

Universidad de Valparaíso
FACULTAD DE CIENCIAS -DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA



**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE
SISTEMA INFORMÁTICO DE APOYO A LA GESTIÓN DEL
MANTENIMIENTO PARA EL SERVICIO TÉCNICO DE UNA
EMPRESA PROVEEDORA DE EQUIPOS MÉDICOS**

TRABAJO REALIZADO COMO REQUERIMIENTO PARCIAL
PARA OPTAR AL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL BIOMÉDICO

POR

**JAIME ANDRÉS AGUIRRE VERA
CAMILA ANDREA NARANJO SARIEGO**

PROFESOR GUÍA: MSc. CÉSAR GALINDO VIAUX

FECHA DE PRESENTACIÓN (AGOSTO, 2013)
VALPARAÍSO – CHILE

RESUMEN

Palabras clave: *Gestión de tecnologías sanitarias, plataformas de aplicación web, sistemas informáticos de gestión del mantenimiento.*

Resumen: *El aumento en la cantidad y complejidad de equipamiento médico hacen necesarios planes de mantenimiento y sistemas informáticos que apoyen su gestión. Este trabajo presenta el desarrollo de un prototipo de plataforma informática de aplicación web para el apoyo a la gestión de equipamiento médico, con el objetivo de permitir el manejo eficaz y eficiente de la información relacionada al equipamiento, y orientada a unidades de mantenimiento externas a instituciones de salud. El desarrollo del sistema se realizó mediante la metodología de desarrollo de software por prototipos. Esta metodología permite el contacto y retroalimentación constante del cliente con el sistema desde los inicios de su programación, permitiendo aumentar la satisfacción del cliente con el producto final.*

La plataforma desarrollada se compone de 7 módulos cuyas funcionalidades incluyen los requerimientos solicitados por el cliente, complementados con los sugeridos por la Organización Mundial de la Salud en su documento Sistema Informático de Gestión del Mantenimiento, lo que finalmente se traduce en los módulos inventario de equipos, gestión de repuestos, mantenimiento, gestión de contratos, gestión de órdenes de trabajo, análisis de costos y presupuestos y gestión de clientes. El resultado obtenido satisface las necesidades del cliente, y sus características son comparables con las ofrecidas por los sistemas informáticos presentes actualmente en el mercado.

En conclusión, es factible realizar un sistema informático de apoyo al mantenimiento exclusivo al equipamiento médico, el cual a través de sus módulos permite disminuir el tiempo invertido en la búsqueda de información técnica y administrativa, controlar los tiempos de downtime de equipamiento médico, generar registros históricos de apoyo a la toma de decisiones técnicas y administrativas, y permitir el acceso remoto a la información a través de dispositivos móviles.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	7
INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVOS	8
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA	9
ESTADO DEL ARTE: SITUACIÓN ACTUAL DE SISTEMAS INFORMÁTICOS DE APOYO AL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MÉDICOS.....	9
1. INTRODUCCIÓN AL ESTADO DEL ARTE	9
2. CMMS COMERCIALES.....	9
3. CMMS DE CÓDIGO ABIERTO.....	11
4. SITUACIÓN EN CHILE	11
5. DESARROLLO DE CMMS LOCALES.....	12
6. CONCLUSIONES DEL ESTADO DEL ARTE	12
ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	13
1. INTRODUCCIÓN	13
2. CAUSAS DEL PROBLEMA.....	13
3. EFECTOS DEL PROBLEMA	14
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	16
ESTUDIO DEL MARCO TEÓRICO.....	16
1. INTRODUCCIÓN AL MARCO TEÓRICO	16
2. ELEMENTOS DE UN CMMS.....	16
3. CONCEPTOS Y FLUJOS DE UN SERVICIO TÉCNICO DE EQUIPAMIENTO MÉDICO.....	17
4. MARCO NORMATIVO	19
DISEÑO DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	21
DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA.....	21
IMPLEMENTACIÓN.....	23
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	27
RESULTADOS OBTENIDOS	27
1. INVESTIGACIÓN PRELIMINAR: CUANTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y ANÁLISIS DEL DOCUMENTO DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.....	27
2. ANÁLISIS Y ESPECIFICACIÓN: DOCUMENTO DE REQUISITOS DE USUARIO.....	28
3. DISEÑO: MODELADO DEL SISTEMA.....	29
4. PROTOTIPADO: SOFTWARE VERSIÓN ALFA VALIDADO.....	30
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	33
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFIA.....	36
ANEXOS	37
ANEXO 1: ESTUDIO A LOS CMMS PRESENTES EN EL MERCADO.....	38

A. ESTUDIO DE SISTEMAS DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO COMERCIALES PARA USO GENERAL.....	38	
B. ESTUDIO DE SISTEMAS DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO COMERCIALES ORIENTADOS AL APOYO DE LA GESTIÓN DE EQUIPAMIENTO MÉDICO	42	Prototipo de
C. ESTUDIO DE SISTEMAS DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO GRATUITOS	45	CMMS para la
ANEXO2: ARBOL DE PROBLEMA	49	gestión de
ANEXO3: ESTUDIO DE CUANTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	51	equipos médicos
ANEXO4: REQUISITOS DEL SISTEMA Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA....	55	5
ANEXO5: ANÁLISIS DEL DOCUMENTO DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD: "SISTEMA COMPUTARIZADO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO"	59	
ANEXO6: DOCUMENTO DE REQUERIMIENTOS DE USUARIO.....	65	
ANEXO 7: MODELADO DEL SISTEMA	73	
A. MODELO DE FUNCIONES	73	
B. MODELO DE LA BASE DE DATOS.....	79	
ANEXO 8: DESCRIPCIÓN E INTERACCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS UTILIZADAS PARA EL DESARROLLO DE LA APLICACIÓN WEB.	84	
ANEXO9: VALIDACIÓN INTERNA DE LA PLATAFORMA DESARROLLADA.....	90	
ANEXO10: VALIDACIÓN ALFA DEL SISTEMA.....	97	

Trabajo de
Título 2
2013- 1

6

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA INFORMÁTICO DE APOYO A LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL SERVICIO TÉCNICO DE UNA EMPRESA PROVEEDORA DE EQUIPOS MÉDICOS.

TRABAJO REALIZADO COMO REQUERIMIENTO PARCIAL
PARA OPTAR AL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL BIOMÉDICO

POR

JAIME ANDRÉS AGUIRRE VERA
CAMILA ANDREA NARANJO SARIEGO

PROFESOR GUÍA: MSc. CÉSAR GALINDO VIAUX

FECHA DE PRESENTACIÓN (AGOSTO, 2013)

VALPARAÍSO – CHILE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Prototipo de
CMMS para la
gestión de
equipos médicos
7

A nivel global existe una tendencia de crecimiento y expansión de instituciones prestadoras de salud y en consecuencia, existe un aumento en la demanda de tecnologías sanitarias, indispensables para brindar una atención de calidad. Sin embargo, este aumento en la cantidad y complejidad del equipamiento hospitalario hace necesaria la gestión de la tecnología, para garantizar que los servicios de atención para la salud se proporcionen de forma segura y eficaz. (Organización Mundial de la Salud, 2012, pág. 8)

En ese contexto, y reconociendo la importancia de las tecnologías sanitarias en el funcionamiento de un sistema de salud, la OMS ha desarrollado una serie de documentos de apoyo a la gestión del mantenimiento de equipos. En estos documentos se sugiere la utilización de sistemas computarizados de gestión del mantenimiento como una buena herramienta para llevar a cabo los programas de mantención, ya que además permiten el manejo ordenado y completo de la información asociada. (Organización Mundial de la Salud, 2012, pág. 2)

El presente trabajo aborda la gestión de la tecnología desde el punto de vista de una empresa proveedora de equipamiento médico, en la que la calidad del mantenimiento se veía afectada por la ineficacia e ineficiencia en el manejo de la información asociada.

Se contribuirá al manejo eficaz de la información desarrollando un sistema informático de apoyo a la gestión del mantenimiento acorde con los requerimientos de la empresa y complementado con los módulos y funciones sugeridos en el documento de la OMS: “Sistema computarizado de gestión del mantenimiento”. De esta manera se entregará una herramienta que pretende disminuir el tiempo invertido en la búsqueda de información, entregar respaldo histórico a la toma de decisiones, controlar los tiempos y causas del aumento del downtime del equipamiento, y permitir el acceso remoto a la información a través de dispositivos móviles.

La metodología empleada contempla 5 etapas que corresponden a: investigación preliminar, en donde se realiza el estudio de factibilidad técnica de implementación y el análisis y adaptación del documento de la OMS para un servicio técnico externo a hospitales; una etapa de análisis y especificación, etapa en la cual en conjunto con el cliente se confecciona el documento de especificación de requerimientos que debe satisfacer el sistema; la etapa de diseño, en la que se elaboran los modelos teóricos de la base de datos y el modelado de funciones a partir de los requerimientos establecidos; el prototipado, en donde se programa y construye el sistema basándose en los modelos de la etapa precedente y las observaciones al prototipo realizadas en etapas de evaluación con el cliente; y finalmente la marcha blanca que incluye la evaluación de desempeño del sistema finalizado.

El desarrollo de este trabajo contempla una introducción y presentación de objetivos del trabajo. Un segundo capítulo titulado “Análisis del problema”, describe las causas y consecuencias de la ineficacia e ineficiencia en el manejo de la información asociada a la gestión del mantenimiento de equipos médicos, y el “Estado del Arte”, que presenta una revisión de los sistemas informáticos en salud orientados a equipamiento hospitalario.

El tercer capítulo, “Desarrollo de la propuesta”, abarca los conceptos básicos, la metodología, desarrollo e implementación de un sistema informático de gestión del mantenimiento.

Finalmente en los capítulos cuarto, quinto y sexto se presentan los resultados, su discusión y las conclusiones que se extraen del desarrollo del proyecto.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Contribuir al manejo eficaz y eficiente de la información técnica y administrativa de una empresa chilena proveedora de equipamiento médico, mediante el desarrollo de un prototipo de Sistema informático de gestión del mantenimiento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Disminuir el tiempo invertido por el personal técnico y administrativo en la búsqueda de información relativa a los equipos y generación de documentos.
- Generar registros históricos que apoyen la toma de decisiones administrativas del servicio técnico.
- Controlar el tiempo de downtime del equipamiento médico que ingresa al servicio técnico.
- Permitir el ingreso a la información desde dispositivos móviles

CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA

ESTADO DEL ARTE: SITUACIÓN ACTUAL DE SISTEMAS INFORMÁTICOS DE APOYO AL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MÉDICOS

Prototipo de
CMMS para la
gestión de
equipos médicos
9

1. INTRODUCCIÓN AL ESTADO DEL ARTE

El aumento en la demanda y complejidad de equipamiento médico, trae consigo la necesidad de gestionar las tecnologías sanitarias (principalmente equipos médicos) y su información relacionada. (Organización Mundial de la Salud, 2012). En Chile esta necesidad se plasma en el ámbito de “Seguridad del equipamiento médico” del Manual del proceso Acreditación de prestadores de Salud iniciado en 2009, en donde se evalúan los estándares mínimos que se deben cumplir para asegurar la calidad de los servicios sanitarios que se entregan en la población. (Subsecretaría de redes Asistenciales, 2009). En éste ámbito se indica que cada institución de salud debe realizar un seguimiento de la vida útil de sus equipos, documentarlo generando reportes de la necesidad de reposición de equipamiento crítico, establecer un plan de mantenimiento de los equipos y mantener registros de la ejecución del plan de mantenimiento. (Superintendencia de Salud, 2009)

Ante la necesidad de gestionar la tecnología sanitaria y sus registros con mayor eficacia y eficiencia, la OMS indica lo siguiente: “Un sistema computarizado de gestión del mantenimiento (CMMS) o programa informático de gestión del mantenimiento es una herramienta que puede mejorar la gestión general de los equipos médicos en el ámbito de los centros sanitarios”. (Organización Mundial de la Salud, 2012)

Es por esto, que el presente Estado del arte se enfoca en la manera en que actualmente se enfrenta la necesidad de gestión del equipamiento médico y de su información asociada: a través del uso de Sistemas informáticos de gestión del mantenimiento (CMMS, por sus siglas en inglés Computerized Maintenance Management System).

Este capítulo presenta una revisión temática de los CMMS existentes actualmente en el mercado y su implementación en los centros de Salud del país.

En primer lugar, se describen los CMMS comerciales, que pueden clasificarse en dos tipos: los diseñados para todo tipo de equipamiento, o aquellos destinados específicamente para equipamiento hospitalario. En segundo lugar, se hace una reseña de los CMMS gratuitos de los que se puede disponer y utilizar. Finalmente se describe la utilización de esta tecnología a nivel nacional.

2. CMMS COMERCIALES

a. CMMS DE DISEÑO GENERAL

Para conocer cuáles son las características de los programas que el mercado ofrece actualmente se realizó una comparación entre 13 sistemas CMMS comerciales, según la información técnica entregada en sus páginas web, y demostraciones disponibles. Los campos a comparar corresponden a los módulos sugeridos por el documento de la OMS “Sistema computarizado de Gestión del Mantenimiento”, en complemento a las funciones ofrecidas por los

desarrolladores. Los resultados obtenidos se grafican en la Figura1, el estudio completo puede encontrarse en el ANEXO1 A.

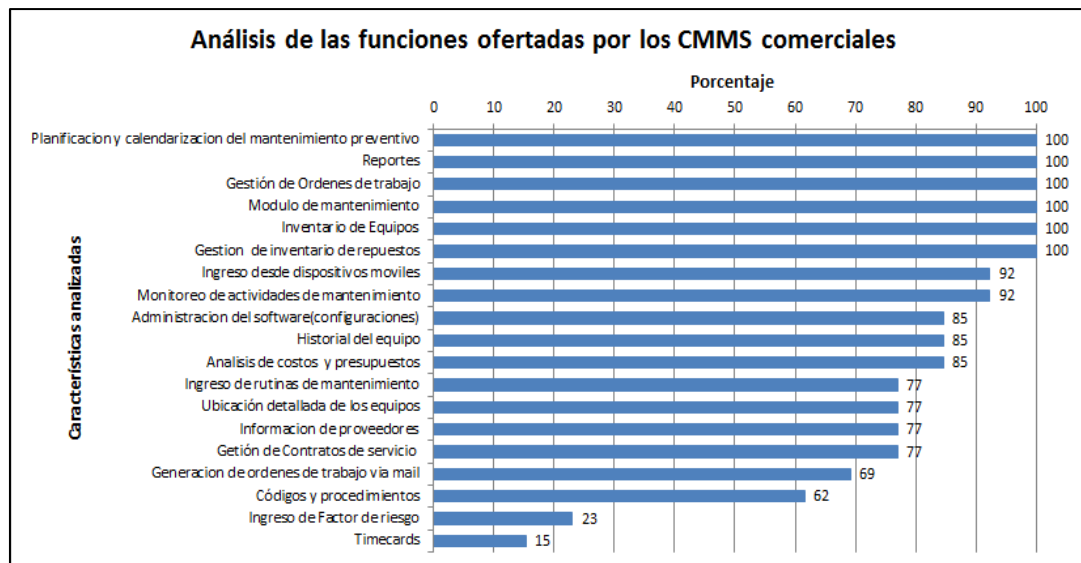


Figura1.- Análisis de las funciones ofertadas por los CMMS comerciales, Fuente: Elaboración propia.

El estudio indica que todo CMMS comercial ofrece como mínimo el módulo de gestión de órdenes de trabajo, además de la posibilidad de planificar y calendarizar las actividades de mantenimiento preventivo, ingresar mantenimiento correctivo, gestionar el inventario de los equipos y la capacidad de generar reportes. Como apoyo al mantenimiento, se ofrece la gestión de inventario de repuestos, herramienta útil para mantener un stock de partes que permita dar respuesta a las necesidades de mantención en menor tiempo y de manera continua.

Otros módulos relevantes ofertados son el monitoreo de las actividades que se realizan por el área de mantenimiento, la posibilidad de inventariar los activos (equipos), y el control de las actividades de trabajo de los técnicos, que permite una distribución equitativa de las cargas de trabajo. Es importante destacar la tendencia actual de permitir el acceso a través de dispositivos móviles a los sistemas de mantenimiento, que se ofrecen como ventaja comparativa respecto de CMMS más antiguos.

Entre el 77 y el 85 % de los sistemas ofrecidos, poseen módulos de registro y análisis de datos, importantes en la toma de decisiones administrativas principalmente respecto a costos de mantención y análisis del desempeño de los contratos de mantenimiento. Además, permiten el ingreso de procedimientos y códigos por parte del usuario lo que facilita el registro de las actividades realizadas a los equipos.

Solo algunos desarrolladores consideran la inclusión del factor de riesgo de los equipos (23%), y la posibilidad de que el técnico justifique sus actividades en un Timecard (15%).

b. CMMS de diseño orientado a gestión del equipamiento médico

De los 13 CMMS analizados, 6 correspondían a programas enfocados exclusivamente a su uso para la gestión de equipamiento electromédico. Es por eso que se realizó un segundo estudio que contempló únicamente a sistemas CMMS de esta categoría (ANEXO1 B). Los resultados se aprecian en el gráfico de la figura siguiente:

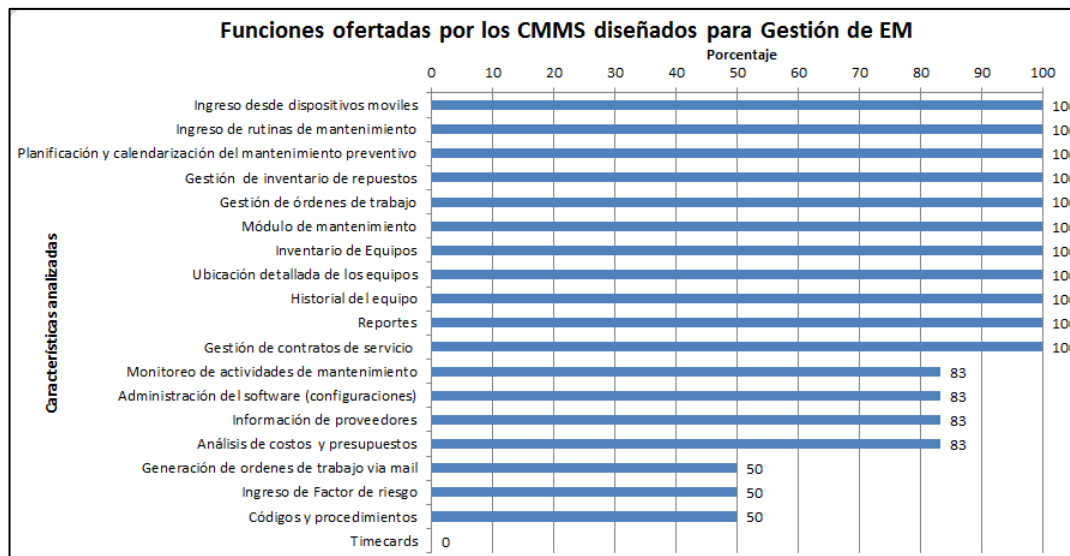


Figura2.- Análisis de las funciones ofrecidas por los CMMS comerciales diseñados para la gestión del mantenimiento de equipos médicos. Fuente: Elaboración propia.

Además de las funciones base que ofrece todo CMMS comercial observados en la *Figura1*, los orientados a equipamiento médico le dan una mayor relevancia a: el inventario de repuestos, que proporciona una base para la gestión de los activos y facilita la gestión de las mantenciones al ayudar a mantener stock de los repuestos más utilizados. (Organización Mundial de la Salud, 2012, pág. 14); la hoja de vida de cada equipo, que permite hacer un seguimiento del comportamiento de los equipos durante su ciclo de vida y analizar la efectividad de las actividades de mantenimiento; la ubicación detallada del equipamiento, que permite acceder de manera más rápida a los equipos; el ingreso de rutinas de mantenimiento específicas para cada tipo de equipo; y finalmente la gestión de contratos de servicio, módulo que permite gestionar el cobro de garantías y las actividades de mantenimiento realizadas por empresas externas. El ingreso desde dispositivos móviles es una característica que presentan todos los sistemas CMMS de este tipo, permitiendo el acceso directo a la información de manera remota, optimizando el tiempo de acceso a los datos.

3. CMMS DE CÓDIGO ABIERTO.

En la red existen CMMS gratuitos desarrollados por empresas y personas, estos pueden descargarse y utilizarse libremente. Se recopiló información respecto de 4 CMMS de código abierto encontrados en la red. Se analizaron los CMMS descargando las aplicaciones y utilizando las plataformas. Ningún CMMS cumple con todas las funciones sugeridas por el documento de la OMS, y sólo se enfocaban en desarrollar de manera completa una o dos de las funcionalidades. De las interfaces desarrolladas sólo una permite el acceso desde dispositivos móviles.

El estudio realizado puede encontrarse en el ANEXO1 C.

4. SITUACIÓN EN CHILE

La tendencia de informatización en salud en el que está inmerso el país, alcanza también a los departamentos de mantenimiento de equipos de las instituciones de salud. La cantidad de

instituciones que han adoptado sistemas informáticos como apoyo a la gestión del mantenimiento de equipos médicos está en aumento. La *Tabla1* muestra los principales CMMS utilizados por los hospitales y clínicas del país.

Software	Instituciones que lo implementaron
MAXIMO (desarrollado por IBM)	Clínica Santa María, Clínica las Condes, Clínica Alemana, Clínica de la U. Católica
SYSMAN (desarrollado por Insolca)	Clínica las Lilas
MP9 (desarrollado por System group)	Hospital Eduardo Pereira, Hospital de Curicó, Instituto traumatológico, Instituto nacional del tórax, Complejo hospitalario san José de Maipo, Hospital de carabineros

Tabla1.- Principales CMMS implementados en el país. Fuente: (IBM, 2010), (CMMS consultorias y servicios, 2012), (Sistemas Médicos Ltda, 2010).

