo.						1
<b>Requerimientos de mantenimiento.</b>						<b>Rango numérico</b> <b>M</b>
Extensivo						5
Promedio						3
Mínimo						1

Figura B6. Catálogo de rangos numéricos.

Esta página se compone de tres tablas con la descripción y la asignación de rango por cada criterio. Esto es con la finalidad de clasificar el equipo siguiendo una valoración de riesgo. El usuario deberá ponderar el equipo de acuerdo a los criterios que en la tabla se indican.

Una vez que se han llenado todos y cada uno de los campos se hace clic en el botón GUARDAR para agregar el registro a la base de datos. Para la acción de borrado se ingresa únicamente el número de inventario en el campo correspondiente y se hace clic en el botón BORRAR.

## Ver Inventario

Se accede a esta página dando clic en la opción INVENTARIO del menú principal. En ella se muestra la información de los equipos agrupada alfabéticamente por ubicación (ver Figura B7).

HOME	INVENTARIO	MODIFICAR REGISTROS	CONSULTA	SERVICIO	MANUALES
Indica la ubicación de cual se mostrará el inventario.					
Ubicación: <input type="text" value="Sala uno"/> <input type="button" value="Mostrar inventario"/>					
<b>INVENTARIO</b>					
<b>Actualizado en Abril 2013</b>					
Equipo	Marca	Modelo	Inventario	N/S	Ubicación
Procesador de imagen	Strem medical	Strem medical	PIMC01-QX	22835	Sala 1
Electrocauterio	Valley lab	Force 2	ELEC01-QX	F2L20416T	Sala 1
Fuente de luz	STRYKER	X8000	FUEN02-QX	s/n	Sala 1
Impresora	epson	Photo T50	imp01-qx	LCK 124227	Sala 1
Insuflador	Stryker	620-030-500	insuf-01qx	010CE521	Sala 1
Maquina de anestesia	ohmeda	Aspire	Maq01-Qx	AMZJ00135	Sala 1
Mesa de cirugía	Blanco Medical	Saturn Gr Mod 5444072	Me#01-Qx	107975	Sala 1
Monitor de signos vitales	ohmeda	cardio cap 5	Mon01-Qx	5217818	Sala 1
Pantalla	Stryker	s/n	Pant01-Qx	s/n	Sala 1
Pantalla	Stryker	s/n	Pant02-Qx	s/n	Sala 1
Pantalla	Stryker	s/n	Pant03-Qx	s/n	Sala 1
Unidad de control de cámara	STRYKER	1188	ENDO03-QX	08L057734	Sala 1
Tanque de CO2	AGA	5 lt	O201-QX	s/n	Sala 1
Torniquete electrónico	Zimmer	ATS 1500	TOR01-QX	39317	Sala 1

Figura B7. Inventario de equipos por ubicación.

Se selecciona una opción de la lista desplegable **Ubicación**, después se da clic en el botón **MOSTRAR INVENTARIO** y se despliega una lista con la información correspondiente de cada equipo.

## Servicios Pendientes

Para acceder a esta página se da clic en la opción PENDIENTES del submenú SERVICIO. En la pantalla se muestra un campo en el que se debe indicar el número de días a partir de la fecha actual para mostrar los servicios pendientes (ver Figura B8).