5. DESARROLLO DE CMMS LOCALES

Existen CMMS que han sido desarrollados en el país basándose en las necesidades de las unidades de equipos médicos nacionales. Los CMMS de desarrollo local satisfacen de mejor manera las necesidades concretas de la institución. (Organización Mundial de la Salud, 2012, pág. 18)

Como ejemplo de desarrollo en el país se tiene el software eLinepro de la empresa Macrobit (www.macrobit.cl/productos_elinepro.html). Éste es un software desarrollado íntegramente por ingenieros chilenos, diseñado en conjunto con profesionales del área de mantenimiento industrial. Sus módulos permiten la gestión de activos de cualquier clase y origen, para ser usado por todo tipo de empresa (Macrobit, 2013). En el área de la salud, éste software es utilizado por la Clínica Vespucio, y Mutual de Seguridad C.CH.C.

Existen también empresas externas que brindan servicios de mantenimiento a instituciones de salud, debido a que los software existentes en el mercado no satisfacían completamente sus necesidades, desarrollaron sistemas CMMS propios que utilizan para el control de las actividades de mantenimiento, reportes y análisis de costos, entre otras funciones. Este es el caso de IngelService (www.ingelservice.com): empresa que está a cargo de los equipos médicos de la Red de Salud de la Universidad Católica de Chile y Biomédica Ingeniería (www.biomedicaingenieria.cl), empresa a cargo de los equipos médicos del Hospital Gustavo Fricke.

6. CONCLUSIONES DEL ESTADO DEL ARTE

Las tendencias actuales en el desarrollo de CMMS incluyen el ingreso a los sistemas desde dispositivos móviles y el análisis de la información asociada al mantenimiento. El ingreso remoto desde dispositivos móviles permite al técnico en terreno tener acceso a la información de manera rápida e inmediata. Por otro lado, el análisis de la información, que incluye el análisis del desempeño de las empresas externas a cargo de actividades de mantenimiento y de los costos incurridos a lo largo del ciclo de vida de un equipo, se convierte en un potente fundamento en la toma de decisiones administrativas y de inversión de recursos.

La capacidad de generar reportes, y los datos de los equipos que almacena el sistema permiten facilitar el cumplimiento de estándares y normas tal como la ISO9001, y en el caso de Chile, cumplir con los requisitos de la acreditación de prestadores de salud respecto del equipamiento médico.

Por estos motivos al momento de implementar un CMMS es importante que sus funciones sean lo más completas posible, característica que no cumplen los CMMS de código abierto, pero que sin embargo son una de las principales características de los CMMS desarrollados de manera local.

ANÁLISIS DEL PROBLEMA

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, a nivel mundial, existe una tendencia de ampliación de instituciones prestadoras de salud, y con ello un aumento en la demanda de dispositivos médicos de los que se requiere para brindar una atención de calidad. Esta situación hace patente la necesidad de manejar eficaz y eficientemente las tecnologías sanitarias, así como también la necesidad de herramientas informáticas que apoyen el manejo la gran cantidad de información relacionada al equipamiento hospitalario. (Organización Mundial de la Salud, 2012, pág. 8). La situación planteada se aprecia tanto en instituciones prestadoras de salud como en empresas proveedoras de tecnologías sanitarias.

Enfocándose en el contexto de una empresa proveedora de equipamiento médico, cuando su servicio técnico no posee los instrumentos adecuados para la gestión de la información asociada al mantenimiento de los equipos de los que está a cargo, aparecen situaciones problemáticas que perjudican a todos los involucrados en el proceso de prestación de salud: a la empresa proveedora, a las instituciones de salud, y al paciente, quien se ve afectado por la disponibilidad del equipamiento que requiere para su atención.

Un ejemplo de esta problemática es lo que ocurre en el servicio técnico de la empresa SOCOFAR, empresa chilena proveedora de equipamiento médico. Esta empresa además de la comercialización de equipos, posee un área de post venta que incluye servicio técnico tanto para los equipos que comercializa como para equipos en contratos de mantenimiento. Si bien su personal técnico es altamente especializado (con cursos de capacitación en las empresas fabricantes de los equipos que comercializan), la falta de herramientas informáticas adecuadas para la gestión de la información, causa situaciones que dificultan la entrega del servicio.

La problemática específica que enfrenta la empresa, **es la ineficacia e ineficiencia en el manejo de la información generada en el Servicio Técnico**, el árbol de problema se encuentra en el ANEXO2.

2. CAUSAS DEL PROBLEMA

- Programas informáticos independientes y no integrados.

En la empresa Socofar S.A, actualmente existen tres software independientes utilizados en el área de gestión: una aplicación que permite consultar el stock de productos y repuestos disponibles para utilización; una aplicación que permite la generación de guías de despacho e

ingreso de llamados de los clientes; y una aplicación orientada al área de ventas y servicio técnico que permite gestionar la información asociada a clientes y a la venta de productos.

Estos programas han sido desarrollados para el departamento, pero su funcionamiento no satisface las necesidades reales y actuales del área administrativa del servicio técnico.

Otra información relevante, tal como la asignación de tareas hacia los técnicos, el envío de presupuesto a clientes, e información acerca de los equipos, están respaldadas en bases de datos Acces y tablas de Excel. Esta información permite generar análisis estadísticos acerca de varios aspectos relevantes, sin embargo, se encuentran en archivos independientes que no tienen interacción entre sí.

Actualmente en toda la empresa se está implementando un sistema CRM, (Customer Relationship Management, o manejo de relaciones con los clientes) el cual se está complementando con un módulo para el servicio técnico. Éste módulo ha sido evaluado por el jefe del servicio, quien considera que sus características no satisfacen las necesidades del área.

- Programas informáticos de difícil manejo y con alta tasa de fallas

Los sistemas mencionados presentan problemas de desempeño y una alta tasa de fallas. Además su uso no es intuitivo, lo que genera demoras en la búsqueda de información y generación de guías de despacho.

- Falta de un formulario estandarizado para recopilar información

Un equipo puede ingresar al servicio técnico de dos maneras principales: Mediante retiro directo del equipo desde las dependencias del cliente, o por envío del equipo por parte del cliente al servicio. Es importante conocer como mínimo quién recibió el equipo, qué accesorios traía y en qué condiciones venía. Sin embargo, al no estar establecida ni estandarizada la información mínima que se debe recopilar, muchas veces éstos datos no son registrados, o la información es incompleta.

- Inexistencia de hojas de vida por equipo

Dentro del servicio técnico, se registra la siguiente información relacionada a los equipos que ingresan: el informe técnico de fallas, la hoja de presupuesto, la orden de compra y las rutinas de mantenimiento que se realizan. La información es almacenada en documentos digitales, que se clasifican según cliente, pero no existe clasificación de los registros por serie del equipo, por lo tanto, en caso de necesitar información de un equipo específico se debe buscar entre todos los documentos emitidos para el cliente propietario del equipo.

3. EFECTOS DEL PROBLEMA

- Demora en la realización de presupuestos

Para realizar un presupuesto, el técnico debe buscar para cada cliente el porcentaje de descuento que se acordó aplicar a los repuestos. Esta búsqueda debe hacerse tanto en las bases de datos de la empresa, como en presupuestos realizados anteriormente al cliente. La búsqueda se debe realizar documento por documento.

-
- No existe un control de los tiempos de downtime de los equipos en el servicio.

Al no haber un seguimiento del tiempo que se espera por una orden de compra (responsabilidad del cliente) para realizar una reparación o devolver el equipo, existen equipos que han estado más de 6 meses esperando por una reparación.

- Desconocimiento de las condiciones de ingreso de los equipos

Después de largos períodos de los equipos en el servicio, se desconocen los accesorios con los que el equipo ingresó. En algunos casos la información no registrada acerca de las condiciones de ingreso del equipo produce que éstos se devuelvan sin los accesorios con los que venía originalmente. Esta situación causa la molestia de los clientes y pérdidas monetarias para el servicio al tener que reponer accesorios nuevos.

- Falta de análisis e integración de la información almacenada.

Esta situación tiene una repercusión económica para la empresa: al no tener registros históricos respecto del comportamiento de equipos y clientes, se dificulta el cobro en contratos de mantenimiento. Existen casos en que los gastos incurridos en la reparación de equipos en contrato superan ampliamente el cobro que la empresa realizó por el mismo. Las pérdidas monetarias si bien son apreciables, no se pueden cuantificar por falta de información histórica.

- No se realizan análisis del consumo de repuestos.

Al reponer los repuestos se compran igual cantidad de los repuestos más utilizados, que de los menos utilizados.

- Imposibilidad de acceso remoto a la información

Para acceder a la información de los equipos cuando el técnico se encuentra en terreno, debe hacerlo vía telefónica, o solicitar el envío de la información a su correo electrónico. Pero no puede acceder de manera directa a los datos necesitados. Esta situación puede demorar el contacto del técnico con el equipo.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

ESTUDIO DEL MARCO TEÓRICO

1. INTRODUCCIÓN AL MARCO TEÓRICO

El trabajo se enmarca en el área de informática médica. Según la literatura estudiada en el estado del arte, la mejor solución ante la situación presentada es el Desarrollo de un Sistema Computarizado de manejo del mantenimiento, enfocado al servicio técnico de una empresa proveedora de equipos médicos.

Por este motivo, el presente Marco Teórico establece de forma conceptual la manera de encarar el estudio y otorga los conocimientos básicos para la comprensión del contexto en que se desarrolla el trabajo: Los sistemas informáticos en salud orientados a la gestión de Equipamiento Médico.

El Marco teórico se divide en 3 partes:

En la primera parte, titulada “Elementos de un CMMS”, se nombran los elementos y características más relevantes que se deben considerar en el desarrollo de un CMMS y los procesos que se automatizan con la implementación del sistema.

En la segunda sección, "Conceptos y flujos de un Servicio Técnico de equipamiento médico" se describen los principales procesos llevados a cabo dentro de un servicio técnico de equipos médicos externo a las instituciones de salud, las funciones que cumple, los documentos que genera y los reglamentos por los cuales se rigen.

Finalmente en la sección titulada “Marco Normativo” se describen todas aquellas normas, estándares y leyes que se deben tener en consideración para la implementación de un sistema computarizado de manejo de la información.

2. ELEMENTOS DE UN CMMS

Según Cohen (Ted Cohen, 2004), “Un CMMS para equipos médicos es un programa informático que contiene una base de datos informática sobre las operaciones de mantenimiento de una organización. Se emplea para automatizar la documentación de todas las actividades relacionadas con dispositivos médicos, como son la planificación de equipos, la gestión de inventarios, los procedimientos de mantenimiento correctivos y preventivos, el control de los repuestos, los contratos de mantenimiento y órdenes de retiro de dispositivos médicos o alertas sobre los mismos. Los datos recopilados se pueden analizar y utilizar en la gestión de la tecnología, la garantía de la calidad, el control de las órdenes de trabajo y la elaboración de presupuestos de dispositivos médicos”.

Los principales elementos que comprenden el núcleo de un CMMS son 3: el inventario de equipos, historial de reparaciones y mantenciones, y control de órdenes de trabajo (Ted Cohen, 2004).

- a) **Inventario de equipos:** Corresponde a un archivo que contiene información e identificación de cada uno de los equipos a cargo del servicio técnico, o que han sido distribuidos por la empresa.

- b) **Historial de reparaciones y mantenimientos:** Registro, para cada uno de los equipos de los eventos de mantenimiento y reparaciones, desde que es entregado al cliente. Incluye registros de cada problema presentado, ordenes de trabajo asociadas, tiempos de inicio y fin del evento, tiempos y costos invertidos en cada tarea, recursos utilizados, tiempo de downtime. (Ted Cohen, 2004).
- **Mantenimiento Correctivo:** *Proceso para restaurar la integridad, la seguridad o el funcionamiento de un dispositivo después de una avería. El mantenimiento correctivo y el mantenimiento no programado se consideran sinónimos de reparación.* (Organización Mundial de la Salud, 2012, págs. 12-13)
 - **Mantenimiento preventivo(MP):** *Mantenimiento que se realiza para prolongar la vida útil del dispositivo y prevenir desperfectos. El MP habitualmente se programa a intervalos definidos e incluye tareas de mantenimiento específicas como lubricación, limpieza o reemplazo de piezas que comúnmente se desgastan o que tienen una vida útil limitada. También se le conoce como “mantenimiento planificado” o “mantenimiento programado”* (Organización Mundial de la Salud, 2012, págs. 12-13)
- c) **Manejo de las órdenes de trabajo:** Consiste en dos módulos principales: un generador de órdenes de trabajo agendados, que indican cuándo es necesario realizar el mantenimiento preventivo o reemplazo de partes de un equipo. Y un generador de órdenes de trabajo no agendadas, que se ingresan al sistema según requerimiento.

Otros elementos complementarios, pero igual de importantes incluyen (Ted Cohen, 2004): El manejo del stock de repuestos, capacidad de generar reportes, conexión en red y conexión a través de dispositivos móviles.

3. CONCEPTOS Y FLUJOS DE UN SERVICIO TÉCNICO DE EQUIPAMIENTO MÉDICO

a) Servicio técnico de empresas proveedoras de equipos médicos

Un proveedor de equipos médicos, es una entidad que no sea un fabricante, un importador o un minorista, que vende un dispositivo médico con el propósito de reventa o uso que no sea para uso personal (Health Products and Food Branch Inspectorate, 2012).

Las empresas proveedoras de equipamiento médico, generalmente poseen también un servicio de post venta. Las distintas actividades que se desarrollan posteriores a la venta de los equipos se pueden clasificar en servicios relacionadas con los equipos: Instalación, mantenimiento y reparación; y servicios relacionados con los clientes: manejo de quejas y capacitación. (Peña, 2003).

b) Proceso de venta de equipamiento y servicios de mantenimiento de una empresa proveedora de equipamiento médico

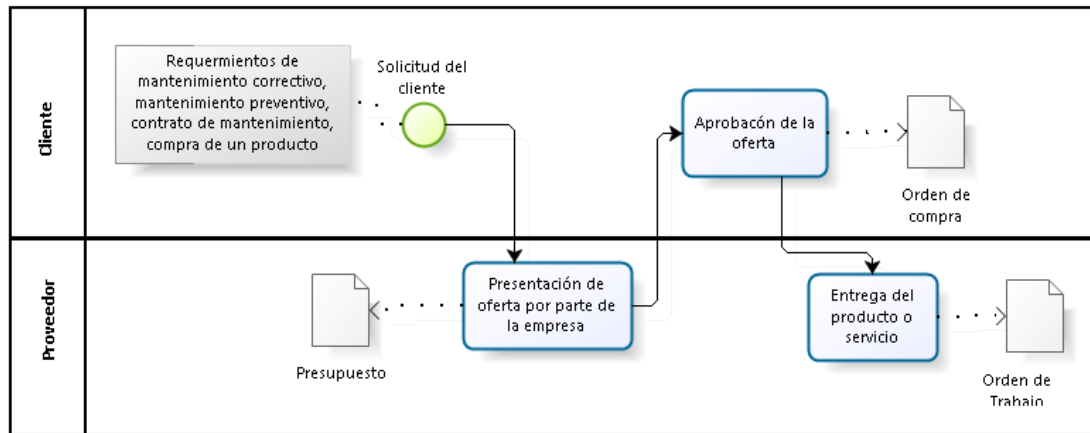


Figura3: Diagrama de proceso de adquisición y venta de equipos médicos, accesorios, repuestos y servicios de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

El proceso inicia con una Solicitud del cliente, la cual puede ser:

- a. Solicitud de mantenimiento correctivo: Cuando un equipo es enviado a servicio para que su funcionamiento sea restablecido, un técnico evalúa el equipo y plasma sus observaciones en un Informe técnico. Este documento contiene las fallas detectadas y las acciones que deben tomarse para devolver la funcionalidad.
- b. Solicitud de actividades de mantenimiento preventivo, compras de contrato de mantenimiento y de productos: Estas actividades son solicitadas por el cliente ya sea por trato directo o por medio del portal mercado público.

Ante las solicitudes del cliente, la empresa presenta un presupuesto, el cual es un documento que contiene con los cobros asociados a la actividad solicitada. El presupuesto incluye el detalle de los productos y actividades, los costos unitarios, y el periodo de validez de la oferta.

Si el cliente acepta el presupuesto de la empresa, emite una Orden de compra, documento en donde los detalles de la compra se enumeran específicamente en cuanto al tema, la cantidad, precio, fecha de entrega esperada, el precio por unidad. Este documento puede ser usado por cualquiera de las partes (comprador o vendedor), para cubrir en el caso de una controversia y es considerada un documento legal (Educar Chile)

Recibida la orden de compra, el proveedor debe realizar la venta del producto o servicio y cumplir con el contrato dentro de los plazos estipulados. Si la venta corresponde a un producto, se genera una Orden de separación, documento de uso interno que indica el producto que es solicitado para sacar de bodega y preparar para la venta. Si la venta corresponde a un servicio de mantenimiento, se genera una orden de trabajo.

c) Orden de trabajo

Las actividades del servicio técnico relacionadas con los equipos, se plasman en las órdenes de trabajo, documentos en donde se registra el trabajo de mantenimiento (correctivo, preventivo o inspecciones) en un equipo médico específico (Rodríguez Denis, 2003). La gestión de las órdenes de trabajo apoyadas en un sistema informático, permiten mantener documentación de las actividades realizadas en el servicio, establecer indicadores de desempeño, análisis de los tiempos de demora y las principales causas, además de permitir un cálculo de las cargas de trabajo de los técnicos y priorización de las tareas a realizar.

El siguiente diagrama representa las actividades realizadas en una unidad de mantenimiento de equipos médicos, y aquellas que son automatizadas mediante el uso de sistemas CMMS.

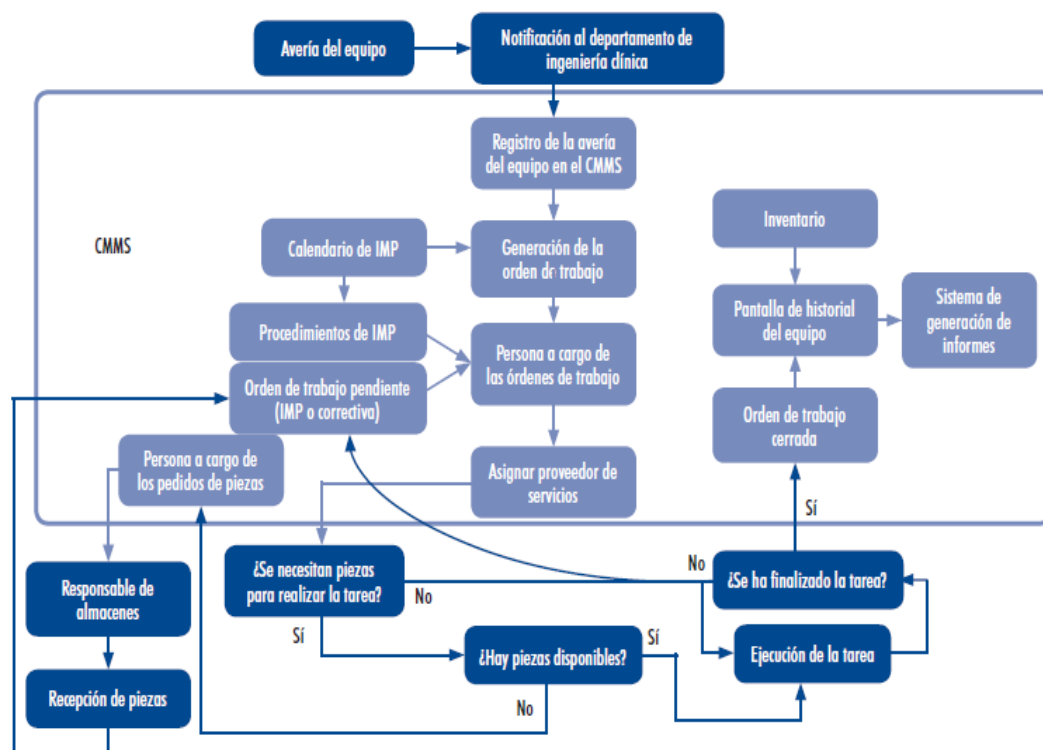


Figura 3.- Diagrama de Gestión de Ordenes de Trabajo. Fuente: Organización Mundial de la Salud; Sistema computarizado de gestión del Mantenimiento, pág. 15, 2012.

4. MARCO NORMATIVO

Esta sección presenta una recopilación de las normas relacionadas con las tecnologías informáticas y comunicaciones, y que aplican para el desarrollo e implementación de un CMMS.

- **ISO 27001: Sistemas de gestión de seguridad de la información. (SGSI)**

La norma ISO 27001 aporta un sistema de gestión de seguridad de la información, cuyo objetivo es proteger los datos e información relacionada contra cualquier amenaza. Con este sistema se pretende garantizar la continuidad de las actividades de la empresa y preservar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información (Normas ISO).

- **ISO 12207: Ciclo de vida del desarrollo de software**

La norma ISO 12207 establece un marco de referencia común para los procesos del ciclo de vida del software, con una terminología bien definida a la que puede hacer referencia la industria del software. Contiene procesos, actividades y tareas para aplicar durante la adquisición de un sistema que contiene software, un producto software puro o un servicio software, y durante el suministro, desarrollo, operación y mantenimiento de productos software. (International Standard, 2008)

DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

La solución propuesta al problema planteado corresponde a la implementación de un Sistema Computarizado de Gestión del mantenimiento, que tal como se detalla en el Estado del Arte es la manera en que actualmente se enfrenta este problema. El Estudio del Marco Teórico deja en evidencia que entre sus múltiples funciones, un CMMS permite el ingreso desde dispositivos móviles, almacena información de las actividades de mantenimiento realizadas a los equipos, permite generar reportes y análisis históricos que apoyan la toma de decisiones e integran la información de manera de facilitar su búsqueda. Por tanto, la propuesta a implementar en el Servicio Técnico de la empresa dará una respuesta integral, que permitirá revertir el problema y solucionar sus consecuencias.

El CMMS será desarrollado específicamente para el Servicio Técnico (ST). Se descartó la implementación de un CMMS comercial debido a que actualmente se incorporó en la empresa un sistema CMR, el cual pretende mejorar la relación con los clientes de todas las áreas de SOCOFAR, pero que sin embargo, según el jefe del servicio técnico, su módulo de mantenimiento no resuelve la problemática específica del área de equipos médicos, por tanto no se incurrirá en nuevos gastos de implementación de un sistema informático. Los CMMS gratuitos, no fueron considerados debido a que en el estudio realizado en el Estado del Arte se comprobó que no satisfacen las necesidades que tiene el servicio.

Para el desarrollo del software se tomara como referencia el documento de la OMS: "Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento". Este documento contiene las directrices para la adquisición o desarrollo de un sistema de gestión del mantenimiento de equipos médicos y su implementación. El documento está orientado a departamentos de ingeniería clínica, por tanto, deberá realizarse un estudio de las funciones y módulos que deben modificarse para adaptarlo a un Servicio Técnico de equipos médicos externo a las instituciones de salud.

Este trabajo está siendo realizado para el Servicio Técnico de la empresa SOCOFAR, específicamente para el personal del área técnica y del área administrativa. A pesar de este hecho, debido a su desarrollo basado en el conocimiento de los procesos y necesidades del área, el sistema puede ser aplicado y utilizado en otros servicios técnicos de empresas externas de mantenimiento de equipos médicos.

DISEÑO DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN

El desarrollo de la propuesta se puede dividir en 5 etapas, cuyas actividades se detallan en la siguiente tabla:

Etapa	Actividades	Observaciones
1. Investigación preliminar	1. Cuantificación del problema	HITO 1. Cuantificación del problema y adaptación del documento de la OMS para un servicio técnico de equipos médicos.
	2. Realizar estudio de factibilidad Técnica	
	3. Analizar el documento de la OMS.	
2. Análisis y especificación	4. Confección y validación del documento de especificación de requerimientos	HITO2. Documento de especificación de requerimientos validado
3. Diseño	5. Elaboración de un modelo de funciones	HITO3. Modelado del sistema (base de datos y funciones)
	6. Elaboración del diagrama de bases de datos	
	7. Segmentación del modelo en módulos a implementar	
4. Prototipado	8. Desarrollo de los prototipos	Hito4. Software versión alfa validado
	9. Evaluación con el cliente	
	10. Modificación	
	11. Unificación de los módulos validados	
5. Implementación	12. Implementación y migración de los datos hacia el programa	Hito 5. Informe de desempeño, software versión beta validado
	13. Análisis de desempeño	

Tabla2. Descripción de la propuesta de solución. Fuente: Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA.

Las actividades descritas precedentemente corresponden a la metodología de desarrollo de software por prototipos. Esta metodología permite que el desarrollo del sistema sea evaluado por cliente en conjunto con el programador desde las primeras etapas de programación. La participación constante con el cliente permite disminuir los errores debido a especificaciones ambiguas, y aumentar la satisfacción del cliente con el producto final. (Lawrence, 2002)

La siguiente tabla contiene el detalle metodológico de cada una de las actividades a realizar.

Actividad	Objetivos	Descripción
1. Definir el problema y alcance de solución	Cuantificar la problemática del ST Delimitar el ámbito de solución	Mediante entrevistas al Jefe del Servicio Técnico se elaborará el análisis de la problemática. La cuantificación de las consecuencias, se realizará calculando las horas de trabajo destinadas a la

		confección de documentos, y entrevistando al personal respecto del tema.
2. Realizar estudio de Factibilidad Técnica	Diagnosticar los recursos con los que cuenta el ST para la implementación del Sistema Informático. Resultado esperado: Elaborar el informe de factibilidad técnica	Se analizarán los requerimientos del sistema y se compararan con las herramientas y capacidades existentes. Se determinará si es necesaria la incorporación de tecnologías.
3. Analizar el documento de la OMS	Establecer las funciones y módulos que aplican al ST externo, y qué modificaciones deben considerarse para adaptarlo. Resultado esperado: Elaborar informe de aplicabilidad.	Utilizando los conocimientos de los procesos y prioridades de un ST de equipos médicos externo, se analizará el documento de la OMS y se elaborará un informe con las consideraciones que deben adoptarse para aplicarlo.
4. Confección y validación del documento de especificación de requerimientos	Identificar los objetivos y requisitos funcionales y no funcionales del sistema. Resultado esperado: Elaborar y validar el documento de requisitos de usuario	Mediante reuniones y entrevistas con el jefe de Servicio Técnico y el coordinador del ST, se establecerán y registrarán las necesidades y requerimientos que deberá cumplir el sistema.
5. Elaboración de un modelo de funciones	Plasmar el diseño del sistema en un documento que resuma sus funciones y subfunciones. Resultado esperado: Confección del modelo.	A partir del documento de requisitos de usuario, el análisis realizado en el estado del Arte y complementándolo con el documento de aplicabilidad de la actividad 3, se generara un diseño del sistema mediante la descripción de las funciones y subfunciones, el cual será validado por el jefe de ST.
6. Elaboración del diagrama entidad relación	Diseñar la base de datos y sus conexiones a partir del diagrama entidad relación. Resultado esperado: Elaborar y validar el modelo entidad relación	Utilizando el programa MySQL Workbench se crean las relaciones entre entidades, y se detallan los atributos. Realizado el modelo se valida con el Jefe de ST.
7. Segmentación del modelo en módulos para ser implementados	Especificar los módulos que conformarán el sistema. Analizar y establecer el orden en que se deben implementar.	En conjunto con el jefe del ST Se agruparán las características y funcionalidades en diferentes módulos a implementar. Se establecerá el orden en que serán desarrollados.
8. Desarrollo de los prototipos	Generar prototipos de cada módulo en base a las especificaciones dadas por el cliente. Resultado esperado: Prototipo de cada módulo que el cliente pueda utilizar y evaluar	Se comienza con la programación del sistema informático de aplicación web, desarrollando cada módulo según las especificaciones del cliente. Estos primeros prototipos serán presentados para ser evaluados y conocer las características que el cliente quiere perfeccionar.

9. Evaluación con el cliente	Analizar los prototipos e identificar posibles mejoras Resultado esperado: documento de especificaciones mejorado	El cliente utiliza la primera versión de los prototipos desarrollados y evalúa su desempeño e interfaz. De esta interacción se generan nuevos requerimientos, ideas de mejora y se refinan los requisitos del sistema.
10. Modificación	Aplicar las mejoras al sistema.	Se programan las mejoras, se afinan detalles y se amplían las funciones de los prototipos según las indicaciones del cliente. Luego de aplicadas las mejoras estas son nuevamente evaluadas con el cliente. El proceso se repite hasta que el resultado es satisfactorio.
11. Unificación de los módulos validados	Finalizar el desarrollo del sistema, afinando los detalles globales	Finalizar la programación y los detalles tales como el ingreso diferenciado, y efectividad de las calendarizaciones.
12. Implementación y migración de los datos hacia el programa	Implementar el sistema, poblar la base de datos con la información del ST	Colocando el programa en el servidor, se realizan pruebas de conectividad remota. Se puebla la base de datos migrando la información desde las distintas fuentes en que esta almacenada hacia el sistema. Se capacita al personal acerca del uso del programa y su funcionalidad.
13. Análisis de desempeño	Conocer la efectividad de la solución implementada	Tras unas semanas de marcha blanca, el cliente analiza el desempeño del sistema, además de conocer los beneficios y problemas resueltos a corto plazo.

Tabla 3. Descripción de las actividades que conforman la metodología. Fuente: Elaboración propia

IMPLEMENTACIÓN

1. CUANTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y ALCANCE DE LA SOLUCIÓN

La mayor complicación en los proyectos de cualquier índole es una buena cuantificación del problema y sus consecuencias de manera de justificar la solución y no sobreestimar los resultados. Para poder cuantificarlo, se estudió la situación desde los puestos de trabajo del área técnica y administrativa. Se utilizaron los sistemas informáticos, y se realizaron documentos del área técnica accediendo a la información existente. Los datos obtenidos se complementaron con entrevistas al personal técnico y administrativo que está en constante contacto con las plataformas. Además se investigaron los costos extra del servicio por pérdida de accesorios, y lo que dejan de percibir los clientes por cada día de downtime del equipamiento.

2. REALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA

El estudio se llevó a cabo analizando las características del hardware existente en el servicio, y comparándolas con las especificaciones del hardware necesario para el correcto funcionamiento del sistema.

3. ANÁLISIS DEL DOCUMENTO DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.

El Documento “Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento” está orientado al departamento de mantenimiento de equipos pertenecientes a instituciones prestadoras de salud. Para poder adaptarlo a la perspectiva de un servicio técnico externo de equipos médicos se recurrió a la experiencia de trabajar en el servicio técnico, y la guía y capacitación en el área recibida por el Jefe del departamento. Este conocimiento de los procesos de la unidad, de sus objetivos y funciones se utilizó para evaluar los módulos presentados por el documento, analizarlos y definir si aplicaban directamente o si era necesario realizar algunas modificaciones para adaptarlo a la perspectiva del servicio.

4. ANÁLISIS Y ESPECIFICACIÓN (DOCUMENTO DE REQUISITOS DE USUARIO)

El documento de requerimientos de usuario se debe realizar en conjunto con el cliente. Con este fin se concretaron reuniones con el jefe del servicio técnico en las que se establecieron las características que debía contener el sistema informático, la información que debía almacenar y los procesos que debía automatizar. La información se organizó en el documento de requisitos de usuario que luego fue presentado y validado con el Jefe del departamento. Debido a su relevancia para las etapas posteriores, se utilizó el estándar de la IEEE para la especificación de requisitos, de manera de evitar la omisión de información relevante.

5. ELABORACIÓN DE UN MODELO DE FUNCIONES

Los requisitos funcionales y no funcionales descritos en el documento de requerimientos, se organizaron y agruparon según sus características para modelar el sistema a implementar basándose en un modelo de funciones. Este modelo describe al sistema como un listado de funciones principales, que luego se dividen en subfunciones para explicar detalladamente el funcionamiento que deberá tener el programa informático. El modelo se complementó con el documento de la OMS y las características de los CMMS estudiados en el Estado del arte.

6. ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA DE BASES DE DATOS

En la elaboración del diagrama de conexión de la base de datos se utilizó el programa MySQL workbench. El motivo de su uso es que luego de creado el modelo permite exportarlo y crear la base de datos directamente para ser administrada. Las tablas componentes de la base de datos, fueron definidas a partir del modelo de funciones, creando tablas específicas para cada subfunción. Los campos se definieron complementando los requerimientos del cliente con conocimientos de ingeniería clínica respecto de la gestión de equipamiento médico, y utilizando como guía el documento de la OMS Sistema computarizado de gestión del Mantenimiento.

La mayor dificultad al momento de realizar un diagrama de conexión de base de datos es considerar todos los campos necesarios, y las relaciones entre ellos, para lo cual es imprescindible que el modelo de funciones del sistema esté bien definido.

7. SEGMENTACIÓN DEL MODELO EN MÓDULOS PARA SER IMPLEMENTADOS.

Para implementar la solución, el sistema se diseñó de manera modular. Las tablas y funciones se agruparon finalmente en los diversos módulos que componen un CMMS (tanto los requeridos por el cliente como los especificados en el documento de la OMS y los estudiados en el Estado del Arte). Estos módulos serían construidos a manera de prototipo y validados con el cliente. Se debió definir el orden de implementación de los módulos, para lo cual se utilizó como guía el modelo de relaciones de la base de datos. El orden se estableció dando prioridad en el desarrollo a aquellos módulos que contuvieran información relevante para otros.

8. DESARROLLO DE LOS PROTOTIPOS

La programación de los prototipos se hizo en lenguaje php, seleccionado por su mayor documentación en la web y con una base de datos SQL, compatible con las existentes en la empresa. Los prototipos fueron desarrollados en el orden establecido en el punto precedente, y siguiendo las especificaciones del documento de requerimientos de usuario.

9. EVALUACIÓN CON EL CLIENTE

Una vez que un módulo fue terminado, se establecían reuniones para el análisis del cliente. De manera de probar el sistema se introdujeron datos reales a la base de datos. El cliente durante la prueba del sistema realiza comentarios respecto de las funciones que desea agregar o modificar y características de la interfaz diseñada. Estas consideraciones son registradas para posteriormente agregar modificaciones al prototipo. Una de las principales ventajas para la realización de las evaluaciones es la disponibilidad y contacto frecuente con el cliente, además de su interés por el sistema. Esta situación facilitó el agendamiento de las reuniones, además de la seriedad y relevancia de las observaciones realizadas a los prototipos. Un cliente con poco interés y disponibilidad dificultaría la aplicación de la metodología por prototipos.

10. MODIFICACIÓN

Antes de seguir con la implementación de otros módulos, se aplican las modificaciones a los previamente evaluados. En la metodología usada los prototipos no fueron desechados, sino que fueron modificados, debido a que el conocimiento en el área de equipos médicos permitió crear módulos funcionales apropiados para las necesidades de la empresa.

11. UNIFICACIÓN DE LOS MÓDULOS VALIDADOS

Cuando todos los módulos fueron validados, se terminaron los aspectos globales del sistema e interfaz y se realizó una última validación con el cliente, validando el prototipo en una versión alfa.

12. IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DESEMPEÑO

Por causas externas al equipo de trabajo el prototipo validado y terminado no se pudo implementar. Se establecieron nuevas políticas en la empresa, en las cuales se hace obligatorio el uso del sistema CMR con su extensión al servicio técnico. Además existió un cambio del jefe de Servicio Técnico, quien fue el cliente que solicitó el sistema. Por este motivo no se pudo realizar la validación de la plataforma en versión Beta, que incluye el análisis de desempeño de la plataforma con datos reales y con la información completa almacenada en la base de datos.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

RESULTADOS OBTENIDOS

La presente sección corresponde a la descripción detallada de los resultados obtenidos y el logro de los objetivos establecidos tras la aplicación de la metodología planteada.

Prototipo de
CMMS para la
gestión de
equipos médicos
27

1. INVESTIGACIÓN PRELIMINAR: CUANTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y ANÁLISIS DEL DOCUMENTO DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD

El estudio para la cuantificar las consecuencias de la ineficacia e ineficiencia en el manejo de la información, abarcó dos aspectos principales: tiempo invertido en la realización de documentos y el dinero perdido o no percibido, tanto por la empresa como por sus clientes. El estudio se encuentra en el ANEXO 3, y, en conclusión, sus resultados justifican la implementación de una plataforma informática que apoye la gestión de la información de manera de revertir las situaciones negativas, evitar las pérdidas monetarias y optimizar los tiempos del personal.

Luego de justificar la necesidad de la plataforma, se debió comprobar si la empresa posee las herramientas necesarias para su implementación o los recursos para adquirirlos. El estudio de factibilidad técnica presentado en el ANEXO4 indica que existen los componentes necesarios para la implementación y óptimo funcionamiento del sistema informático.

Finalmente, el resultado más relevante de esta etapa es el análisis del documento “*Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento*”, publicado por la OMS el año 2012, el cual permitió la adaptación de las características de un CMMS para dirigirlos al servicio de mantenimiento de equipos médicos de una empresa externa. La tabla siguiente presenta las principales observaciones realizadas como resultado del estudio, el análisis completo se encuentra en el ANEXO5.

Módulos sugeridos	Observaciones
Inventario de Equipos	Aplica. El sistema debe registrar y almacenar la información de los equipos que han sido vendidos a cada cliente.
Inventario y gestión de repuestos	Aplica, la actualización de la base de datos se realiza en base a la información entregada por el área de bodega. Aplican también los reportes sugeridos: Aviso al usuario cuando se alcancen niveles mínimos de existencias de piezas concretas; Frecuencia de sustitución de piezas, enumeración de piezas necesarias según tipo de equipo, Información acerca del consumo de piezas reutilizadas.
Mantenimiento preventivo planificado	Aplica, pero cabe destacar que el mantenimiento preventivo debe ser solicitado por la institución de salud que posee los equipos. En caso de tener convenios de mantenimiento se pueden sugerir fechas.
Mantenimiento correctivo	Aplica completamente
Gestión de contratos	Aplica, sin embargo, debe hacerse desde el punto de vista de la empresa: Mantener seguimiento de todos aquellos clientes con los cuales se tiene un contrato de mantención.

Tabla4. Módulos del CMMS sugeridos por la OMS y las observaciones para adaptarlo a un servicio de mantenimiento externo de equipos médicos. Fuente: Elaboración propia.

Pantallas e informes	Observación
Interfaz de ingreso de datos	Aplica
Pantalla de historial del equipo	Aplica
Resumen de inventario, mantenimiento, ordenes de trabajo, repuestos y costos	Aplica
Capacidad de exportación de informes generados	Aplica

Tabla5. Pantallas e informes sugeridos por la OMS y las observaciones para aplicarlos a un servicio de mantenimiento externo de equipos médicos. Fuente: Elaboración propia.

2. ANÁLISIS Y ESPECIFICACIÓN: DOCUMENTO DE REQUISITOS DE USUARIO.

En reuniones con el jefe de servicio técnico se establecieron las siguientes funciones que el sistema informático debe poseer:

Función	Descripción
Identificación de usuario	El usuario deberá ingresar su Identificación y contraseña para acceder al sistema.
Ingresar Llamado	Cuando un cliente llama o realiza una petición, el sistema debe brindar la posibilidad de ingresar los datos del llamado tales como fecha, contacto, motivo de llamado, entre otros datos que serán detallados en secciones posteriores.
Registrar entrada de equipo	Al ingresar un equipo al servicio técnico para su evaluación y reparación, se debe poder generar una guía de ingreso con los datos del equipo y de la persona que lo recibe.
Asignar Tareas	Los llamados, órdenes de compra, e ingreso de equipos, generan tareas que deben ser realizadas. Estas tareas pueden ser asignadas a un técnico, o grupo de técnicos en específico, y establecer la fecha o tiempo límite de realización.
Consultar estado de las Tareas	Es necesario que se muestren las tareas pendientes. Existen tres estados posibles para las tareas: Abierto, Cerrado o Incompleto
Asignar equipo a cliente	Cuando un equipo es otorgado a un cliente (sea en back up, demostración o pasa a ser propiedad del cliente) es necesario registrar la fecha, fecha de garantía, accesorios con que se entrega y funciones habilitadas, además de la información relevante del equipo y el número de pedido correspondiente.
Agregar reparación	El usuario registra las intervenciones y observaciones realizadas al equipo de un cliente específico en su hoja de vida, además de las observaciones pertinentes respecto de la garantía.
Ingresar/modificar estado del equipo	El programa debe permitir registrar si el equipo está en garantía, si la ha perdido por vencimiento o por negligencia de usuario, si el equipo es propiedad del cliente, está en back up, o en demostración o se encuentra en servicio técnico. Importante es registrar la fecha en que las

	actualizaciones de la información son realizadas.
Modificar utilización de repuestos	Una reparación, o mantenimiento puede utilizar repuestos o accesorios. El programa debe permitir el registro del repuesto utilizado, la serie del equipo en que se incorporaron, la cantidad, fecha y persona que los solicitó.
Ver/modificar hoja de vida de los equipos	Para cada equipo almacenado en la base de datos y asignado a un cliente se debe mantener un control de las mantenciones realizadas, fallas reportadas, repuestos utilizados en él, fechas de compra, importación, garantías, en resumen, la información que permita hacer un seguimiento del comportamiento del equipo durante su vida útil y motivos de baja.
Registrar actividades de los técnicos	El sistema permitiría el ingreso diario de las actividades realizadas por cada técnico, en el horario realizado.
Filtrar datos, buscar	El usuario debe poder ingresar, en un campo para búsqueda, atributos asociados a la información almacenada. El sistema debe mostrar los resultados coincidentes. Se pretende aplicar la mayor cantidad de filtros que sea posible, de manera de una mejor visualización de la información relevante para el usuario.
Anexar documentos	A la hoja de vida de los equipos o información del cliente se podrán asociar documentos tales como órdenes de compra, informes técnicos, presupuestos asociados y otros. Se podrán anexar datos en formatos de imagen, Word, o pdf.

Tabla6. Descripción de los requisitos funcionales del sistema. Fuente: Elaboración propia.

EL documento de especificación de requerimientos se encuentra en el ANEXO6.

3. DISEÑO: MODELADO DEL SISTEMA

Basados en el documento de requerimientos, y complementándolo con el análisis realizado al documento de la OMS y los módulos ofertados actualmente por los CMMS en el mercado, se generó el modelo de funciones del sistema, el cual se compone de las funciones y sus subfunciones que realiza la plataforma. El orden de implementación, las funciones y subfunciones se resumen en la siguiente tabla. El análisis completo se encuentra en el ANEXO7A.

Orden	Función	Subfunciones
1°	Identificación de usuario	Ingresar usuario y contraseña, crear nuevo usuario.
2°	Manejo de las bases de datos de clientes	Agregar cliente, buscar cliente, asignar equipo al cliente, actualizar datos
3°	Manejo de las bases de datos de equipos	Iniciar equipo, Buscar equipo, ingresar/modificar estado del equipo, ver/modificar hoja de vida de los equipos, registro de eventos, actualizar datos, mantenimiento correctivo y preventivo

4°	Petición de repuestos y accesorios	Revisar stock, solicitar repuestos, devolver repuestos, recepción conforme de repuestos
5°	Manejo de registro de llamados de los clientes	Ingresar llamados, consultar llamado, actualizar datos, controlar estado de los llamados, generar tarea pendiente.
6°	Manejo de actividades de los equipos	Recepcionar equipo, preparar equipo, realizar upgrade de equipo
7°	Asignar Tareas	Ingresar tarea pendiente, control de cargas de trabajo, asignación de tareas, control de tareas asignadas.
8°	Control de reparaciones	Modificar utilización de repuestos, registrar en la hoja de vida del equipo, revisar stock.
9°	Visita a terreno	Asociar llamado, agendar visita, ingresar actividades técnicas.
10°	Control de presupuestos	Revisión del estado de los presupuestos, generar presupuesto, consultar presupuesto.
11°	Gestión de contratos	Iniciación de contratos, establecimiento de periodicidad de los equipos, control de las próximas mantenciones preventivas por agendar
En todo el proceso	Otras funcionalidades	Filtro y búsqueda de datos, registros históricos, anexas documentos, registrar entrada de equipos, actualizar stock.

Tabla7. Descripción de las funciones, subfunciones y orden de implementación. Fuente: Elaboración propia

El modelado de la base de datos compuesta por las tablas y campos que permiten darle las funcionalidades al sistema, se encuentra en el ANEXO7 B. La planificación de las actividades se encuentra en el ANEXO7 C.