HOME	INVENTARIO ▾	MODIFICAR REGISTROS ▾	CONSULTA ▾	SERVICIO ▾	MANUALES
Mostrar los servicios pendientes para los próximos <input type="text" value="30"/> días <input type="button" value="Mostrar"/>					
Inventario	Descripción	Ubicación	Mantenimiento Anterior	Mantenimiento Próximo	Estatus
Mes02-Qx	Mesa de cirugía	Sala 2	2012-03-12	2012-11-10	¡Realizar mantenimiento a la brevedad!
Mes03-Qx	Mesa de cirugía	Sala 3	2012-03-12	2012-11-10	¡Realizar mantenimiento a la brevedad!
RAS01-Qx	Rasurador	Sala 2	2012-08-28	2013-02-26	¡Realizar mantenimiento a la brevedad!
Mic01-Qx	Microscopio	Sala 2	2012-03-13	2013-03-12	¡Realizar mantenimiento a la brevedad!
TOR02-Qx	Tomiquete electrónico	Sala 2	2012-11-17	2013-04-18	¡Realizar mantenimiento a la brevedad!
Maq02-Qx	Maquina de anestesia	Sala 2	2013-02-06	2013-05-08	¡Realizar mantenimiento a la brevedad!
Maq03-Qx	Maquina de anestesia	Sala 3	2013-02-06	2013-05-08	¡Realizar mantenimiento a la brevedad!
DESF01-UR	Desfibrilador	Sala 4	2013-02-14	2013-05-16	¡Realizar mantenimiento a la brevedad!
FUEN01-Qx	Fuente de luz	Sala 2	2012-11-20	2013-05-21	¡Realizar mantenimiento a la brevedad!
FUEN03-Qx	Fuente de luz	Sala 4	2012-11-21	2013-05-22	Pendiente
GRF01-Qx	Generador de radiofrecuencia	Sala 4	2012-11-21	2013-05-22	Pendiente
Maq04-Qx	Maquina de anestesia	Sala 4	2013-03-21	2013-06-20	Pendiente
Maq05-Qx	Maquina de anestesia	Sala 5	2013-03-21	2013-06-20	Pendiente

Figura B8. Servicios pendientes por realizar de acuerdo a la calendarización del sistema.

El número de días que acepta el campo va de 1 a 365. Después de indicarlo se da clic en el botón MOSTRAR y se despliega la lista con la información de los equipos con servicio pendiente para los próximos

días indicados. En rojo se muestran los equipos que la fecha de su próximo mantenimiento es la actual o anterior; y en verde se muestran los que su fecha de próximo mantenimiento están en el rango de días que fue indicado, pero que aún no ha llegado la fecha.

## Registrar Servicio

Mediante esta pantalla se capturan los datos para registrar un nuevo servicio. Se accede a ella mediante la opción REGISTRAR del submenú SERVICIO (ver Figura B9).

HOME INVENTARIO v MODIFICAR REGISTROS v CONSULTA v SERVICIO v MANUALES

Para agregar un servicio al sistema llene los siguientes campos:

Fecha en que se realizó el servicio: 01/04/2013 ▼

Numero de inventario: ENDO01-QX

Realiza Servicio (No de trabajador): 3047 ↕

Tipo de Servicio:

- Preventivo
- Correctivo
- Entrega

Kit de Mantenimiento Empleado:

- Basico
- Intermedio
- Exhaustivo

Horas empleadas: 1 ↕

Descripcion del servicio:

Se desarma el equipo, se limpia internamente, se revisan componentes, se tapa nuevamente, se hacen pruebas de buen funcionamiento.

Refacciones:

Costo total por refacciones: \$ ↕

Mostrar Restaurar

Figura B9. Formulario de captura para el registro de un nuevo servicio.

El primer campo es para la fecha de realización del servicio, que puede ser la actual o anterior. El siguiente campo es para indicar el número de inventario del equipo, el cual debe ser tomado del INVENTARIO. El tercer campo es para ingresar el número de trabajador de quien realiza el servicio. A continuación se selecciona el tipo de servicio que puede ser preventivo, correctivo o entrega. La siguiente selección corresponde al kit de mantenimiento empleado durante el servicio. El siguiente campo es para indicar el número de horas empleadas. Le sigue el campo para la descripción del servicio el cual soporta un máximo de 240 caracteres. El siguiente campo es para describir las refacciones utilizadas si es que las hubo y acepta un máximo de 200 caracteres; éste campo al igual que el siguiente pueden quedar en blanco. Y por último un campo para indicar el costo total de las refacciones.

Una vez lleno el formulario se hace clic en el botón MOSTRAR y aparecerá una tabla con un resumen del nuevo registro (*ver Figura B10*). Se verifica la información y si esta es correcta se da clic en el botón GUARDAR, de lo contrario se regresa a la página anterior con botón atrás del navegador que se esté utilizando y se corrige lo necesario.