4. PROTOTIPADO: SOFTWARE VERSIÓN ALFA VALIDADO.

Finalmente, la especificación y diseño logrados en las etapas previas se plasmaron en la programación de la plataforma. Se realizó una aplicación web programada en lenguaje Php, HTML y JavaScript cuya visualización es posible en cualquier navegador web. La descripción de las herramientas informáticas, el diagrama de interacción de estas y la descripción del modelo cliente servidor se encuentran en el ANEXO8.

Las funciones definidas conformaron los 7 módulos desarrollados, los cuales se describen a continuación:

a. Módulo de inventario de equipos

El módulo de inventario de equipos le da al usuario la posibilidad de ingresar, almacenar y revisar información respecto de los equipos que ha comercializado a sus clientes. Permite hacer seguimiento de los equipos a los que, según contrato, les corresponde la realización de mantenimiento preventivo. Contiene el historial del equipamiento, que almacena información desde que el equipo comienza a ser preparado para su venta al cliente incluyendo todas aquellas intervenciones técnicas que ocurran durante su vida útil, costos asociados, protocolos de

mantenimiento, análisis de seguridad eléctrica y repuestos utilizados. La búsqueda de información puede realizarse mediante serie, cliente o tipo de equipo.

b. Módulo de mantenimiento:

El módulo de mantenimiento preventivo realiza sugerencias respecto de los equipos que deben mantenerse, el listado se actualiza por mes y se muestra organizado por cliente. Las mantenciones no generan automáticamente una orden de trabajo debido a que deben ser solicitadas por el cliente. Éste módulo permite realizar la coordinación de las mantenciones de manera proactiva, contactándose con los encargados de los equipos para agendar una o varias visitas a terreno para la realización de los mantenimientos. Permite el ingreso de documentos con los protocolos de mantenimiento por tipo de equipo. Una vez realizada las mantenciones preventivas, el sistema permite almacenar las observaciones y mantener un registro histórico de los documentos asociados, dando la posibilidad de almacenar en el sistema los procedimientos de mantenimiento realizados y el documento de análisis de seguridad eléctrica.

c. Módulo de gestión de órdenes de trabajo:

Este módulo permite la asignación de las tareas por realizar a los distintos técnicos. Presenta la evolución del desempeño de las tareas desde que son iniciadas, calcula el tiempo utilizado en terminirlas y al finalizarlas presenta la opción de ingresar información respecto de la tarea, tal como almacenar el informe técnico y describir las actividades realizadas.

d. Módulo de gestión de contratos:

Cuando un cliente solicita un contrato de mantenimiento de equipos, el módulo de gestión de contratos permite ingresar la información del cliente, el costo del contrato, la duración y las fechas de inicio de las mantenciones, además de ingresar las series de los equipos en contrato y la periodicidad acordada de MP. Cuando un equipo es vendido a un cliente se entrega con garantía, la cual es considerada como un tipo especial de contrato.

Éste módulo presenta una ventana para observar los contratos que están próximos a terminar y las mantenciones preventivas de los próximos meses.

e. Módulo de inventario y gestión de repuestos y accesorios:

El módulo de inventario y gestión de repuestos y accesorios permite al cliente conocer la cantidad de unidades que quedan disponibles en stock por tipo de repuesto o accesorio. Además, presenta una lista con los repuestos que presentan menor cantidad de unidades disponibles, para gestionar la reposición del stock.

Una de las principales funcionalidades es la de poder realizar pedidos a la unidad de bodega. El usuario selecciona los repuestos o accesorios necesarios para la reparación directamente desde la base de datos y el sistema genera un email direccionado al encargado de bodega que contiene el código de los productos solicitados, la cantidad de cada uno, técnico que los requiere y la tarea a la que está asociada al pedido. El sistema da la posibilidad de confirmar la cantidad recepcionada, ingresar los accesorios que quedaron pendientes y devolver stock a bodega, realizando un ajuste automático del nivel de existencias.

f. Gestión de clientes:

El módulo de gestión de clientes es importante para una empresa proveedora de equipos médicos. La gestión de la cartera de clientes se relaciona directamente con el inventario de equipos, ya que todos los equipos iniciados, vendidos, aquellos con contrato de mantenimiento, entregados en backup o en demostración son relacionados a un cliente. El sistema almacena el nombre del cliente, razón social, rut del cliente, dirección y una lista de contactos a cargo de los equipos médicos pertenecientes a la institución de salud “cliente” de la empresa.

g. Gestión de presupuestos.

El presupuesto es el documento en el que la empresa presenta a sus clientes el costo de las actividades de mantenimiento, de repuestos, de accesorios o equipos que comercializa. Para la realización de las mantenciones y reparaciones, la empresa debe esperar que el cliente responda el presupuesto aprobándolo con una orden de compra, por este motivo el downtime del equipamiento aumentará tanto como tarde el cliente en aprobar el presupuesto enviado. El módulo de gestión de presupuesto permite tener un control de los presupuestos enviados al cliente, mostrando con código de color el tiempo que el cliente ha tardado en la respuesta. Al llegar a los 30 días de enviado, la información del presupuesto se muestra de color rojo, de manera que la empresa se comunique con el cliente para presionar la respuesta o devuelva el equipo al cliente haciéndolo responsable del tiempo de paro de ese equipo.

Otra de sus funciones es la de permitir la gestión de la respuesta de los presupuestos, separándolas en aprobados, aplazados y rechazados. Para los presupuestos aprobados el sistema permite el almacenamiento de la orden de compra entregada por el cliente.

5. Validación de resultado

Para validar los resultados obtenidos se realizaron dos tipos de verificaciones. La primera verificación se realizó a nivel interno en la que se compararon las funcionalidades del sistema con las sugeridas en el documento *Sistema computarizado de gestión del mantenimiento* de la OMS (2012) y además se evaluó según los mismos criterios utilizados para el estudio de los CMMS ofrecidos en el mercado. Los resultados de esta validación interna se observan en el ANEXO9, e indican que la plataforma desarrollada cumple con la mayoría de las sugerencias realizadas por la Organización mundial de la salud para el desarrollo de CMMS, y además sus funcionalidades están a la altura de los CMMS comerciales para equipamiento médico que existen actualmente en el mercado.

La segunda verificación del sistema se realizó con el cliente, que dio como resultado una validación a nivel alfa del prototipo, esta validación incluyó al equipo de trabajo y al jefe de servicio técnico (quien solicitó y guió el desarrollo del CMMS) en un entorno controlado. En la validación y verificación se evaluó si el sistema finalizado cumple con los requerimientos funcionales y no funcionales establecidos al inicio del desarrollo del sistema, y si en general cumple con sus expectativas.

El sistema fue bien evaluado, y cumple con las expectativas del cliente. En el ANEXO10 se presenta el documento de validación del sistema, en que el cliente del sistema afirma que cumple con los requerimientos previamente establecidos.

CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

DISCUSIÓN

Para el diseño y construcción de la plataforma se utilizó como referencia el documento de “*Sistema computarizado de gestión del mantenimiento*” desarrollado por la OMS, ya que es una excelente herramienta como guía para la implementación de un CMMS de apoyo a la gestión de equipamiento médico. Este documento presenta funciones, tablas y campos que pueden utilizarse como referencia para seleccionar o desarrollar un CMMS e implementarlo en un servicio de mantenimiento interno a instituciones de salud.

Como este trabajo pretende abordar la problemática de la gestión de la información técnica y administrativa desde el punto de vista de un servicio técnico de equipos médicos externo, se realizaron algunas observaciones a las funciones en base al conocimiento provisto por el jefe del servicio respecto de los procesos de producción de una empresa proveedora de tecnologías sanitarias con un área de mantenimiento de equipos.

Las observaciones realizadas complementan el documento, con lo que se puede aplicar tanto los a servicios internos a instituciones de salud, como a los pertenecientes a empresas proveedoras y empresas de mantenimiento.

Para el modelado del sistema se consideraron 3 fuentes de información: El estudio de la oferta de funcionalidades realizado en el estado del arte, el documento de la OMS, y el documento de requerimientos establecidos con el cliente. Estos tres documentos le aportaron características al sistema que son una ventaja comparativa respecto de sus alternativas: Satisface las necesidades locales de la empresa para la cual fue desarrollado, su diseño permite el apoyo a la gestión de equipamiento médico en todo tipo de instituciones y además posee funcionalidades a la altura de sus similares del mercado.

El sistema no pudo implementarse finalmente, sin embargo, no fue por causa de los métodos empleados ni las capacidades del equipo de trabajo, sino a consecuencia de situaciones externas que no pudieron modificarse.

La metodología empleada, de desarrollo de software por prototipos, permitió el contacto constante del cliente con la plataforma construida. Por este motivo se pudieron validar los módulos uno a uno utilizando datos reales que fueron cargados en el sistema para evaluar el desempeño de cada prototipo tras su primera versión y mejorarlo según las observaciones del cliente.

Se puede afirmar que el sistema informático finalizado cumple con los requisitos funcionales solicitados por el cliente, sin embargo, hicieron falta pruebas de funcionamiento utilizando el software en su máxima capacidad, y con carga de datos reales. Por tanto, para completar la validación del sistema se debe implementar en marcha blanca y analizar su desempeño para generar las últimas modificaciones en caso de ser necesarias.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Es factible realizar un sistema informático de apoyo a la gestión del mantenimiento de equipos médicos para un servicio técnico externo. La importancia de su desarrollo radica en la necesidad presente a nivel global de colaborar en la gestión de tecnologías sanitarias, las cuales han aumentado en cantidad y complejidad.

Del estudio del estado del Arte, el análisis del problema, el levantamiento de requerimientos, y el documento Sistema computarizado de gestión del mantenimiento, se puede concluir que la funcionalidad más importante en un *CMMS* es el módulo de inventario de equipos, complementado con la hoja de vida de cada uno de éstos. Sin embargo, es necesario destacar que para una empresa externa con mantenimiento de equipos, el módulo de gestión de los clientes y su información es casi tan relevante como la gestión del inventario de equipos.

En base a las especificaciones establecidas se modeló y construyó el módulo de gestión e inventario de equipos y se asoció al módulo de gestión de clientes. Como parte de sus funcionalidades permite almacenar información de las mantenciones realizadas y anexar documentos técnicos que incluyen protocolos de mantenimiento y análisis de seguridad eléctrica. La información se recopila desde que el equipo es preparado para ser entregado al cliente, e incluye los costos asociados a las actividades de mantenimiento realizadas durante su vida útil y los repuestos utilizados. De esta manera se pueden generar registros históricos de apoyo a la toma de decisiones técnicas y administrativas, cumpliendo con el objetivo planteado.

Además de la gestión de inventario de equipos, y gestión de los clientes los otros dos módulos que conforman el núcleo de un *CMMS* son la gestión de órdenes de trabajo y gestión de mantenimiento preventivo y correctivo. El modelado de estas funciones incluyó la capacidad de generar órdenes de trabajo en base a requerimientos de mantenciones correctivas y sugerencias de mantenciones preventivas a realizar. Su implementación permitió generar un módulo con la capacidad de agendar fechas para la realización de las tareas, ingresar información respecto de las actividades de mantenimiento y almacenar documentos como el informe técnico, presupuestos enviados al cliente, órdenes de compra recibidas y checklist asociados.

Los tres módulos están integrados, y su información almacenada en una única base de datos que permite rescatar la información a través de la interfaz de usuario, contribuyendo en la disminución del tiempo invertido por el personal técnico y administrativo en la búsqueda de información y generación de documentos.

Módulos complementarios, que permiten facilitar el almacenamiento y manejo de la información corresponden a la gestión de presupuestos y a la gestión de inventario de repuestos y accesorios. Lo que estos módulos tienen en común es que permiten controlar el tiempo de downtime del equipamiento, desde dos ámbitos: la gestión de inventario de stock de repuestos permite gestionar la reposición del stock y tener disponibilidad de piezas al momento de ser necesarias para una reparación. Por otro lado, la gestión de presupuestos enviados al cliente permite disminuir los tiempos de espera por el documento de orden de compra, recordándole al cliente que debe enviar una respuesta antes de que se cumplan 30 días de realizado el presupuesto.

La plataforma utilizada, basada en un servidor web permite el ingreso al programa a través de cualquier dispositivo con acceso a internet y un navegador web, si se posee un usuario y contraseña validados. Esto incluye el acceso a la información a través de dispositivos móviles cuando los técnicos se encuentran en terreno.

Finalmente la mayor contribución corresponde al modelado, construcción y unificación de los módulos realizados según las especificaciones del cliente y considerando las sugerencias de la OMS, los cuales conforman un sistema de gestión de mantenimiento con funcionalidades similares a las ofrecidas por sus similares del mercado, pero diseñado exclusivamente para la gestión de equipamiento médico, y con uso orientado a instituciones externas a centros de salud. Los módulos correspondientes a inventario de equipos, gestión de repuestos, mantenimiento, gestión de contratos, gestión de órdenes de trabajo, análisis de costos y presupuestos y gestión de clientes, se unifican en una única base de datos, complementada con una interfaz de usuario que permite el acceso rápido a la información a través de cualquier dispositivo con conexión a internet, la creación de reportes y la visualización de datos que apoya la toma de decisiones contribuyendo así al manejo eficaz y eficiente de la información técnica y administrativa de la empresa que lo implemente.

El sistema está diseñado para ser utilizado en empresas externas a instituciones de salud, las cuales tengan a cargo el mantenimiento de equipamiento médico de las mismas. Sin embargo, si se quisiese utilizar en un departamento de mantenimiento interno debieran realizarse ajustes al módulo de gestión de presupuestos, el cual debiera cambiar su enfoque actual de generar un presupuesto para recibir una orden de compra por parte del cliente, a generar una orden de compra ante la recepción de un presupuesto por parte de un proveedor. El mismo enfoque debiera darse a la semántica utilizada en la interfaz, la cual utiliza vocabulario orientado a empresas externas proveedoras de servicio de mantenimiento. Por último, el módulo de mantenimiento preventivo debiera generar automáticamente la orden de trabajo para su realización, en contraste con la modalidad para servicio técnico externo que requiere de la confirmación del cliente.

Como trabajos futuros, debiera realizarse la validación de la versión Beta del sistema, su posterior implementación y marcha blanca, considerando que actualmente el prototipo se encuentra en una versión Alfa. Además podrían desarrollarse módulos complementarios como son el *Timecard* (ingreso de las actividades técnicas minuto a minuto), y enfocar el diseño de la interfaz a su uso para equipamiento médico sin distinguir entre unidades de mantenimiento internas y externas a una institución de salud.

CAPITULO VII: BIBLIOGRAFIA

Trabajo de
Título 2
2013- 1

36

BIBLIOGRAFÍA

- CMMS consultorias y servicios. (16 de Marzo de 2012). *Sysman sistema de gestión de labores de mantenimiento*. Recuperado el 9 de junio de 2013, de <http://www.softwaredemantenimiento.cl/>
- Departamento de informática Universidad de Valladolid. (2006). *El modelo cliente servidor*. Recuperado el 20 de Agosto de 2013, de http://www.infor.uva.es/~fdiaz/sd/2005_06/doc/SD_TE02_20060305.pdf
- Educarchile Chile. (s.f.). *Educarchile Chile*. Recuperado el Junio de 2013, de www.educarchile.cl
- FONASA. (22 de Julio de 2013). *Aranceles de libre elección*. Recuperado el 28 de Julio de 2013, de <http://200.51.172.210/sv/valoriza.asp>
- Health Products and Food Branch Inspectorate. (1 de Abril de 2012). *Health Canada*. Recuperado el Junio de 2013, de <http://www.hc-sc.gc.ca/index-eng.php>
- IBM. (Marzo de 2010). Recuperado el 9 de Junio de 2013, de <http://www-03.ibm.com/software/products/cl/es/maximoassetmanagement/>
- International Standard. (2008). *ISO/IEC 12207: Systems and software engineering- Software life Cycle Processes*.
- Lawrence, S. (2002). *Ingeniería de Software: Teoría y práctica*. Prentice Hall.
- Macrobit. (2013). www.macrobit.cl. Recuperado el 10 de Julio de 2013, de <http://www.macrobit.cl/documentos/ELINEPRO%20-%20INFORME%20EJECUTIVO.pdf>
- Normas ISO. (s.f.). *Normas ISO*. Recuperado el 5 de Junio de 2013, de <http://www.normas-iso.com/iso-27001>
- Organización Mundial de la Salud. (2012). *Introducción a la gestión de Inventario de Equipos Médicos*.
- Organización Mundial de la Salud. (2012). *Introducción al programa de mantenimiento de Equipos médicos*.
- Organización Mundial de la Salud. (2012). *Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento*.
- Peña, D. (2003). *La gestión de calidad en el proceso de servicios de postventa*.
- Rodríguez Denis, E. (2003). *Ingeniería Clínica*.
- Sistemas Médicos Ltda. (2010). *Sistemas medicos Ltda*. Recuperado el 9 de Junio de 2013, de <http://www.smedicos.cl/>
- Subsecretaría de redes Asistenciales. (19 de Marzo de 2009). Subsecretaria de redes Asistenciales Aprueba los estándares Generales que indica el sistema de acreditación para prestadores institucionales de salud. *Diario Oficial*.
- Superintendencia de Salud. (2009). *Pauta de cotejo, Manual de Atención cerrada*.
- Ted Cohen, N. C. (2004). Computerized Maintenance Management System. En J. F. Dyro, *Clinical Engineering Handbook* (págs. 124-130).
- Universidad de Colima. (s.f.). *Universidad de Colima*. Recuperado el 20 de Agosto de 2013, de http://docente.ucol.mx/sadanary/public_html/bd/cs.htm#_Modelo_En_Dos_1

ANEXOS

Prototipo de
CMMS para la
gestión de
equipos médicos
37

ANEXO 1: ESTUDIO A LOS CMMS PRESENTES EN EL
MERCADO

A. ESTUDIO DE SISTEMAS DE GESTIÓN DEL
MANTENIMIENTO COMERCIALES PARA USO
GENERAL

1. ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS CMMS OFRECIDOS ACTUALMENTE EN EL MERCADO

Para conocer qué es lo que se ofrece actualmente en materia de sistemas informáticos de apoyo a la gestión del mantenimiento, se realizó un estudio a 13 CMMS comerciales listados en el documento de la OMS Sistemas informáticos de gestión del Mantenimiento. Los CMMS estudiados y sus respectivas páginas web, de donde se extrajo la información analizada, se encuentran en la tabla siguiente:

CMMS	Proveedor	Página Web
Azzier	Tero	www.azzier.com
Proteus	Eagle	www.eaglecmms.com
Aims	Ecri	www.ecri.org.uk/ecriaims/index.html
Site Fm CMMS	Site Fm	www.sitefm.com/
Ises Corp CMMS	ISES corporation	www.isescorp.com/
Maintenance connection Web-Based CMMS Software	Maintenance connection	www.maintenanceconnection.com
MicroMain Maintenance Healthcare	Micromain	www.micromain.com
Mpulse maintenance Software	Mpulse	www.mpulsesoftware.com
CMMS for hospital	Peak industrial solutios	www.cmms4hospitals.com/
Asset Enterprise	St. Croix Systems Corporation	www.stcroixsystems.com/
Mainboss	Thinkage Ltd	www.mainboss.com
TMA system CMMS	TMA Systems	www.tmasystems.com/
Maintenance assistant CMMS	Maintenance assistant Inc.	www.maintenanceassistant.com/

Tabla A1. Listado de CMMS analizados, su proveedor y página web. Fuente: OMS, "Sistema computarizado de gestión del mantenimiento", 2012.

Los puntos comparados se clasificaron en 3: funciones, módulos, y aspectos no funcionales. Se obtuvieron agregando las características que presentaba cada CMMS estudiado y complementándolos con los sugeridos en el documento de la OMS.

La Tabla A3 presenta la comparación de las características mencionadas. Los CMMS se presentan en el siguiente orden:

CMMS	CMMS
1 Tero	8 Mpulse software
2 Proteus	9 CMMS for hospital
3 Ecri Aims	10 Asset Enterprise
4 Site fm	11 Mainboss
5 Ises corp.	12 TMA System
6 Maintenance Connection	13 Maintenance Assistant
7 Micro Main Maintenance Healthcare	

Tabla A2. Listado de CMMS estudiados.

Características	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total	%
Funciones															
Ingreso desde dispositivos móviles	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	12	92
Ingreso de rutinas de mantenimiento	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X		10	77
Planificación y calendarización del mantenimiento preventivo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13	100
Envío de OT al mail	X	X	X		X	X	X	X				X	X	9	69
Ingreso de Factor de riesgo			X	X			X							3	23
Ubicación detallada de los equipos	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X	10	77
Timecards	X					X								2	15
Reportes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13	100
Monitoreo de actividades de mantenimiento	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	92
Administración del software(configuraciones)	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	11	85
Códigos y procedimientos	X				X	X	X	X	X	X			X	8	62
Módulos															
Gestión de Ordenes de trabajo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13	100
Módulo de mantenimiento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13	100
Inventario de Equipos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13	100
Gestión de inventario de repuestos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13	100
Historial del equipo	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	11	85
Información de proveedores	X	X	X	X			X	X	X	X	X		X	10	77
Gestión de Contratos de servicio		X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	10	77
Análisis de costos y presupuestos	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	11	85
Aspectos no funcionales															
Exportación de información			X			X	X				X		X	5	38
Seguridad de los datos			X			X					X			3	23
Implementación		X				X			X					3	23
Capacitación		X				X	X		X		X		X	6	46
Servicio de postventa		X	X	X		X					X			5	38
Ingreso diferenciado						X		X			X			3	23

Tabla A3. Análisis de los componentes ofertados por los CMMS del mercado. Fuente: Elaboración propia.

La información respecto de cada característica evaluada se puede observar en el siguiente gráfico.