HOME	INVENTARIO v	MODIFICAR INVENTARIO	CONSULTA POR EQUIPO	SERVICIO	MANUALES																										
<table border="1"> <tr> <td><b>Fecha</b></td> <td>2013-12-06</td> </tr> <tr> <td><b>Equipo</b></td> <td>Mesa de cirugía</td> </tr> <tr> <td><b>Marca</b></td> <td>Blanco Medical</td> </tr> <tr> <td><b>Modelo</b></td> <td>Saturn Gr Mod 5444072</td> </tr> <tr> <td><b>No Serie</b></td> <td>107975</td> </tr> <tr> <td><b>Inventario</b></td> <td>Mes01-Qx</td> </tr> <tr> <td><b>Ubicación</b></td> <td>Sala 1</td> </tr> <tr> <td><b>Tipo de servicio</b></td> <td>Preventivo</td> </tr> <tr> <td><b>Realizó el servicio</b></td> <td>Ing. Eduardo Miranda</td> </tr> <tr> <td><b>Descripción del servicio</b></td> <td>Se desarma la mesa, se limpia, se quita el óxido, se pinta, se ajusta y se arma nuevamente</td> </tr> <tr> <td><b>Kit de mantenimiento utilizado</b></td> <td>Kit exhaustivo: kit intermedio mas equipo especializado(analizador de gases, medidor de corriente de fuga, luxometro, planta de soldar, calibradores, torno, otros)400</td> </tr> <tr> <td><b>Refacciones requeridas</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"> <input type="button" value="Guardar"/> </td> </tr> </table>						<b>Fecha</b>	2013-12-06	<b>Equipo</b>	Mesa de cirugía	<b>Marca</b>	Blanco Medical	<b>Modelo</b>	Saturn Gr Mod 5444072	<b>No Serie</b>	107975	<b>Inventario</b>	Mes01-Qx	<b>Ubicación</b>	Sala 1	<b>Tipo de servicio</b>	Preventivo	<b>Realizó el servicio</b>	Ing. Eduardo Miranda	<b>Descripción del servicio</b>	Se desarma la mesa, se limpia, se quita el óxido, se pinta, se ajusta y se arma nuevamente	<b>Kit de mantenimiento utilizado</b>	Kit exhaustivo: kit intermedio mas equipo especializado(analizador de gases, medidor de corriente de fuga, luxometro, planta de soldar, calibradores, torno, otros)400	<b>Refacciones requeridas</b>		<input type="button" value="Guardar"/>	
<b>Fecha</b>	2013-12-06																														
<b>Equipo</b>	Mesa de cirugía																														
<b>Marca</b>	Blanco Medical																														
<b>Modelo</b>	Saturn Gr Mod 5444072																														
<b>No Serie</b>	107975																														
<b>Inventario</b>	Mes01-Qx																														
<b>Ubicación</b>	Sala 1																														
<b>Tipo de servicio</b>	Preventivo																														
<b>Realizó el servicio</b>	Ing. Eduardo Miranda																														
<b>Descripción del servicio</b>	Se desarma la mesa, se limpia, se quita el óxido, se pinta, se ajusta y se arma nuevamente																														
<b>Kit de mantenimiento utilizado</b>	Kit exhaustivo: kit intermedio mas equipo especializado(analizador de gases, medidor de corriente de fuga, luxometro, planta de soldar, calibradores, torno, otros)400																														
<b>Refacciones requeridas</b>																															
<input type="button" value="Guardar"/>																															

Figura B10. La información del nuevo registro de servicio se muestra en una tabla para comprobar si es correcta.

Al presionar el botón GUARDAR la información capturada se almacena en la base de datos y se muestra el formato de servicio (ver Figura B11), listo para imprimirse el cual servirá como respaldo al momento de la evaluación para la certificación o en su caso para cualquier aclaración.




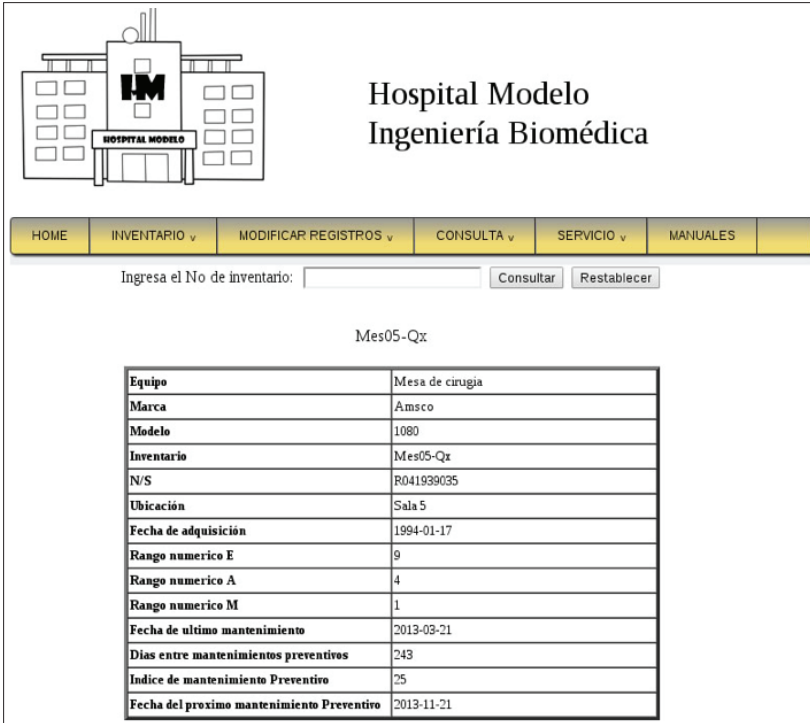
		<b>Hospital Modelo</b> <b>Ingeniería Biomédica</b>	
<b>EQUIPO :</b> Mesa de cirugía <b>MARCA :</b> Blanco Medical <b>MODELO :</b> Satum Gr Mod 5444072 <b>No. SERIE :</b> 107975 <b>No. INVENTARIO :</b> Mes01-Qx <b>DEPARTAMENTO :</b> Sala 1		<b>SERVICIO :</b> Preventivo <b>REALIZADO POR:</b> Ing. Eduardo Miranda <b>FECHA :</b> 2013-12-06  <b>Recibido por:</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:</b> Se desarma la mesa, se limpia, se quita el óxido, se pinta, se ajusta y se arma nuevamente.		<b>REFACCIONES UTILIZADAS:</b>  <b>KIT DE HERRAMIENTAS UTILIZADAS:</b> Kit exhaustivo: kit intermedio mas equipo especializado (analizador de gases, medidor de corriente de fuga, luxómetro, planta de soldar, calibradores, tomo, otros)	
<b>Costo Real</b> <u>  \$2400  </u> <b>Costo Interno</b> <u>  \$400  </u>			
<b>Manuales</b> Servicio <input type="checkbox"/> Usuario <input type="checkbox"/>			
<b>OBSERVACIONES FÍSICAS :</b>  <hr/>			
<b>MANTENIMIENTO ACTUAL</b>  2013-12-06		<b>PRÓXIMO MANTENIMIENTO PROGRAMADO</b>  2014-08-06	

Figura B11. Formato de servicio para entrega de equipo.

## Consulta por Equipo

De ser necesaria la consulta de la información completa de un equipo específico puede hacerse desde la opción POR EQUIPO del submenú CONSULTA (ver Figura B12).



**Hospital Modelo**  
**Ingeniería Biomédica**

HOME INVENTARIO ▾ MODIFICAR REGISTROS ▾ CONSULTA ▾ SERVICIO ▾ MANUALES

Ingresar el No de inventario:  Consultar Restablecer

Mes05-Qx

Equipo	Mesa de cirugía
Marca	Amsco
Modelo	1080
Inventario	Mes05-Qx
N/S	R041939035
Ubicación	Sala 5
Fecha de adquisición	1994-01-17
Rango numerico E	9
Rango numerico A	4
Rango numerico M	1
Fecha de ultimo mantenimiento	2013-03-21
Dias entre mantenimientos preventivos	243
Indice de mantenimiento Preventivo	25
Fecha del proximo mantenimiento Preventivo	2013-11-21

Figura B12. Consulta de información por equipo.

En esta página se encuentra un campo en el cual se indica el número de inventario del equipo en cuestión. Una vez indicado se presiona el botón CONSULTAR y se muestra una tabla con la información completa del equipo de interés.

## Gráficas

La información de los servicios realizados a cada equipo se guarda en una base de datos y esta información es útil para generar gráficas y tablas mismas que se piden como requisito para la certificación hospitalaria. De las gráficas se puede extraer información extra.

En la opción GRÁFICAS del submenú CONSULTA se muestran dos campos: **Año** y **Equipo** (ver Figura B13). El campo **Año** es obligatorio y el campo **Equipo** es opcional. Si se desea consultar la gráfica de un equipo específico es necesario llenar los dos campos y hacer clic en el botón POR EQUIPO. Si se requiere la gráfica de los servicios anuales de todo el equipo del hospital se indica el año y se hace clic en el botón POR AÑO.