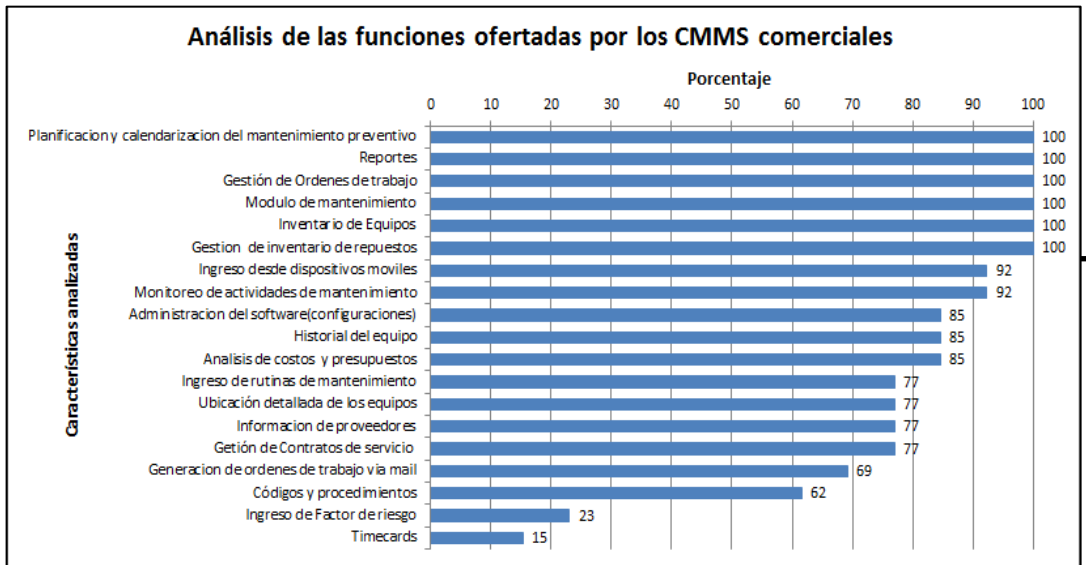


Figura A1 comparación de la oferta actual del grupo de CMMS analizando los distintos módulos y funciones. Fuente: Elaboración propia.

Trabajo de
Título 2
2013- 1

B. ESTUDIO DE SISTEMAS DE GESTIÓN DEL
MANTENIMIENTO COMERCIALES ORIENTADOS
AL APOYO DE LA GESTIÓN DE EQUIPAMIENTO
MÉDICO

De los 13 CMMS evaluados, 6 correspondían a Sistemas orientados al apoyo de la gestión de equipamiento médico. Por lo que se realizó un análisis de las características que presentaba este grupo particular de CMMS.

La siguiente tabla indica los CMMS orientados a EM.

Orden	CMMS	Orden	CMMS
1	Ecri Aims	4	CMMS for Hospital
2	Site Fm	5	Asset Enterprise
3	MicroMain Maintenance Healthcare	6	TMA system

TablaA4. CMMS orientados a la gestión de equipamiento médico (EM).

Características	1	2	3	4	5	6	total	%
Ingreso desde dispositivos móviles	X	X	X	X	X	X	6	100
Ingreso de rutinas de mantenimiento	X	X	X	X	X	X	6	100
Planificación y calendarización del mantenimiento preventivo	X	X	X	X	X	X	6	100
Gestión de inventario de repuestos	X	X	X	X	X	X	6	100
Gestión de órdenes de trabajo	X	X	X	X	X	X	6	100
Módulo de mantenimiento	X	X	X	X	X	X	6	100
Inventario de Equipos	X	X	X	X	X	X	6	100
Ubicación detallada de los equipos	X	X	X	X	X	X	6	100
Historial del equipo	X	X	X	X	X	X	6	100
Reportes	X	X	X	X	X	X	6	100
Gestión de contratos de servicio	X	X	X	X	X	X	6	100
Monitoreo de actividades de mantenimiento	X		X	X	X	X	5	83
Administración del software (configuraciones)	X	X	X	X		X	5	83
Información de proveedores	X	X	X	X	X		5	83
Análisis de costos y presupuestos	X	X	X	X	X		5	83
Generación de órdenes de trabajo vía mail	X		X			X	3	50
Ingreso de Factor de riesgo	X	X	X				3	50
Códigos y procedimientos			X	X	X		3	50
Reporte y monitoreo de las actividades de mantenimiento			X			X	2	33
Timecards							0	0

Tabla A5. Análisis de los componentes ofertados por los CMMS del mercado diseñados para el apoyo a la gestión de equipamiento médico. Fuente: Elaboración propia.

El siguiente gráfico resume la oferta del grupo analizado por cada característica evaluada.

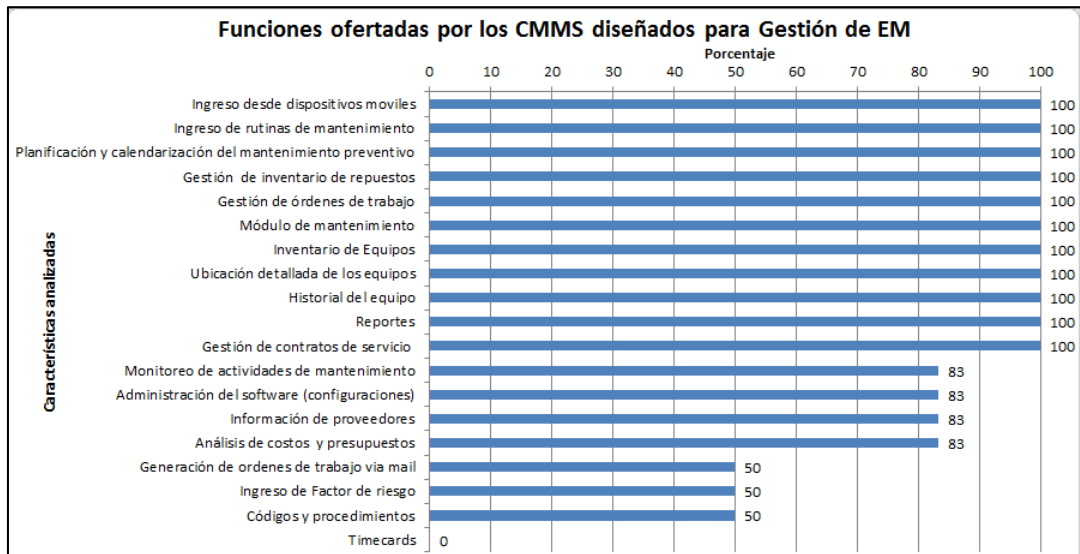


Figura A2. Comparación de la oferta actual del grupo de CMMS orientado a EM analizando los distintos módulos y funciones. Fuente: Elaboración propia

C. ESTUDIO DE SISTEMAS DE GESTIÓN DEL
MANTENIMIENTO GRATUITOS

Prototipo de
CMMS para la
gestión de
equipos médicos
45

1. Mantra

Dirección: <http://www.bmstech.com/mantra/>

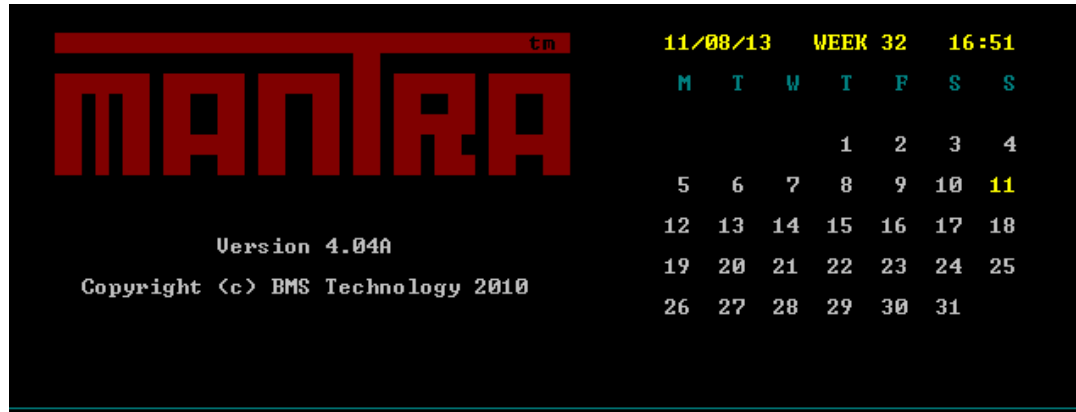


Figura A3. Interfaz de CMMS Mantra. Fuente: Imagen obtenida de la interfaz de usuario de la plataforma.

Descripción:

CMMS gratuito que puede descargarse desde el link mencionado.

Sus especificaciones, encontradas en la página, indican lo siguiente:

“Permite un inventario de los activos y clasificarlos por área. Para incluir mayor información de los activos debe implementarse otro módulo complementario. Permite hacer cálculos y reportes de los datos almacenados.

Posee un módulo de agendamiento del mantenimiento y calendarización de las actividades escogiendo los intervalos de tiempo entre las manteniones, además se puede ingresar información de las reparaciones y generar un historial de las mismas.”

Características observadas:

Se descargó la interfaz para evaluarla. Sin embargo, tras instalarlo y colocar los documentos que los desarrolladores envían vía mail, solicita otro documento que no se encuentra en la página.

Lo que se pudo observar es que es un interfaz basado en DOS que no permite el ingreso desde dispositivos móviles.

2. Aware

Página web: <http://www.pninc.com/maint/aware.htm>

Según su descripción está diseñado para medir la productividad del equipo de mantenimiento.

Para utilizarlo requiere la previa instalación de Java JDK 1.4 runtime environment, MySQL v3.23.54 SQL data base server, J2EE servlet container, Application Server with Tomcat v1.4.12, (Optional) the Apache web.

Sus principales funciones son la medición de la productividad, establecimiento de metas de producción y medición del progreso.

Está compuesto por sólo 3 módulos: Auditoría de la producción, Normas de mantenimiento de Ingeniería, y control de reportes. No está orientado a la gestión del mantenimiento de equipos médicos.

3. Maintenance Parts Bin.

Página web: <http://www.nhuntsoftware.biz/tutorial.htm>

Su principal característica es que ha desarrollado solo el módulo de manejo de inventario. Permite inventariar, importar información desde Excel, tener un control de los productos con un sistema de código de barras, calcular el stock y crear órdenes de compra. No desarrolló módulos de mantenimiento de equipos, ni gestión de las órdenes de trabajo, que corresponden al núcleo de los CMMS, ni otras funcionalidades además del manejo del inventario.

La plataforma no permite el ingreso a través de la web, pero si permite entradas múltiples al sistema.

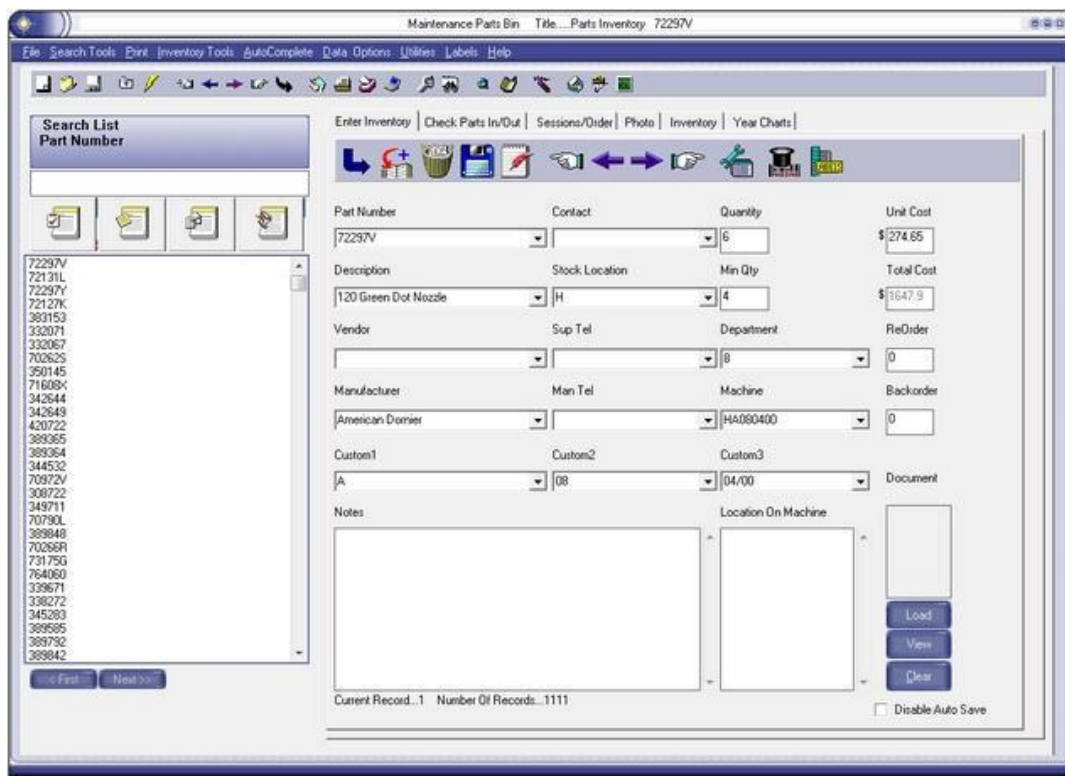


Figura A4. Interfaz del CMMS Maintenance Parts Bin. Fuente: Imagen obtenida de la interfaz de usuario de la plataforma.

4. Free CMMS

Página: <http://free-cmms.sourceforge.net/>

Free CMMS es un CMMS de aplicación web, el cual es gratis de usar y se es libre de modificar su código.

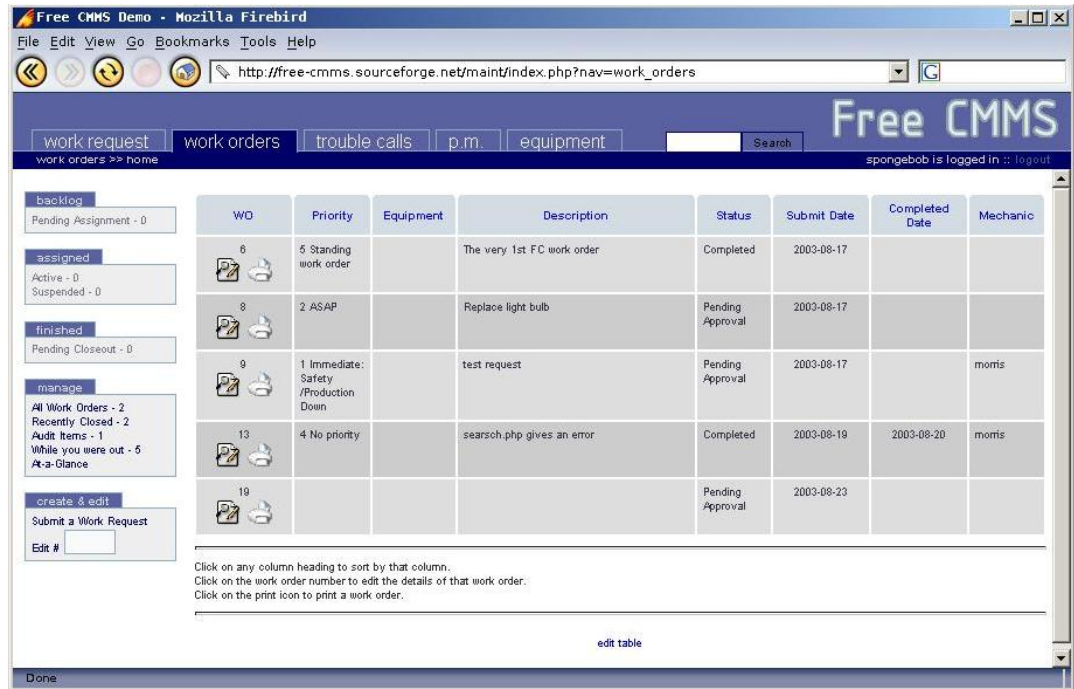


Figura A5. Interfaz del CMS free CMMS.

Sus funciones incluyen requerimientos de trabajo, gestión de órdenes de trabajo, llamados de los clientes, mantenencias preventivas e inventario de equipos. Es uno de los CMMS gratuitos más completos encontrados en el estudio.

ANEXO2: ARBOL DE PROBLEMA

Prototipo de
CMMS para la
gestión de
equipos médicos
49

Problema: Causas y consecuencias

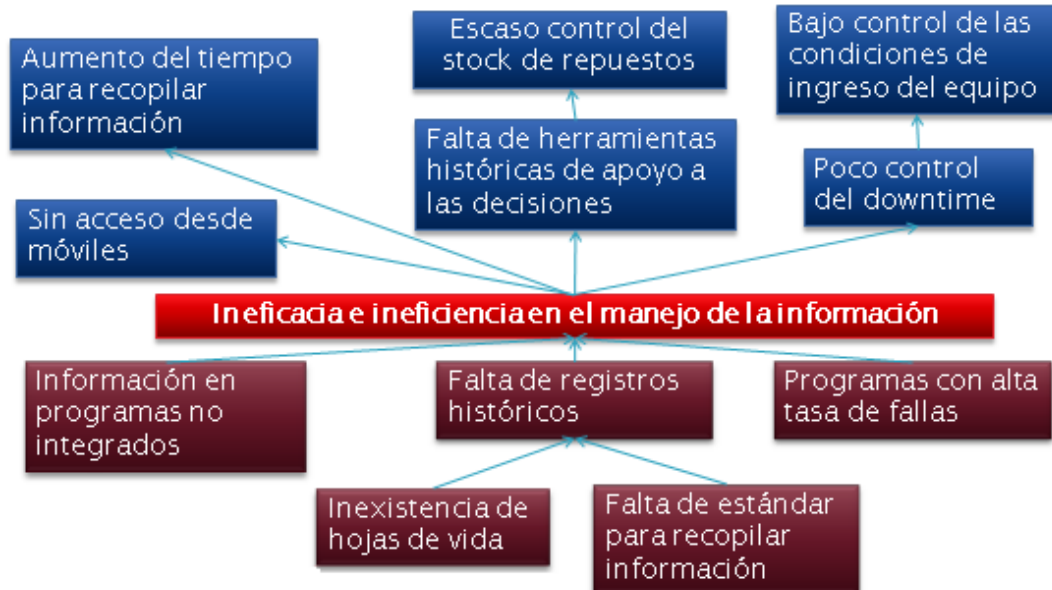


Figura A6. Árbol del problema. Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO3: ESTUDIO DE CUANTIFICACIÓN DEL
PROBLEMA**

Prototipo de
CMMS para la
gestión de
equipos médicos
51

TIEMPO INVERTIDO EN LA REALIZACIÓN DE DOCUMENTOS Y BÚSQUEDA DE INFORMACION.

Para cuantificar el tiempo que se invierte en la recopilación de documentos se estudió la situación haciendo uso de los sistemas existentes, y observando el trabajo del personal. Debido a la alta tasa de fallas, el tiempo en realizar un documento es relativo. Al momento de utilizar el sistema para realizar e imprimir un documento de despacho, el tiempo empleado fue de un promedio de 10 minutos. Este documento incluye sólo 3 ámbitos: información del equipo que se está despachando, del cliente a quien se dirige y un valor estimativo de la carga enviada. Para documentos más complejos, el tiempo utilizado oscila entre 15-30 min.

Se puede concluir que por cada 10 min invertidos diariamente en la realización de documentos se pierden 5 días laborales en un año, por tanto mientras menor sea el tiempo invertido, menores serán las pérdidas.

COSTO DE LOS ACCESORIOS CON MAYOR REPOSICIÓN

Los equipos que más frecuentemente ingresan al servicio técnico corresponden a monitores de signos vitales y monitores multiparamétricos. Los accesorios que más comúnmente deber reponerse al cliente por pérdida, confusión u olvido, y sus precios de venta se encuentra en la siguiente tabla:

Accesorios	Valor
Cable troncal ECG mas cable de 5 derivadas	\$88.000
Cable interfaz SPO2	\$65.000
Sensor SPO2	\$90.000
Manguera y Brazalete NIBP	\$38.500

TablaA6. Precio de los accesorios que más comúnmente se reemplazan, Fuente: Mercado público.

ESTUDIO DE INGRESOS QUE DEJA DE PERCIBIR UN HOSPITAL POR CADA DIA DE DOWNTIME

El siguiente análisis tiene por objetivo cuantificar el dinero que la institución de salud deja de percibir por cada día de downtime de un equipo médico.

Para realizar el cálculo se utilizó como referencia los valores de las prestaciones indicadas en <http://200.51.172.210/sv/valoriza.asp>, página de consulta de aranceles FONASA. Los indicadores de rendimiento y disponibilidad de las instalaciones, se obtuvieron de Guía metodológica para estudios de pre inversión hospitalaria (EPH), desarrollada por el Ministerio de salud el año 2001. Este estudio clasifica los equipos en 6 Tipos:

TIPO 1: Un equipo por Unidad o Servicio Hospitalario

TIPO 2: Un equipo por Módulo de Atención (Box, Cubículo, Cama, Puesto o Sala de Operaciones)

TIPO 3: Al menos 1 equipo por unidad o servicio hospitalario; cifras superiores dependen de la demanda

TIPO 4: Al menos 1 equipo por módulo de atención; cifras superiores dependen de la demanda

TIPO 5: La existencia del equipo depende de una evaluación de oferta/demanda

TIPO 6: Dimensionamiento según Guía o Norma correspondiente

- **Electrocardiógrafo**

Equipo Tipo 4, el box de cardiografía debe tener al menos uno para realizar los exámenes de electrocardiografía.

Disponibilidad del box de cardiografía: 8 horas diarias, rendimiento del box de cardiología: 4 consultas/hora.

En un día se pueden llegar a realizar 32 electrocardiografías. En la guía se sugiere realizar los cálculos en un 80% de ocupación, por lo que un estimado de exámenes realizados es de 25 exámenes.

El valor fonasa nivel 3 de un examen de electrocardiografía es de \$7.730.- Por lo que en un día se deja de percibir **\$193.250**.

- **Ecotomógrafo**

Equipo tipo 4, disponibilidad del box de exámenes: 8 horas diarias, rendimiento del box: 4 consultas/hora, con un 80% de uso, son 25 exámenes.

En ecografías obstétricas el valor del examen es de 4490 para un establecimiento nivel 1 y 7900 para uno nivel 3, por lo que las pérdidas van entre \$112250 – \$197500

Para Eco tomografía abdominal, el precio del bono varía entre \$18.140 y \$29.020 para nivel 1 y 3 respectivamente, dejando de percibir \$453.500- \$725.500.

- **Lámparas y mesas Quirúrgicas**

Las lámparas y mesas quirúrgicas son equipos tipo 4. En caso de que una lámpara o mesa quirúrgica deje de funcionar, no se pueden llevar a cabo las intervenciones quirúrgicas.