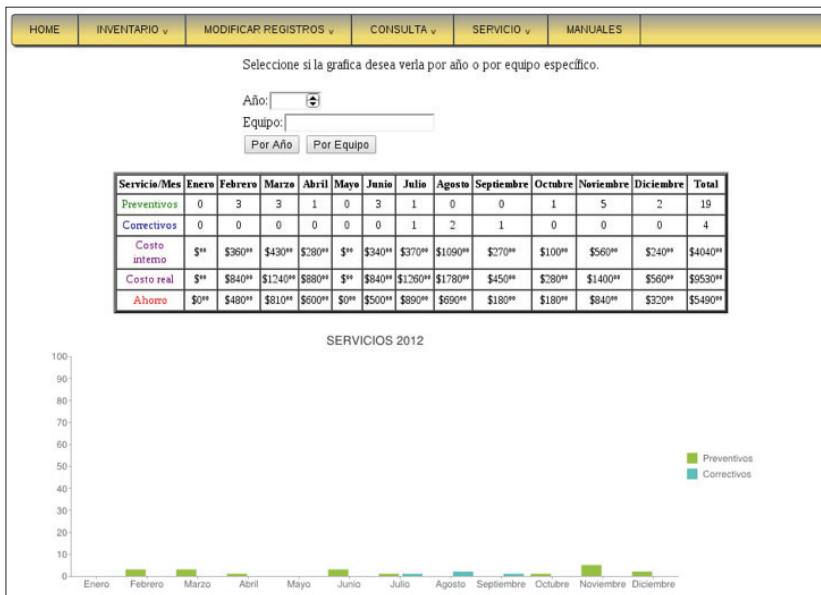


Figura B13. Gráfica y tabla de los servicios realizados en un año.

La información de los servicios realizados en un año se muestra en una gráfica de barras y en una tabla en donde se desglosa el número de servicios prestados mes con mes, el costo real, el costo interno y el ahorro que ha hecho el hospital al contar con el servicio de ingeniería biomédica dentro de la unidad médica. Los servicios se muestran diferenciados entre preventivos y correctivos con lo cual se puede tomar en cuenta la reducción o aumento de los mismos.

## Manuales

En la opción MANUALES del menú principal se presenta una tabla con links a los manuales de los equipos y procedimientos de mantenimiento existentes en la unidad médica (ver Figura B14). En la columna LINK se enlistan las ligas que al hacer clic sobre ellas redirecciona la página al documento en formato PDF para su consulta.

HOME	INVENTARIO ▾	MODIFICAR REGISTROS ▾	CONSULTA ▾	SERVICIO ▾	MANUALES
<b>Manuales y procedimientos de equipos médicos</b>					
Equipo	Marca	Modelo	Link	Nota	
Sistema de Gestión de Mantenimiento de Equipo Médico	-----	Versión Alpha	<a href="#">Manual de usuario</a>	Manual de usuario	
Maquina de Anestesia	Datex Ohmeda	Aespire	<a href="#">Service Manual</a>	Manual de Servicio	
Maquina de Anestesia	Datex Ohmeda	Aespire	<a href="#">Technical Reference Manual</a>	Manual de Referencia Técnica	
Monitor de signos vitales	HP	Viridia 24	<a href="#">User Reference Manual Vol 1</a>	Manual de usuario Volumen 1	
Monitor de signos vitales	HP	Viridia 24	<a href="#">User Reference Manual Vol 2</a>	Manual de usuario Volumen 2	
Monitor de signos vitales	Datex Ohmeda	Cardiicap 5	<a href="#">Technical Reference Manual</a>	Manual de Referencia Técnica	
Monitor de signos vitales	Edan	V8	<a href="#">Manual de Usuario</a>	Manual de Usuario	
Unidad de control de cámara	Stryker	1188	<a href="#">Operating and Maintenance Manual</a>	Manual de Usuario y Mantenimiento	
Flat Panel (Pantalla)	Stryker	SV-2	<a href="#">Operation and Maintenance Manual</a>	Manual de Usuario y Mantenimiento	
Torniquete electrónico	Zimmer	ATS 1500	<a href="#">Operation and Maintenance Manual Part 1</a>	Manual de Usuario y Mantenimiento Parte 1	
Torniquete electrónico	Zimmer	ATS 1500	<a href="#">Operation and Maintenance Manual Part 2</a>	Manual de Usuario y Mantenimiento Parte 2	
Fuente de luz	Stryker	X7000	<a href="#">Manual de Servicio</a>	Manual de Servicio	

Figura B14. En esta lista se muestra el presente manual del sistema.