Los indicadores para Intervenciones Quirúrgicas mayores son las siguientes:

Disponibilidad diaria: 8 horas, Rendimiento: 0,5 intervenciones/hora. Por lo que en condiciones ideales se pueden realizar 4 intervenciones en una jornada. Considerando el 80%, da un total de 3 intervenciones por día.

El costo promedio de las intervenciones quirúrgicas más comunes es de: 1.170.827, por lo que la pérdida asciende a un valor de \$3.512.481.

- **Camas de pacientes y Monitores multiparamétricos**

En una UCI, las camas de pacientes y los monitores multiparámetros son equipos que deben estar presentes para poder prestar el servicio. Las pérdidas monetarias por la falta

de disponibilidad corresponden a un día cama. El valor de día cama para fonasa es de \$5.610, en cambio en instituciones privadas es de \$523.207 en promedio.

El estudio se resume en la tabla siguiente

Equipo	Pérdida estimada
Electrocardiógrafo	\$193.250
Ecotomógrafo obstétrico	\$112250 - \$197500
Ecotomógrafo abdominal	\$453.500 - \$725.500
Lámparas y mesas Quirúrgicas	\$3.512.481
Camas de pacientes y Monitores multiparamétricos	\$5.610-\$523.207

TablaA7.- Ingresos no percibidos por día de downtime según tipo de equipo. Fuente: Aranceles FONASA (FONASA, 2013)

**ANEXO4: REQUISITOS DEL SISTEMA Y ESTUDIO DE
FACTIBILIDAD TÉCNICA**

Prototipo de
CMMS para la
gestión de
equipos médicos
55

REQUISITOS DEL SISTEMA

Componente	Software	Hardware
<i>Requerimientos del Servidor</i>	Windows Server o Linux Server instalado Servicios de Internet Server Appserv 2.5.10 o superior, el cual incluye: Apache 2.2.8 PHP 5.2.6 MySQL 5.0.51b PhpMyAdmin 2.10.3 PostCast Server instalado	Procesador de 1,9 GHz en adelante. Memoria RAM mayor o igual a 2GB. Disco duro de 1 TB Tarjeta de Red alámbrica, inalámbrica o ambas Tarjeta de video Monitor Unidad de protección UPS Comandos de interacción con el usuario (entradas y salidas)
<i>Requerimientos del cliente (Estaciones de trabajo)</i>	Conexión a intranet/internet. Sistema operativo basado en Windows o Linux Software de lectura y edición de Textos Browser para navegación web (Mozilla Firefox, Chrome, Opera, etc.)	Procesador de 1,4 GHz Memoria RAM mayor o igual a 1GB Disco duro de 200 Gb Tarjeta de red alámbrica, inalámbrica o ambas Tarjeta de video Controles de interacción con el usuario (entradas y salidas) Impresora Escáner Unidad de protección UPS (opcional)
<i>Requerimientos de dispositivos móviles</i>	Sistema operativo Symbian, Android, iOS, BlackBerry OS ó Windows Mobile. Software de Lectura de documentos (edición de documentos opcional). Navegador web Acceso a internet	Teclado QWERTY completo. Pantalla Touch o mouse integrado para la navegación
<i>Requerimientos del Router</i>	Ip Fija Apertura del Puerto 80 Apertura del puerto 443 HTTPS	

Tabla A8. Requisitos Técnicos de hardware y software para el óptimo funcionamiento de la plataforma. Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS de FACTIBILIDAD TÉCNICA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA EN LA EMPRESA.

2.1 Requerimientos del Servidor

Requerimientos	Cumple (SI/NO)
Windows Server o Linux Server instalado	SI
Servicios de Internet Server	SI
Appserv 2.5.10 o superior	SI
Procesador de 1,9 GHz en adelante.	SI
Memoria RAM mayor o igual a 2GB.	SI
Disco duro de 1 TB	SI
Tarjeta de Red alámbrica, inalámbrica o ambas	SI
Tarjeta de video	SI
Monitor	SI
Unidad de protección UPS	SI
Comandos de interacción con el usuario (entradas y salidas)	SI

Tabla A9. Cumplimiento de los requerimientos del servidor por parte de los recursos de la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Requerimientos del cliente (Estaciones de trabajo).

Requerimientos	Cumple SI/NO
Conexión a intranet/internet.	SI
Sistema operativo basado en Windows o Linux	SI
Software de lectura y edición de Textos	SI
Browser para navegación web (Mozilla Firefox, Chrome, Opera, etc., a excepción de internet Explorer	SI
Procesador de 1,4 GHz	SI
Memoria RAM mayor o igual a 1GB	SI
Disco duro de 200 Gb	SI
Tarjeta de red alámbrica, inalámbrica o ambas	SI
Tarjeta de video	SI
Controles de interacción con el usuario (entradas y salidas)	SI
Impresora	SI
Escáner	SI
Unidad de protección UPS (opcional)	SI

Tabla A10. Cumplimiento de los requerimientos del cliente por parte de los recursos de la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Requerimientos de dispositivos móviles

Requerimientos	Cumple SI/NO
Sistema operativo Symbian, Android, iOS, BlackBerry OS o Windows Mobile	SI
Software de Lectura de documentos	SI
Edición de documentos opcional	SI
Navegador web	SI
Acceso a internet	SI
Teclado QWERTY completo.	SI
Pantalla Touch o mouse integrado para la navegación	SI

Tabla A11. Cumplimiento de los requerimientos de dispositivos móviles por parte de los recursos de la empresa. Fuente: Elaboración propia.

2.4 Requerimientos del Router

Requerimientos	Cumple SI/NO
IP Fija	SI
Apertura del Puerto 80	SI
Apertura del puerto 443 HTTPS	SI

Tabla A12. Cumplimiento de los requerimientos del router por parte de los recursos de la empresa. Fuente: Elaboración propia.

ANEXO5: ANÁLISIS DEL DOCUMENTO DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD: "SISTEMA COMPUTARIZADO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO"

Prototipo de
CMMS para la
gestión de
equipos médicos
59

1. Introducción

El documento de la OMS, “Sistema computarizado de gestión del mantenimiento”, está orientado a departamentos de mantención equipos médicos dentro de instituciones de salud. Puede aplicarse a servicios técnicos externos, como por ejemplo, los de empresas proveedoras con servicio de post venta, pero es necesario tomar consideraciones respecto de los módulos propuestos.

Este documento contiene las observaciones realizadas a las tablas y campos propuestos por el documento, considerando la misión, objetivos y procesos de un servicio externo de mantenimiento de equipos médicos.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Complementar los requisitos de usuario con funcionalidades otorgadas por la OMS

2.2. Objetivos Específicos

Conocer las funciones, tablas y campos propuestos por la Organización mundial de la Salud. Adaptar el documento a los procesos, y objetivos de un servicio técnico externo.

3. Análisis de la Estructura presentada en el documento

3.1. Campos y tablas

Tabla	Campos	Observación
Tipo equipo	Tipo de equipo <ul style="list-style-type: none">• Procedimientos de inspección y mantenimiento preventivo (IMP)• Frecuencia de los IMP• Nivel de riesgo• Personal a cargo	Aplica, se debe incluir un programa y calendarización <i>sugerida</i> en aquellos equipos en convenio de mantenimiento.
Modelo del equipo	Modelo Número de Serie Lista de piezas Código y nombre de las piezas Procedimientos de IMP	Aplica, tabla que incluya y describa los productos comercializados, los accesorios que pueden incluir, y rutinas de MP
Almacenes/repuestos	<ul style="list-style-type: none">• Código y nombre del almacén• Código y nombre de las piezas• Número de pedido de las piezas	Aplica, se debe conocer el código y cantidad de repuestos que quedan en stock
Personal	<ul style="list-style-type: none">• Código de empleado• Nombre del empleado• Puesto del empleado• Nivel de acceso	Aplica, pero además debe incluir otros datos como teléfono y correo electrónico

	<ul style="list-style-type: none"> • Datos sobre la capacitación 	
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Número de inventario • Número de orden de trabajo • Proveedor del servicio de asistencia • Código del ingeniero de servicio • Código y nombre de la avería • Procedimientos de IMP 	Aplica
Establecimiento de atención de salud	<ul style="list-style-type: none"> • Código y nombre del centro • Código y nombre del edificio • Código y nombre del departamento • Tipo de centro 	Aplica, pero se debe realizar para cada institución que es cliente de la empresa. Además se debe tener listado de contactos

Tabla A13. Análisis de los campos y tablas sugeridos en el documento analizado. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Listado de campos propuestos por el documento

Campo	Descripción	Observación
Número de inventario del Equipo	Número exclusivo asignado por un establecimiento de atención de salud para identificar equipos concretos	Opcional, en un ST externo el número de serie es más importante para la identificación
Código de clase y descripción del equipo (tipo)	Código que describe el equipo en términos del sistema de nomenclatura correspondiente	Aplica
Nombre del fabricante y código generado por el CMMS	Nombre del fabricante del equipo y código que identifica al fabricante	Aplica
Número de modelo	Código asignado por el fabricante para identificar el modelo del equipo	Aplica
Número de serie del fabricante	Código asignado por el fabricante que facilita la identificación del equipo en una orden de retirada; también sirve para buscar el equipo si se elimina el número de inventario	Aplica
Versión de software en uso	Nombre del programa informático (software) que utiliza el dispositivo; ayuda a identificar los dispositivos afectados por una orden de retirada; también sirve para determinar en qué equipos es preciso actualizar el software	Aplica
Nombre y código del proveedor (vendedor)	Nombre del proveedor del equipo y código que lo identifica	Aplica
Descripción y código de la Ubicación	Edificio, departamento o sala en la que está instalado el equipo, y código que identifica dicha ubicación	Aplica

Precio de compra	Importe exacto abonado por el equipo y divisa en que se realizó el pago	Aplica
Fecha de instalación	Fecha en la que el personal médico y los ingenieros clínicos aceptaron oficialmente el equipo y lo pusieron en funcionamiento	Aplica
Fecha de caducidad de la Garantía	Fecha en la que caduca la garantía; suele indicarse en la orden de compra	Aplica
Referencia del procedimiento de inspección y mantenimiento preventivo	Código que asigna el procedimiento específico de inspección y mantenimiento preventivo del equipo, con indicación de la frecuencia anual con que ha de aplicarse el procedimiento	Aplica
Entidad responsable del Mantenimiento	Nombre y código de la institución o departamento responsable del mantenimiento del equipo, que puede ser un taller externo, central o periférico o una organización	Aplica si se almacena información del contacto a cargo del equipo con quien coordinar las actividades de mantenimiento.
Indicador de estado	Indica el estado actual del equipo (por ejemplo: operativo, fuera de servicio, en espera de repuestos, pendiente de sustitución)	Aplica

Tabla A14. Análisis de campos sugeridos por el documento de la OMS. Fuente: Elaboración propia.

3.3. Módulos

3.3.1. Módulo de inventario de equipos

Descripción	Observaciones
Inicializa equipos que se añaden al inventario	Debe inicializar los equipos que son vendidos al cliente
Contiene auto llenado de campos	Aplica
Tablas de codificación	Aplica

Tabla A15. Análisis del módulo de inventario de equipos. Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Módulo de inventario y gestión de repuestos

Campos sugeridos	Observaciones
Descripción (nombre) de la pieza Número de almacén (inventario) Nombre del fabricante, Número de serie y de la pieza Enlace al modelo de equipo Nivel mínimo de existencias Nivel de existencias actual	Aplica, la actualización de la base de datos se hará en base a la información entregada por el área de bodega.

Lugar de almacenamiento de la pieza Precio y fecha de compra

Tabla A16. Análisis del módulo de inventario y gestión de repuestos

Informes sugeridos	Observaciones
Aviso al usuario cuando se alcancen niveles mínimos de existencias de piezas concretas;	Aplica
Frecuencia de sustitución de piezas, para ayudar en la calendarización del mantenimiento y solicitud de repuestos	Aplica
Enumeración de piezas necesarias según tipo de equipo	Aplica
Información acerca del consumo de piezas reutilizadas	Aplica

Tabla A17. Análisis de los informes sugeridos en el documento. Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Módulo de mantenimiento

a) Mantenimiento preventivo planificado

Ámbito	Observaciones
Calcular cuándo será preciso realizar el mantenimiento de un equipo y aconsejar qué piezas Podría ser preciso encargar y cuándo.	Aplica
Controlar el proceso de mantenimiento y registrar la fecha en que se haya realizado.	Aplica, pero cabe destacar que el mantenimiento preventivo debe ser solicitado por la institución. En caso de tener convenios de mantenimiento se pueden sugerir fechas.
Procedimientos de inspección y mantenimiento preventivo para equipos específicos	Aplica
Calendario de inspección y mantenimiento preventivo de equipos específicos	Aplica, a modo de referencia.
Frecuencia de las averías del equipo	Aplica
Estimación del número de horas de funcionamiento del equipo	No aplica

Tabla A18. Análisis de los ámbitos de mantenimiento preventivo sugeridos. Fuente: Elaboración propia

b) Mantenimiento correctivo

Función	Observaciones
Ingresar avería a historial del equipo	Aplica
Generar orden de trabajo	Aplica
Asignar técnico a la tarea	Aplica
Información acerca de cargas de trabajo	Aplica
Registrar finalización de la tarea y estado del	Aplica

equipo	
Establecer niveles de prioridad del equipo	Aplica
Generar formularios y documentos	Aplica

Tabla A19. Análisis del módulo de mantenimiento correctivo. Fuente: Elaboración propia

3.3.4. Modulo de gestión de contratos

Función	Observaciones
Realizar seguimiento de los servicios de mantención prestados por entidades externas	Aplica, sin embargo, debe hacerse desde el punto de vista de la empresa: Mantener seguimiento de todos aquellos clientes con los cuales se tiene un contrato de mantención.
Controlar costos y desempeño de los equipos según cliente	Aplica, permite establecer costos y valores para un próximo contrato.
Conexión con el departamento de contabilidad	No aplica

Tabla A20. Análisis del módulo de gestión de contratos

3.3.5. Pantallas e informes

Función	Observación
Interfaz de ingreso de datos	Aplica
Pantalla de historial del equipo	Aplica
Resumen de inventario, mantenimiento, ordenes de trabajo, repuestos y costos,	Aplica
Generar informes, capacidad de exportación en acces, Excel, pdf, etc.	Aplica

Tabla A21. Análisis de las pantallas e informes sugeridos.

**ANEXO6: DOCUMENTO DE REQUERIMIENTOS DE
USUARIO**

Prototipo de
CMMS para la
gestión de
equipos médicos
65

1. Introducción

1.1. Propósito del documento

Este documento tiene como objetivo presentar los requerimientos funcionales, no funcionales y de información que guíen el desarrollo de un software de apoyo a la gestión del mantenimiento para el servicio técnico de la empresa proveedora de equipos médicos SOCOFAR, Los requerimientos presentados fueron acordados en conjunto con el Jefe del servicio Técnico, don Carlos Rivera.

1.2. Ámbito del Sistema

El producto a desarrollar es un software para la gestión de la información generada, almacenada y transmitida en el servicio técnico de SOCOFAR, pero que sin embargo, puede utilizarse en todos los servicios técnicos de equipos médicos.

Su objetivo es el de brindar una herramienta que permita realizar análisis estadístico de las actividades del departamento. Será un apoyo en la toma de decisiones administrativas; permitirá el control de los gastos en repuestos y del stock de los mismos; permitirá conocer el estado y comportamiento histórico de cada equipo, para cada uno de sus clientes y permitirá visualizar el estado de las tareas asignadas y pendientes entre algunas de sus características más importantes.

El sistema se ha bautizado con el nombre de SIGEMED: Sistema informático para la Gestión de Equipamiento Médico

1.3. Definiciones y Acrónimos

CMMS: Sistema informático de Gestión del Mantenimiento (en inglés Computer Maintenance Management system) Programa informático que contiene una base de datos informática sobre las operaciones de mantenimiento de una organización. Se emplea para automatizar la documentación de todas las actividades relacionadas con dispositivos médicos, como son la planificación de equipos, la gestión de inventarios, los procedimientos de mantenimiento correctivos y preventivos, el control de los repuestos, los contratos de mantenimiento y órdenes de retiro de dispositivos médicos o alertas sobre los mismos. Los datos recopilados se pueden analizar y utilizar en la gestión de la tecnología, la garantía de la calidad, el control de las órdenes de trabajo y la elaboración de presupuestos de dispositivos médicos. (Organización Mundial de la Salud, 2012)

CMR: (Customer Relationship Management) modelo de negocios cuya estrategia está destinada a lograr identificar y administrar las relaciones en aquellas cuentas más valiosas para una empresa, trabajando diferentemente en cada una de ellas de forma tal de poder mejorar la efectividad sobre los clientes. (Valenzuela Presichi, 2002)

1.4. Referencias

- Franz Valenzuela Presichi. (Noviembre de 2002). *¿Qué es crm y cuál es el verdadero significado?*. Recuperado el 12 de Agosto de 2013, de <http://www.tress.com.mx/boletin/Noviembre2002/crm.html>
- Organización Mundial de la Salud. (2012). *Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento*.

1.5. Visión General del documento

El presente documento contiene las funcionalidades requeridas por el cliente para satisfacer la problemática de ineficacia e ineficiencia en el manejo de la información generada en el Servicio técnico de la empresa SOCOFAR.

En primera instancia se explica el contexto en el que se inserta el desarrollo del CMMS, y el alcance de éste. En segunda instancia se describen detalladamente los requerimientos funcionales y no funcionales solicitados por el cliente.

2. Descripción general

2.1. Perspectiva del producto

El software a desarrollar pretende ser una herramienta completa y autónoma que contenga toda la información y funciones necesarias para el apoyo al cuerpo Técnico y Administrativo del Servicio. Por la gran cantidad de tareas que debe cumplir, se ha decidido, en conjunto con el jefe del servicio, desarrollar el sistema de manera modular, implementando en primer lugar aquellas funciones más relevantes ante las necesidades de la unidad, para luego proseguir con la implementación de funciones de menor urgencia.

En tanto se implementan, la gestión será apoyada con programas informáticos y bases de datos presentes actualmente en la unidad, que no se vinculan directamente entre sí, ni con la base de datos a desarrollar.

2.2. Funciones del Producto

A continuación se presentan las funciones definidas para el sistema informático a implementar. Estas han sido categorizadas según la prioridad con que deben ser implementadas, para así definir el orden en que se irán desarrollando y dejando operativos los módulos.

Función	Prioridad
Identificación del usuario	Alta
Ingresar llamado	Alta
Registrar estado del equipo	Alta
Asignar Tareas	Alta
Consultar estado de las tareas	Alta
Agregar reparación	Alta
Asignar equipo a cliente	Alta
Ingresar/modificar estado del equipo	Alta

Modificar utilización de repuestos	Media
Ver/modificar hoja de vida de los equipos	Alta
Registrar actividades de los técnicos	Baja
Anexar documentos	Alta
Ver histórico	Alta
Registrar Stock de repuestos	Media
Filtrar datos, Buscar datos	Alta
Registro de ingresos al programa	Baja

*Tabla A22. Listado de funciones que debe tener el sistema y su prioridad de implementación.
Fuente: Elaboración propia bajo indicaciones del Jefe del Servicio.*

2.3. Características del usuario

Los usuarios del Software a desarrollar deben poseer un manejo básico del sistema Operativo en el que esté implementado el programa, principalmente Windows, con o sin experiencia en la utilización de otros programas de registro.

Los usuarios están categorizados en dos perfiles: personal administrativo del servicio y personal técnico del servicio

2.4. Restricciones Generales

Las restricciones generales que se deben tener en cuenta para el desarrollo e implementación son:

a) Políticas de la empresa

En la empresa SOCOFAR, se está implementando un sistema CMR, el cual pretende mejorar la relación con los clientes. Este CMR posee un módulo para apoyar al servicio de mantenimiento de la empresa. El jefe de Servicio técnico consideró que el módulo presentado no satisfacía las necesidades ni problemáticas presentes en el servicio por lo que solicitó el desarrollo e implementación de un CMMS de acuerdo a las necesidades del área.

Existe el riesgo de que el gerente de equipos médicos no apruebe la implementación de un sistema informático ajeno al CMR.

b) Limitaciones de hardware

Debe ser desarrollado para Windows 98 en adelante o Linux.

Debe correr en un computador con procesador de 1.4 GHz, 1 Gb RAM y 200 GB de capacidad de disco duro.

No debe ser utilizado en Internet Explorer

c) Consideraciones acerca de la seguridad

El desarrollo del software incluye la seguridad de los datos sólo mediante el ingreso al sistema mediante previa identificación. La empresa se hará cargo de la seguridad de los datos almacenados en la base de datos.

2.5. Suposiciones y dependencias

La función de solicitud de repuestos está pensada para un servicio de abastecimiento separado del servicio técnico, por tanto la solicitud de repuestos se realiza vía mail para dejar constancia de las transacciones. En caso de que la unidad de abastecimiento de repuestos esté dentro de la unidad de equipos médicos, esa función no sería necesaria.

2.6. Requisitos futuros

El sistema, en versiones posteriores podría incluir un módulo destinado a los clientes de la empresa que poseen equipamiento médico. De esta manera podrían ingresar vía web y solicitar actividades de mantenimiento para sus equipos, reportar fallas y monitorear el avance de los equipos que se encuentren en el servicio.

3. Requerimientos específicos

3.1. Interfaces Externas

Para que el sistema cumpla con el requisito de ingreso desde dispositivos móviles, el router debe tener abierto el puerto 80. Además los dispositivos móviles deben tener acceso a internet, un navegador web, teclado QERTY y mouse integrado o pantalla touch.

3.2. Funciones

En esta sección se describirán los requerimientos funcionales y no funcionales que deberán ser considerados al momento de desarrollo del Software.

3.2.1. Requerimientos Funcionales

El siguiente listado de requerimientos del sistema se clasificará según los objetivos que se pretende cumplir.

ID	Nombre Caso de Uso	Descripción
Objetivo1: Restringir el acceso al sistema solo a las personas autorizadas		
RF-01	Identificación de usuario	El usuario deberá ingresar su Identificación y contraseña para acceder al sistema.
Objetivo2: Gestionar la información de los equipos que ingresan al servicio		
RF-02	Registrar entrada de equipo	Al ingresar un equipo al servicio técnico para su evaluación y reparación, se debe poder generar una guía de ingreso con los datos del equipo, los accesorios que trae y la persona que lo recibe.
Objetivo3: Controlar las actividades del servicio técnico		
RF-03	Asignar Tareas	Los llamados, órdenes de compra, e ingreso de equipos, generan tareas que deben ser realizadas. Estas tareas pueden ser asignadas a un técnico, o

		grupo de técnicos en específico, y establecer la fecha o tiempo límite de entrega.
DRU- RF-04	Consultar estado de las Tareas	Es necesario que se muestren las tareas pendientes por asignar, y mantener un control de las tareas realizadas con tres estados posibles: Abierto, Cerrado o Incompleto
DRU- RF-05	Registrar actividades de los técnicos	El sistema permitiría el ingreso diario de las actividades realizadas por cada técnico, en el horario realizado.
Objetivo5. Controlar el mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos		
DRU- RF-06	Ingresar Llamado	Cuando un cliente llama o realiza una petición, el sistema debe brindar la posibilidad de ingresar los datos del llamado tales como fecha, contacto, motivo de llamado, entre otros datos que serán -detallados en secciones posteriores.
DRU- RF-07	Agregar reparación	El usuario debe registrar las intervenciones y observaciones realizadas al equipo de un cliente específico en su hoja de vida, además de las observaciones pertinentes respecto de la garantía.
DRU- RF-08	Modificar utilización de repuestos	Una reparación, o mantención puede utilizar repuestos o accesorios. El programa debe permitir el registro del repuesto utilizado, la serie del equipo en que se incorporaron, la cantidad, fecha y persona que los solicitó. Además debe permitir ingresar un valor asociado y observar el histórico de utilización de los repuestos.
Objetivo6. Gestionar la información del equipamiento		
DRU- RF-09	Asignar equipo a cliente	Cuando un equipo es otorgado a un cliente (sea en back up, demostración o pasa a ser propiedad del cliente) es necesario registrar la fecha, fecha de garantía, accesorios con que se entrega y funciones habilitadas, además de la información relevante del equipo y el número de pedido correspondiente.
DRU- RF-10	Ingresar/modificar estado del equipo	El programa debe permitir registrar si el equipo está en garantía, si la ha perdido por vencimiento o por negligencia de usuario, si el equipo es propiedad del cliente, está en back up, o en demostración o se encuentra en servicio técnico. Importante es registrar la fecha en que las actualizaciones de la información son realizadas.
DRU- RF-11	Ver/modificar hoja de vida de los equipos	Para cada equipo almacenado en la base de datos y asignado a un cliente se debe mantener un control de las mantenciones realizadas, fallas reportadas, repuestos utilizados en él, fechas de compra, importación, garantías, en resumen, la información que permita hacer un seguimiento del comportamiento del equipo durante su vida útil y motivos de baja.

Objetivo7. Facilitar la búsqueda y completitud de la información		
DRU- RF-12	Filtrar datos, buscar	El usuario debe poder ingresar, en un campo para búsqueda, atributos asociados a la información almacenada. El sistema debe mostrar los resultados coincidentes. Se pretende aplicar la mayor cantidad de filtros que sea posible, de manera de una mejor visualización de la información relevante para el usuario.
DRU- RF-13	Ver histórico	Mediante la aplicación de filtros o la búsqueda directa, el usuario podrá seleccionar aquellos datos de los que quiere conocer su comportamiento durante un período de tiempo. El sistema mostrará la información por pantalla y permitirá la impresión de los datos.
DRU- RF-14	Anexar documentos	A la hoja de vida de los equipos o información del cliente se podrán asociar documentos tales como órdenes de compra, recepción conforme, informes técnicos, presupuestos asociados y otros. Se podrán anexar datos en formatos de imagen, Word, o pdf.

Tabla A22. Requisitos funcionales solicitados por el cliente, organizados según los objetivos que se pretenden lograr con la plataforma.

3.2.2. Requerimientos No Funcionales

Otros		
ID	Prioridad	Descripción
DRU-NF-16	Crítico	El sistema deberá funcionar bajo ambiente Windows 98 o superior
DRU-NF-17	Crítico	El software debe tener conexión a internet para funcionar correctamente
		El software debe permitir el ingreso desde dispositivos móviles
DRU-NF-18	Crítico	Robustez y disponibilidad de las bases de datos

Tabla A23. Listado de requerimientos no funcionales.

3.3. Requisitos de rendimiento

3.3.1. Número de usuarios simultáneamente conectados

Se espera la conexión de 6 usuarios simultáneamente.

3.3.2. Requisitos de datos

La información respecto de las actividades de mantenimiento e historial del equipo deberá complementarse con documentos en formatos PDF, DOC, DOX. Por lo tanto, el sistema debe ser capaz de almacenar, anexar y mostrar los documentos de este tipo.

**Trabajo de
Título 2
2013- 1**

72

3.3.3. Cantidad de registros que se espera almacenar

La cantidad de registros que se espera almacenar es del orden de millones.

3.4. Restricciones de Diseño

No se presentan

3.5. Atributos del sistema

3.5.1. Seguridad.

El acceso al sistema estará restringido a aquellos usuarios registrados, los cuales deberán ingresar un usuario y una contraseña para acceder a los datos del sistema.

La capacidad de acceso será otorgados por el administrador del sistema, quién es el jefe de servicio técnico. Los usuarios que podrán ingresar al sistema corresponden al Jefe de Servicio Técnico, al coordinador de área y los técnicos.

3.6. Otros requisitos

No se presentan

ANEXO 7: MODELADO DEL SISTEMA

A. *MODELO DE FUNCIONES*

Prototipo de
CMMS para la
gestión de
equipos médicos
73

Función	Subfunciones	Descripción
Manejo de las bases de datos de clientes	Agregar cliente	El sistema deberá permitir el ingreso de un nuevo cliente a la base de datos y almacenar información referente al nombre del cliente, razón social, Rut, ubicación, y contactos, entre otros.
	Buscar cliente	Permite consultar los datos de un cliente ingresado, así como también el listado y cantidad de equipos que éste posee, pudiendo visualizarlos según distintos criterios de agrupación.
	Asignar Equipo al cliente	Cuando se recibe una orden de compra por equipos, se deben asignar a la base de datos del cliente
	Actualizar datos	Permite la modificación y/o ingreso de nueva información referida al cliente

Tabla A24. Descripción de la función: Manejo de la base de datos de clientes. Fuente: Elaboración propia

Función	Subfunciones	Descripción
Manejo de las bases de datos de Equipos	Iniciar Equipo	Al recibir una orden de compra por un equipo, se debe poder iniciar un seguimiento de éste y asignarlo a un cliente. Se debe almacenar información del equipo, tal como número de serie, marca, modelo, fechas de venta, fecha de garantía, cliente y contacto al cual se le asigna. Además de los accesorios y funciones con los que es entregado inicialmente, asignación de protocolos de mantenimiento y tipo de contrato de mantención entre la empresa y el cliente.
	Buscar Equipo	Permite consultar los datos de un equipo ingresado, agrupados según número de serie, cliente o código de producto.
	Ingresar/modificar estado del equipo	El programa debe permitir registrar si el equipo está en garantía, si la ha perdido por vencimiento o por negligencia de usuario, si el equipo es propiedad del cliente, está en back up, o en demostración o se encuentra en servicio técnico. Importante es registrar la fecha en que las actualizaciones de la información son realizadas.
	Ver/modificar hoja de vida de	Para cada equipo almacenado en la base de datos

los equipos	y asignado a un cliente se debe mantener un control de las mantenciones realizadas, fallas reportadas, repuestos utilizados en él, fechas de compra, importación, garantías, en resumen, la información que permita hacer un seguimiento del comportamiento del equipo durante su vida útil y motivos de baja.
Registro de eventos	Debe mantenerse una hoja de vida de los equipos, asociando número de reparaciones, tipos de falla, repuestos consumidos, costos, y permitir la visualización gráfica del comportamiento del/los equipos.
Actualizar datos	Permite la modificación y/o ingreso de nueva información referida a un equipo.

Tabla A25. Descripción de la función: Manejo de la base de datos de los equipos. Fuente: Elaboración propia.

Función	Subfunciones	Descripción
Manejo de registro de llamados de los clientes	Ingresar llamados	Cuando un cliente llama o realiza una petición por algún equipo, el sistema debe brindar la posibilidad de ingresar los datos del llamado tales como fecha, contacto, motivo de llamado, además de datos del equipo por el cual se llama: serie, y ubicación dentro del establecimiento.
	Consultar llamado	Consultar los datos de un llamado ingresado, debe tener distintos niveles de selección.
	Actualizar datos	Permite la modificación y/o ingreso de nueva información referida a un llamado
	Controlar estado de los llamados	Visualizar si el llamado que realizó el cliente está pendiente, siendo atendido o ya resuelto.
	Generar tarea pendiente	El llamado debe generar una alerta de visita a terreno para atender la solicitud del cliente.

Tabla A26. Descripción de la función: registro de los llamados de los clientes.

Función	Subfunciones	Descripción
Asignar tareas	Ingresar Tarea pendiente	Esta puede ser una visita a terreno, revisión de un equipo ingresado al servicio, preparación de equipos para venta o demostración.
	Control de cargas de trabajo	Visualización de los niveles de carga de trabajo que tienen los técnicos, para distribuir las tareas pendientes equitativamente.
	Asignación de Tareas	Asignar actividades a él/ los técnicos
	Control de tareas asignadas	Es necesario que se muestren las tareas pendientes y con una distinción de color según el tiempo que queda para realizarlas (en base los plazos establecidos), Existen tres estados posibles

para las tareas: Abierto, Cerrado o Incompleto. Se debe especificar los motivos de demora, (ejemplo falta de repuestos, demora en la entrega de la orden de compra, etc.)

Tabla A27. Descripción de la función: Asignar tareas. Fuente: Elaboración propia.

Función	Subfunciones	Descripción
Control de presupuestos	Revisión del estado de los presupuestos	Los presupuestos tienen 3 estados: aprobado, rechazado, pendiente, y dentro de los pendientes pueden haber presupuestos aplazados. Cuando un presupuesto es aprobado debe contarse el tiempo de respuesta del servicio técnico. Cuando un presupuesto está pendiente, debe controlarse el tiempo de respuesta del cliente, el cual no debe superar 30 días.
	Generar presupuesto	Los técnicos deben ser capaces de generar un documento pdf del presupuesto, que será enviado al cliente.
	Consultar presupuesto	Búsqueda de presupuesto con distintos niveles de selección

Tabla A28. Descripción de la función: Control de repuestos. Fuente: Elaboración propia

Función	Subfunciones	Descripción
Gestión de las visitas a terreno	Asociar llamado	El llamado realizado gatillará una visita pendiente
	Agendar visita	Contactar al cliente para agendar visita
	Ingreso de actividades técnicas	El técnico podrá ingresar las actividades realizadas minuto a minuto, para justificar los tiempos utilizados en la visita, y los retrasos debidos a gestión por parte del cliente.

Tabla A29. Descripción de la función: Gestión de las vistas a terreno.

Función	Subfunciones	Descripción
Control de reparaciones	Modificar utilización de repuestos	Una reparación, o mantención puede utilizar repuestos o accesorios. El programa debe permitir el registro del repuesto utilizado, la serie del equipo en que se incorporaron, la cantidad, fecha y persona que los solicitó. Además debe permitir ingresar un precio asociado y observar el histórico de utilización de los repuestos.
	Registro en la hoja de vida del equipo	La reparación debe ser registrada en la hoja de vida del equipo, y aparecer en los registros históricos.
	Revisar Stock	Permite consultar la cantidad y precio de los

repuestos que existen para utilizar. Debe generar alertas en repuestos con cantidad crítica de stock.

Tabla A30. Descripción de la función Control de reparaciones. Fuente: Elaboración propia.

Función	Subfunciones	Descripción
Gestión de contratos	Iniciación de contratos	Al generar un contrato de mantenimiento el usuario puede registrar el nombre de la institución cliente, la duración del contrato, los cobros por las tareas a realizar, y las fechas de inicio de las mantenciones
	Establecimiento de la periodicidad de los equipos	Luego de iniciado el contrato se pueden incluir las series de los equipos que están incluidos, e ingresar las periodicidades de mantenimiento establecidas.
	Muestra de mantenciones y contratos por vencer	Los contratos ingresados son monitoreados en una pestaña en la que se muestran los próximos contratos a vencer, además de un monitoreo de las fechas de mantenimiento que deben agendarse.

Tabla A31. Descripción de la función de Gestión de Contratos. Fuente: Elaboración propia.

Función	Subfunciones	Descripción
Otras funciones	Identificación de usuario	El usuario deberá ingresar su Identificación y contraseña para acceder al sistema. Cada perfil posee un nivel de acceso diferente.
	Filtrar datos, buscar	El usuario debe poder ingresar, en un campo para búsqueda, atributos asociados a la información almacenada. El sistema debe mostrar los resultados coincidentes. Se pretende aplicar la mayor cantidad de filtros que sea posible, de manera de una mejor visualización de la información relevante para el usuario.
	Ver histórico	Mediante la aplicación de filtros o la búsqueda directa, el usuario podrá seleccionar aquellos datos de los que quiere conocer su comportamiento durante un período de tiempo. El sistema mostrará la información por pantalla y permitirá la impresión de los datos.
	Anexar documentos	A la hoja de vida de los equipos o información del cliente se podrán asociar documentos tales como órdenes de compra, recepción conforme,

		informes técnicos, presupuestos asociados y otros. Se podrán anexar datos en formatos de imagen, Word, o pdf.
	Registrar entrada de equipo	Al ingresar un equipo al servicio técnico para su evaluación y reparación, se debe poder generar una guía de ingreso con los datos del equipo y de la persona que lo recibe.
	Actualizar stock	Debe realizar actualización de la base de datos de equipos y repuestos, mediante el apoyo de registros en Excel

Tabla A32. Descripción de otras funcionalidades de la plataforma.

B. MODELO DE LA BASE DE DATOS

Prototipo de
CMMS para la
gestión de
equipos médicos
79

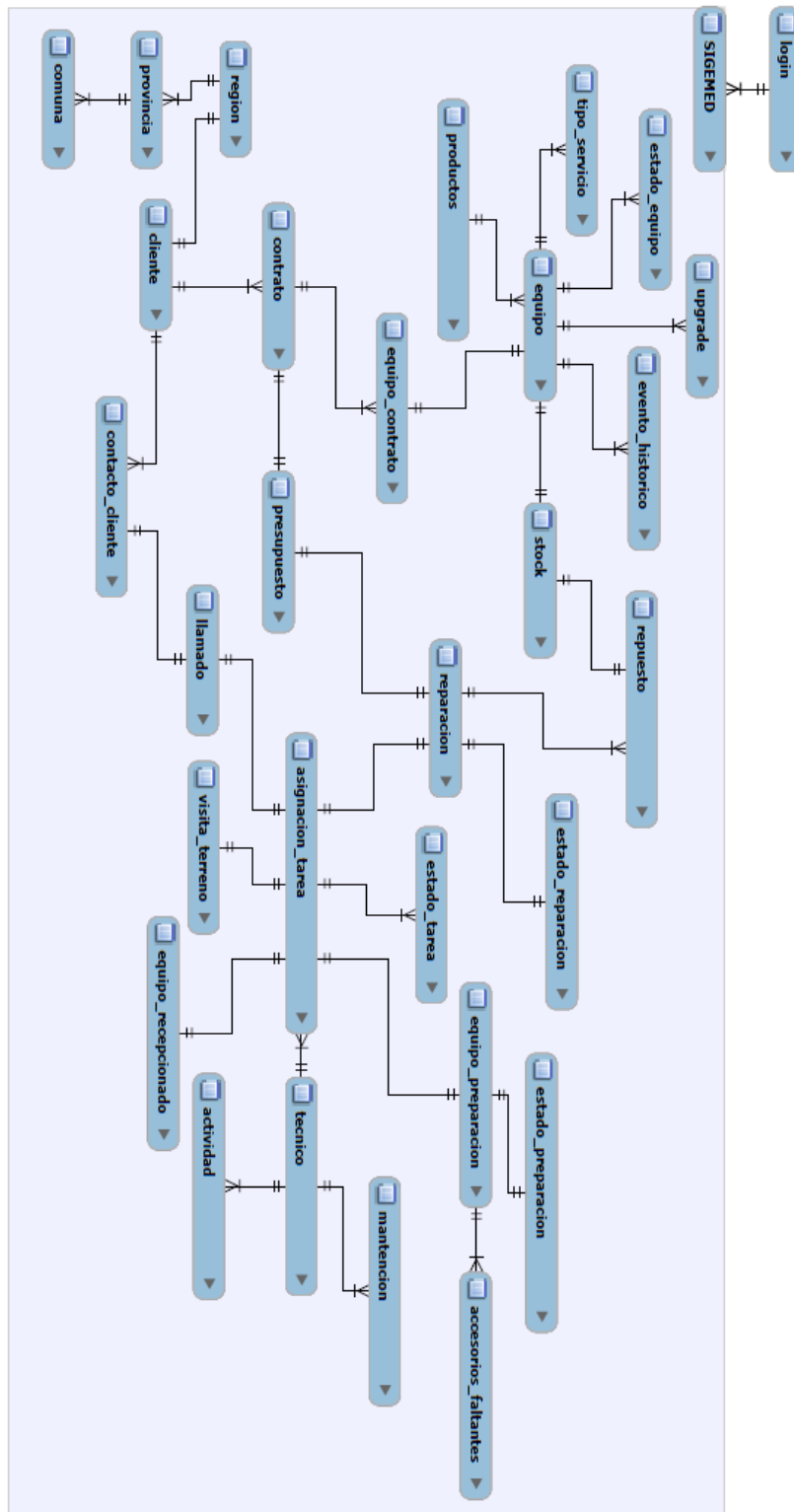


Figura A7. Diagrama de relaciones de la base de datos.

A continuación se declaran los campos contenidos en las tablas de la base de datos del sistema informático:

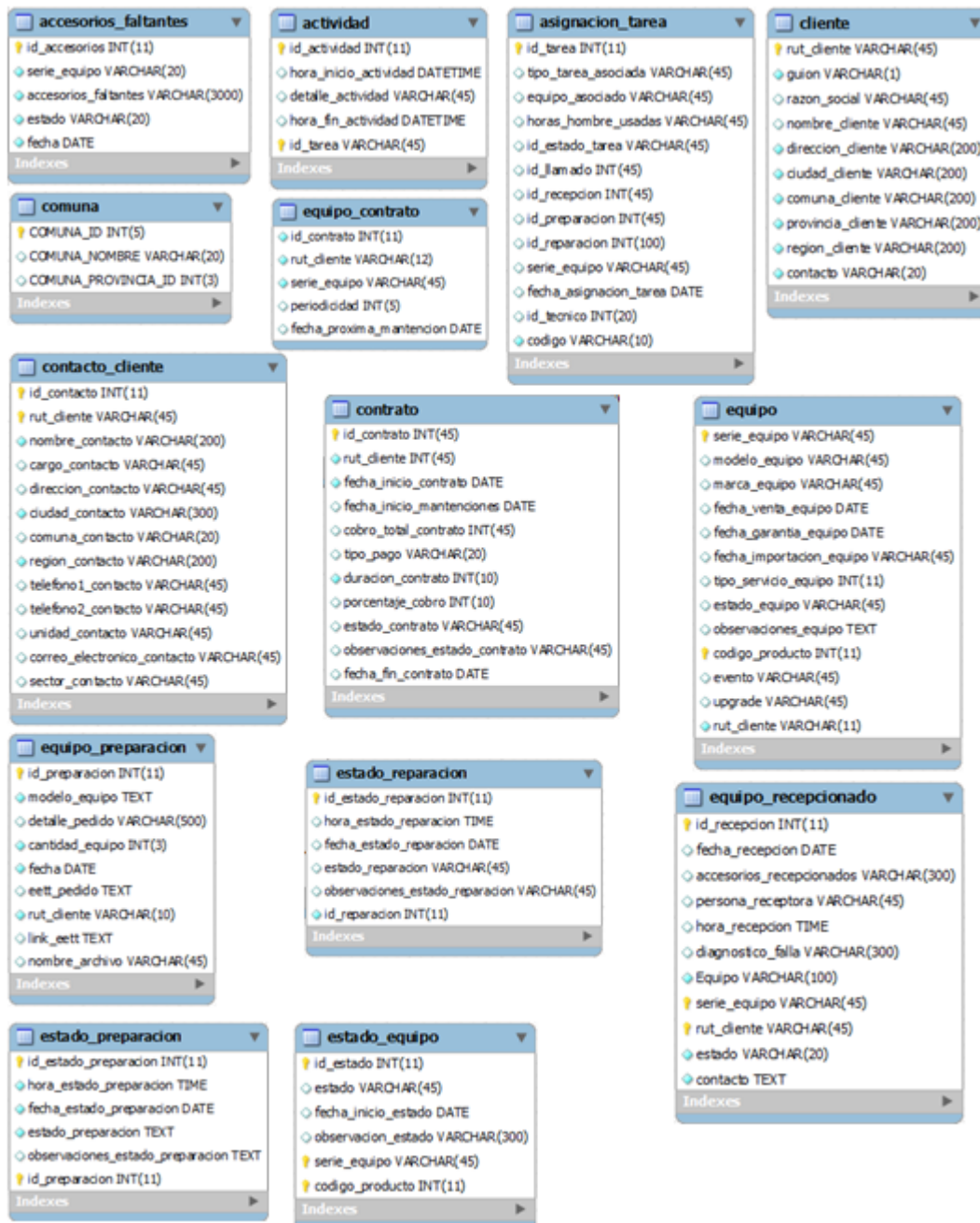
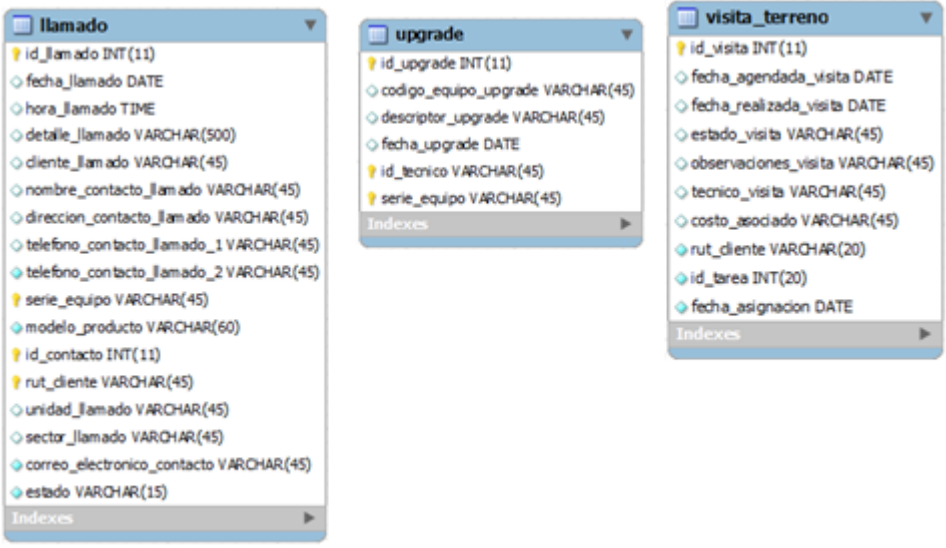


Figura A8. Descripción de los campos implementados parte1. Fuente: Elaboración propia.