# ANEXO C

## Creación y desarrollo de la base de datos

Desde una terminal, también conocida como línea de comandos o consola, se accederá al manejador de bases de datos MySQL con la instrucción:

```
mysql -u root -p
```

En donde **-u** indica el usuario que accede, en este caso root; **-p** indica que requiere password.

```
eduardo@acer:~$ mysql -u root -p
Enter password:
Welcome to the MySQL monitor.  Commands end with ; or \g.
Your MySQL connection id is 76
Server version: 5.1.66-0+squeeze1 (Debian)

Copyright (c) 2000, 2012, Oracle and/or its affiliates. All rights reserved.

Oracle is a registered trademark of Oracle Corporation and/or its
affiliates. Other names may be trademarks of their respective
owners.

Type 'help;' or '\h' for help. Type '\c' to clear the current input statement.

mysql>
```

Después de teclear el password y una vez dentro del manejador, se creará la base de datos llamada **HospitalModelo** con la instrucción **CREATE DATABASE 'HospitalModelo'**.

Una vez creada la base se seleccionará con la instrucción **USE HospitalModelo**.

Paso siguiente, se creará cada una de las tablas correspondientes con la instrucción **CREATE TABLE nombreDeLaTabla**, de manera que tenemos las siguientes tablas:

```
mysql> show tables;
+-----+
| Tables_in_HospitalModelo |
+-----+
| Equipo                    |
| KitDeMantenimiento       |
| RangoPorCriterio         |
| Servicio                  |
| TipoDeEquipo              |
| TipoDeServicio           |
| Trabajador                |
| Ubicacion                 |
+-----+
8 rows in set (0.00 sec)
```

Para ver el detalle de cada tabla se usará el comando **describe** y el sistema devolverá una tabla con la información de la entidad, La primera columna indica el nombre del campo, la segunda el tipo de dato, la tercera si acepta nulos, la cuarta las llaves, la quinta el valor por default si no es indicado y la sexta algún dato extra que sea necesario mostrar, por ejemplo, si el campo es autoincrementable.

Ejemplo:

```
mysql> describe Equipo;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Field          | Type   | Null | Key | Default | Extra |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| num_inventario | char(20) | NO   | PRI | NULL    |       |
| tipoDeEquipo   | int(20) | NO   | MUL | NULL    |       |
| modelo         | char(30) | NO   |     | NULL    |       |
| marca          | char(20) | NO   |     | NULL    |       |
| ns             | char(30) | NO   |     | NULL    |       |
| ubicacion      | char(20) | NO   | MUL | NULL    |       |
| foto           | blob   | YES  |     | NULL    |       |
| fecha_adquisicion | date   | NO   |     | NULL    |       |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
8 rows in set (0.00 sec)
```

## REFERENCIAS

### • Electrónicas

- [1] SOMIB. 1978. Recuperado de <http://www.somib.org.mx/define.html>
- [2] ACCE. 1992. Recuperado de <http://www.accenet.org/default.asp?page=about&section=definition>
- [3] Vilcahuamán, L. y Rivas R. *Ingeniería Clínica y Gestión de Tecnología en Salud: Avances y Propuestas*. 2006. Recuperado de [http://its.uvm.edu/PUCP\\_CENGETS/LIBRO-CENGETS-NOV2006.pdf](http://its.uvm.edu/PUCP_CENGETS/LIBRO-CENGETS-NOV2006.pdf)
- [4] Secretaría de Salud. *Programa de Acción Específico 2007- 2012 Gestión de Equipo Médico*. México. 2012. Recuperado de <http://cenetec.salud.gob.mx/descargas/PAES/PEDM.pdf>
- [5] Ley General de Salud. 2013. Recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/142.pdf>
- [6] Reglamento Interior de la Secretaría de Salud. 2004. Recuperado de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/ri190104.html>
- [7] Consejo de Salubridad General. *Estándares para la Certificación de Hospitales*. México. 2012. Recuperado de [http://www.csg.salud.gob.mx/descargas/pdfs/certificacion/establecimientos/Hospitales/Estandares2012\\_Hospitales.pdf](http://www.csg.salud.gob.mx/descargas/pdfs/certificacion/establecimientos/Hospitales/Estandares2012_Hospitales.pdf)
- [8] SEGOB, Diario Oficial de la Federación. *NORMA Oficial Mexicana NOM-240-SSA1-2012, Instalación y operación de la tecnovigilancia*. México. 2012. Recuperado de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5275834&fecha=30/10/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5275834&fecha=30/10/2012)



## REFERENCIAS

---

- [9] EcuRed. *LAMP*. 2013. Recuperado de <http://www.ecured.cu/index.php/LAMP>
- [10] Sistema Operativo GNU. *Linux y el Sistema GNU*. 2007. Recuperado de <https://www.gnu.org/gnu/linux-and-gnu.html>
- [11] El Confidencial. *La NASA se cansa de Microsoft y cambia Windows por Linux "porque no es fiable"*. 2013. Recuperado de <http://www.elconfidencial.com/tecnologia/2013/05/09/la-nasa-se-cansa-de-microsoft-y-cambia-windows-por-linux-porque-no-es-fiable-4857>
- [12] GenBeta. *En el CERN trabajan con Scientific Linux virtualizado con VMWare sobre hardware Apple*. 2008. Recuperado de <http://www.genbeta.com/actualidad/en-el-cern-trabajan-con-scientific-linux-virtualizado-con-vmware-sobre-hardware-apple>
- [13] Linux CERN. 2011. Recuperado de <http://linux.web.cern.ch/linux/>
- [14] MuyLinux. *¿Qué distribución Linux se usa en Google?*. 2010. Recuperado de <http://www.muylinux.com/2010/06/29/%C2%BFque-distribucion-linux-se-usa-en-google>
- [15] CENATIC. *Linux en las principales Bolsas de Valores*. 2010. Recuperado de [http://observatorio.cenatic.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=689:linux-en-la-..](http://observatorio.cenatic.es/index.php?option=com_content&view=article&id=689:linux-en-la-..)
- [16] DesdeLinux. *Gran Colisionador de Hadrones, impulsado por GNU/Linux*. 2010. Recuperado de <http://blog.desdelinux.net/gran-colisionador-de-hadrones-impulsado-por-gnulinux/>
- [17] Nivel22. *El FBI utiliza PS3 para descifrar contraseñas*. 2009. Recuperado de <http://nivel22.com/fbi-utiliza-ps3-descifrar-contrasenas/>

- [18] Apache Software Foundation. 2012. Recuperado de [www.apache.org/](http://www.apache.org/)
- [19] MySQL. 2013. Recuperado de [www.mysql.com/](http://www.mysql.com/)
- [20] HTML Tutorial. 2013. Recuperado de <http://www.w3schools.com/html/>
- [21] PHP: Hypertext Preprocessor. 2013. Recuperado de [www.php.net/](http://www.php.net/)
- [26] López, L. P. *Gestión de equipo medico, CENETEC-SALUD*. 2011. Recuperado de [http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/Cursos\\_Ing\\_clinica2011/curso\\_taller\\_centro\\_2011/12\\_Gestion\\_de\\_Equipo\\_Medico.pdf](http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/Cursos_Ing_clinica2011/curso_taller_centro_2011/12_Gestion_de_Equipo_Medico.pdf)

### • Bibliográficas

- [22] Gascón, O. J. y Velázquez N. V. *Sistema de Control de Inventarios y Censo de equipos de cómputo de la Facultad de Ingeniería (SICICE)*. Tesis de Licenciatura. UNAM, Facultad de Ingeniería. México. 2012.
- [23] Benítez, E. O. *Sistema para la Administración de Equipos de Cómputo (SAECOM)*. Tesis de Licenciatura. UNAM, Facultad de Ingeniería. México. 2012.
- [24] Sommerville, I. *Ingeniería del Software*. 7º Edición. Pearson Education S.A. Madrid, España. 2005.
- [25] Rodríguez, E. *Manual de Ingeniería Clínica*. Cuba: Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", CeBio. 2003.