Figura A9. Descripción de los campos implementados, parte2. Fuente: Elaboración propia.



Prototipo de
 CMMS para la
 gestión de
 equipos médicos

83

Figura A10. Descripción de los campos implementados parte3. Fuente: Elaboración propia.

C. PLANIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Etapa/Semana	Marzo				Abril				Mayo					Junio			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1. Establecimiento de requisitos	█																
1.1 Establecimiento de los objetivos del software	█																
1.2 Establecimiento de los requerimientos del sistema	█	█															
1.3 Elaboración del documento de requerimientos		█	█														
2. Diseño				█													
2.1 Elaboración de un modelo macro				█	█												
2.2 Segmentación del modelo en módulos a implementar					█	█											
3. Desarrollo				█													
Desarrollo Módulos: Equipamiento/Clientes					█	█											
Validación								█									
Aplicación de mejoras								█	█								
Desarrollo Módulos: Llamados/presupuesto									█	█							
Validación											█						
Aplicación de mejoras											█	█					
Desarrollo Módulos: Tareas/visitas a terreno												█	█				
Validación														█			
Aplicación de mejoras														█	█		
Desarrollo Módulos: Reparaciones/Repuestos /Contratos															█	█	
Validación versión alfa																	█
Aplicación de mejoras																	█

Etapa/Semana	Julio			
	1	2	3	4
4. Implementación del software versión Beta	█			

4.1 Marcha Blanca	■	□	□	□
4.2 Análisis de funcionamiento	■	■	□	□
4.3 Reporte de resultados	■	■	■	□

Tabla A33. Carta Gantt del trabajo planificado. Fuente: Elaboración propia.

Trabajo de
Título 2
2013- 1

86

**ANEXO 8: DESCRIPCIÓN E INTERACCIÓN DE LAS
HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS UTILIZADAS PARA EL
DESARROLLO DE LA APLICACIÓN WEB.**

1. Introducción

En el contexto actual, los sistemas informáticos tienden a basar su filosofía de trabajo en función de poder visualizarse en software de clase mundial. Todo esto es posible gracias al uso conjunto de sistemas, lenguajes y soportes, desarrollados para tales fines como lo son HTML, PHP y MySQL, los cuales se definen a continuación.

2. Definiciones

- **HTML:**(Hyper Text Markup Language) es el lenguaje con el que se escriben las páginas web. Es un lenguaje de hipertexto, es decir, un lenguaje que permite escribir texto de forma estructurada, y que está compuesto por etiquetas, que marcan el inicio y el fin de cada elemento del documento.

Un documento hipertexto no sólo se compone de texto, puede contener imágenes, sonido, vídeos, etc., por lo que el resultado puede considerarse como un documento multimedia.

Los navegadores se encargan de interpretar el código HTML de los documentos, y de mostrar a los usuarios las páginas web resultantes del código interpretado.

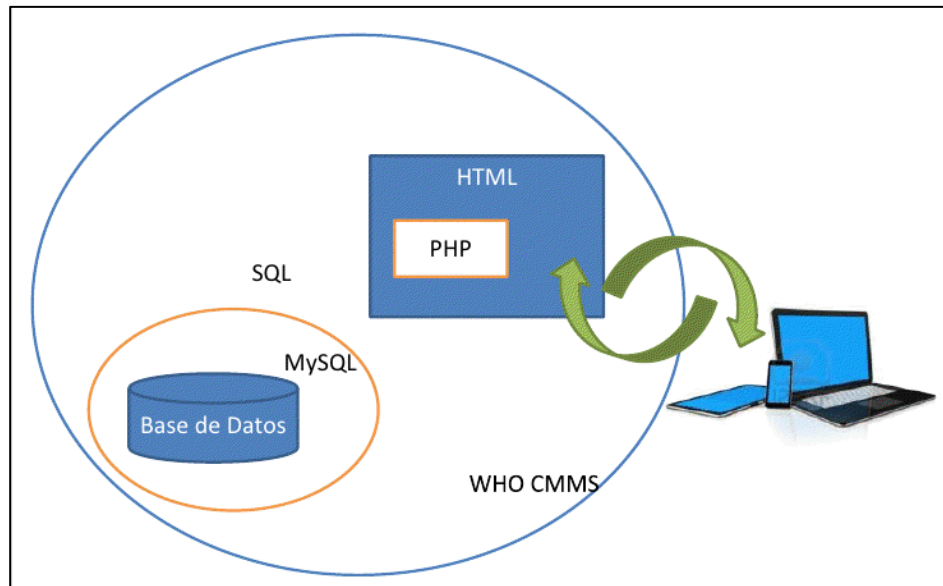
- **PHP:** acrónimo de "PHP: Hypertext Preprocessor", es un lenguaje "Open Source" interpretado de alto nivel, especialmente pensado para desarrollos web y el cual puede ser incrustado en páginas HTML. La mayoría de su sintaxis es similar a C, Java y Perl y es fácil de aprender. La meta de este lenguaje es permitir escribir a los creadores de páginas web, páginas dinámicas de una manera rápida y fácil, aunque se pueda hacer mucho más con PHP. Además PHP permite realizar la conexión a la base de datos utilizando sentencias SQL. (PHP)

- **SQL:** Corresponde a la expresión inglesa Structured Query Language (entendida en español como Lenguaje de Consulta Estructurado), la cual identifica a un tipo de lenguaje vinculado con la gestión de bases de datos de carácter relacional que permite la especificación de distintas clases de operaciones entre éstas. Gracias a la utilización del álgebra y de cálculos relacionales, el SQL brinda la posibilidad de realizar consultas con el objetivo de recuperar información de las bases de datos de manera sencilla. (DefiniciónDe)

- **Base de Datos:** Una base de datos o banco de datos es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso. Actualmente, y debido al desarrollo tecnológico de campos como la informática y la electrónica, la mayoría de las bases de datos están en formato digital (electrónico), y por ende se ha desarrollado y se ofrece un amplio rango de soluciones al problema del almacenamiento de datos. (Academic)

- **Mysql:** Es un sistema de base de datos utilizada en la web. Básicamente, una base de datos MySQL permite crear una estructura de base de datos relacional en un sitio web y el servidor con el fin de almacenar datos o automatizar los procedimientos. Si usted piensa en él en comparación con Microsoft Access, MySQL es lo que mantiene todas sus tablas, PHP actúa como tus consultas (entre otras cosas), y sus formas son básicamente páginas web con campos en ellos. Con todo esto en conjunto, puede crear proyectos realmente espectaculares en la web. (Bluemoootech)

El siguiente diagrama esquematiza los conceptos previamente explicados:



FiguraA11.- Esquema de interacción de las herramientas para el desarrollo del sistema informático. Fuente Elaboración propia.

3. Modelo Cliente/Servidor

El modelo se compone de 2 componentes principales: los clientes, o programas que representan entidades que necesitan servicios, y los servidores, programas que proporcionan servicios. Son objetos separados desde un punto de vista lógico y se comunican a través de una red de comunicaciones para realizar una o varias tareas de forma conjunta.

Un cliente hace una petición de un servicio y recibe la respuesta a dicha petición; un servidor recibe y procesa la petición, y devuelve la respuesta solicitada. (Departamento de informática Universidad de Valladolid, 2006)

3.1 Modelo en dos capas

En una arquitectura cliente/servidor clásica se tienen dos "capas":

Una donde está el cliente que implementa la interfaz y otra donde se encuentra el gestor de bases de datos que trata las peticiones recibidas desde el cliente.

La lógica de la aplicación se encuentra por tanto repartida entre el cliente y servidor. (Universidad de Colima)

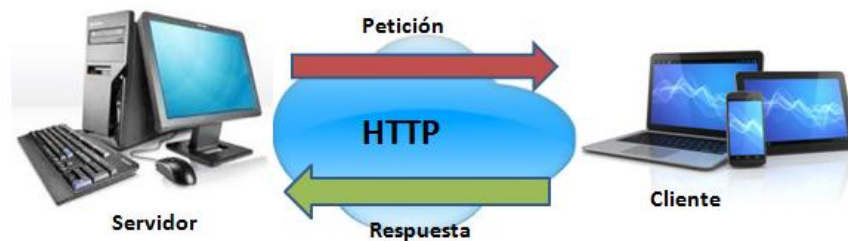


Figura A12. Modelo de Cliente/Servidor implementado. Fuente: elaboración propia.

En el desarrollo del software se utilizó la arquitectura de cliente/servidor de dos capas utilizando como medio de comunicación el internet, donde el cliente puede acceder a la información desde computadores de escritorio, portátiles, o dispositivos móviles, a través de un browser. Las consultas a la base de datos son procesadas en el servidor y enviadas por medio de la página para que el cliente pueda observar los resultados de su petición.

Trabajo de
Título 2
2013- 1

ANEXO9: VALIDACIÓN INTERNA DE LA PLATAFORMA DESARROLLADA

90

1. Introducción

Esta sección presenta la validación y verificación de las funciones realizada por el equipo de trabajo. El objetivo es evaluar si la plataforma cumple con las funciones sugeridas en el documento de la OMS “Sistema computarizado de gestión del mantenimiento”, y comparar el producto final con los CMMS comerciales orientados a equipamiento médico.

2. Evaluación del cumplimiento de los módulos e informes sugeridos en el documento sistema computarizado de gestión del mantenimiento.

Simbología

✓ : Cumple X: No lo considera

Campos y tablas

Tabla	Campos	Observación
Tipo equipo	Tipo de equipo	✓
	Procedimientos de inspección y mantenimiento preventivo (IMP)	✓
	Frecuencia de los IMP	✓
	Nivel de riesgo	X
	Personal a cargo	✓
Modelo del equipo	Modelo	✓
	Número de Serie	✓
	Lista de piezas	✓
	Código y nombre de las piezas	✓
	Procedimientos de IMP	✓
Almacenes/repuestos	Código y nombre del almacén	✓
	Código y nombre de las piezas	✓
	Número de pedido de las piezas	✓
Personal	Código de empleado	✓
	Nombre del empleado	✓
	Puesto del empleado	X

	Nivel de acceso	X	
	Datos sobre la capacitación	X	
			Observaciones: Se complementó con el número de teléfono y correo electrónico
Mantenimiento	Número de inventario		No es tan relevante para la empresa como el número de serie
	Número de orden de trabajo	✓	
	Proveedor del servicio de asistencia		Se almacenó el contacto a cargo del equipo
	Código del ingeniero de servicio	✓	
	Código y nombre de la avería	✓	Sólo nombre de la avería
	Procedimientos de IMP	✓	
Establecimiento de atención de salud	Código y nombre del centro	✓	
	Código y nombre del edificio	✓	
	Código y nombre del departamento	✓	
	Tipo de centro	✓	

Tabla A34. Análisis de los campos y tablas implementados. Fuente: Elaboración propia.

Listado de campos propuestos por el documento

Campo	Observación
Número de inventario del Equipo	En un ST externo el número de serie es más importante para la identificación
Código de clase y descripción del equipo (tipo)	X, no se incluyó la equivalencia UMDNS
Nombre del fabricante y código generado por el CMMS	✓
Número de modelo	✓
Número de serie del fabricante	✓
Versión de software en uso	✓

Nombre y código del proveedor (vendedor)	✓
Descripción y código de la Ubicación	✓ (Sin código)
Precio de compra	✓ (precio de venta)
Fecha de instalación	✓
Fecha de caducidad de la Garantía	✓
Referencia del procedimiento de inspección y mantenimiento preventivo	✓
Entidad responsable del Mantenimiento	✓ (cliente responsable del equipo)
Indicador de estado	✓

Tabla A35. Análisis de campos implementados. Fuente: Elaboración propia.

Módulos

Módulo de inventario de equipos

Descripción	Observaciones
Inicializa equipos que se añaden al inventario	✓ Inicializa los equipos que son vendidos al cliente
Contiene auto llenado de campos	X
Tablas de codificación	✓

Tabla A36. Análisis de las funciones implementadas del módulo de inventario de equipos. Fuente: Elaboración propia

Módulo de inventario y gestión de repuestos

Campos sugeridos	Observaciones
Descripción (nombre) de la pieza	✓
Número de almacén (inventario)	✓
Nombre del fabricante,	✓
Número de serie de la pieza	Responsabilidad de la unidad de bodega
Enlace al modelo de equipo	No se utilizó ya que hay accesorios y repuestos que son compatibles con más de un modelo

Nivel mínimo de existencias	✓
Nivel de existencias actual	✓
Lugar de almacenamiento de la pieza	Responsabilidad de bodega
Precio y fecha de compra	✓ Solo precio, fecha de compra es responsabilidad de bodega

Tabla A37. Análisis de las funciones implementadas del módulo de inventario y gestión de repuestos. Fuente: Elaboración propia

Informes sugeridos	Observaciones
Aviso al usuario cuando se alcancen niveles mínimos de existencias de piezas concretas;	✓
Frecuencia de sustitución de piezas, para ayudar en la calendarización del mantenimiento y solicitud de repuestos	X
Enumeración de piezas necesarias según tipo de equipo	X
Información acerca del consumo de piezas reutilizadas	X

Tabla A38. Análisis de los informes implementados. Fuente: Elaboración propia

Módulo de mantenimiento

a) Mantenimiento preventivo planificado

Ámbito	Observaciones
Calcular cuándo será preciso realizar el mantenimiento de un equipo y aconsejar qué piezas. Podría ser preciso encargar y cuándo.	✓
Controlar el proceso de mantenimiento y registrar la fecha en que se haya realizado.	✓ El mantenimiento preventivo debe ser solicitado por la institución. En caso de tener convenios de mantenimiento se sugieren fechas.
Procedimientos de inspección y mantenimiento preventivo para equipos específicos	✓

Calendario de inspección y mantenimiento preventivo de equipos específicos	✓
Frecuencia de las averías del equipo	X
Estimación del número de horas de funcionamiento del equipo	No aplica

Tabla A39. Análisis de los ámbitos de mantenimiento preventivo implementados Fuente: Elaboración propia.

b) Mantenimiento correctivo

Función	Observaciones
Ingresar avería a historial del equipo	✓
Generar orden de trabajo	✓
Asignar técnico a la tarea	✓
Información acerca de cargas de trabajo	✓
Registrar finalización de la tarea y estado del equipo	✓
Establecer niveles de prioridad del equipo	X
Generar formularios y documentos	✓

Tabla A40. Análisis de las funciones implementadas del módulo de mantenimiento correctivo. Fuente: Elaboración propia

Módulo de gestión de contratos

Función	Observación
Realizar seguimiento de los servicios de mantenimiento prestados por entidades externas	✓ Mantiene seguimiento de todos aquellos clientes con los cuales se tiene un contrato de mantenimiento.
Controlar costos y desempeño de los equipos según cliente	✓ Permite establecer costos y valores para un próximo contrato.
Conexión con el departamento de contabilidad	No aplica

Tabla A41. Análisis de las funciones implementadas del módulo de gestión de contratos

Pantallas e informes

Función	Observación
Interfaz de ingreso de datos	✓
Pantalla de historial del equipo	✓
Resumen de inventario, mantenimiento, ordenes de trabajo, repuestos y costos,	✓

Generar informes, capacidad de exportación en acces, Excel, pdf, etc. ✓

Tabla A42. Análisis de las pantallas e informes implementados.

3. Comparación del sistema con los CMMS ofrecidos en el mercado para gestión de equipamiento médico

Orden	CMMS	Orden	CMMS
1	Ecri Aims	4	CMMS for Hospital
2	Site Fm	5	Asset Enterprise
3	MicroMain Maintenance Healthcare	6	TMA system
7	SIGEMED (CMMS desarrollado en el presente trabajo de título por el grupo de trabajo)		

TablaA43. Listado de CMMS orientados a la gestión de equipamiento médico (EM).

Características	1	2	3	4	5	6	SIGEMED
Ingreso desde dispositivos móviles	X	X	X	X	X	X	X
Ingreso de rutinas de mantenimiento	X	X	X	X	X	X	X
Planificación y calendarización del mantenimiento preventivo	X	X	X	X	X	X	X
Gestión de inventario de repuestos	X	X	X	X	X	X	X
Gestión de órdenes de trabajo	X	X	X	X	X	X	X
Módulo de mantenimiento	X	X	X	X	X	X	X
Inventario de Equipos	X	X	X	X	X	X	X
Ubicación detallada de los equipos	X	X	X	X	X	X	X
Historial del equipo	X	X	X	X	X	X	X
Reportes	X	X	X	X	X	X	X
Gestión de contratos de servicio	X	X	X	X	X	X	X
Monitoreo de actividades de mantenimiento	X		X	X	X	X	X
Administración del software (configuraciones)	X	X	X	X		X	
Información de proveedores	X	X	X	X	X		X
Análisis de costos y presupuestos	X	X	X	X	X		X
Generación de órdenes de trabajo vía mail	X		X			X	
Ingreso de Factor de riesgo	X	X	X				
Códigos y procedimientos			X	X	X		X
Timecards							
Total	17	15	18	16	15	14	15
Total (%)	89 %	79 %	95 %	84 %	79 %	73 %	79%

Tabla A44. Análisis de los componentes ofertados por los CMMS del mercado diseñados para el apoyo a la gestión de equipamiento médico y comparación con la plataforma desarrollada. Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO10: VALIDACIÓN ALFA DE LA PLATAFORMA
DESARROLLADA**

Prototipo de
CMMS para la
gestión de
equipos médicos
97

1. Introducción

La validación del sistema se realizó a nivel alfa. Se concertó una reunión con el cliente en un ambiente controlado, es decir, se presentó la plataforma denominada SIGEMED finalizada con una carga de datos mínima para demostrar las funcionalidades. La validación a nivel alfa busca determinar si la plataforma desarrollada cumple los requerimientos funcionales y no funcionales establecidos en las primeras etapas de desarrollo.

La apreciación del cliente respecto del producto finalizado es buena, las funciones desarrolladas satisfacen los requerimientos y especificaciones establecidos, y cumple con sus expectativas.

El documento de validación se presenta en las páginas siguientes.

Es necesario seguir validando el sistema en un nivel Beta, para lo cual se debe implementar en un servicio técnico y ponerlo a prueba utilizándolo bajo condiciones reales y grandes cargas de trabajo. Posteriormente se deberán aplicar los cambios pertinentes que resulten del informe de desempeño del sistema y perfeccionarlo hasta satisfacer las necesidades del cliente.

2. DOCUMENTO DE VALIDACIÓN DE PROTOTIPO DE SOFTWARE NIVEL ALFA,

El documento firmado por el cliente se presenta a continuación.

A) Requerimientos Funcionales

ID	Nombre Caso de Uso	Descripción	Cumple Observaciones	SI/NO
Objetivo1: Restringir el acceso al sistema solo a las personas autorizadas				
RF-01	Identificación de usuario	El usuario deberá ingresar su Identificación y contraseña para acceder al sistema.		✓
Objetivo2: Gestionar la información de los equipos que ingresan al servicio				
RF-02	Registrar entrada de equipo	Al ingresar un equipo al servicio técnico para su evaluación y reparación, se debe poder generar una guía de ingreso con los datos del equipo, los accesorios que trae y la persona que lo recibe.		✓
Objetivo3: Controlar las actividades del servicio técnico				
RF-03	Asignar Tareas	Los llamados, órdenes de compra, e ingreso de equipos, generan tareas que deben ser realizadas. Estas tareas pueden ser asignadas a un técnico, o grupo de técnicos en específico, y establecer la fecha o tiempo límite de entrega.		✓
DRU-04	Consultar estado de las Tareas	Es necesario que se muestren las tareas pendientes y con una distinción de color según el tiempo que queda para realizarlas (en base los plazos establecidos), Existen tres estados posibles para las tareas: Abierto, Cerrado o Incompleto		✓
DRU-05	Registrar actividades de los técnicos	El sistema permitiría el ingreso diario de las actividades realizadas por cada técnico, en el horario realizado.		✓
Objetivo5. Controlar el mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos				
DRU-06	Ingresar Llamado	Cuando un cliente llama o realiza una petición, el sistema debe brindar la posibilidad de ingresar los datos del llamado tales como fecha, contacto, motivo de llamado, entre otros datos que serán detallados en secciones posteriores.		✓
DRU-07	Agregar reparación	El usuario registra las intervenciones y observaciones realizadas al equipo de un cliente específico en su hoja de vida, además de las observaciones pertinentes respecto de la garantía.		✓
DRU-08	Modificar utilización de repuestos	Una reparación, o mantención puede utilizar repuestos o accesorios. El programa debe permitir el registro del repuesto utilizado, la serie del equipo en que se incorporaron, la cantidad, fecha y persona que los solicitó. Además debe permitir ingresar un valor asociado y observar el histórico de utilización de los repuestos.		✓
Objetivo6. Gestionar la información del equipamiento				

Prototipo de
CMMS para la
gestión de
equipos médicos
99



DRU -RF- 09	Asignar equipo a cliente	Cuando un equipo es otorgado a un cliente (sea en back up, demostración o pasa a ser propiedad del cliente) es necesario registrar la fecha, fecha de garantía, accesorios con que se entrega y funciones habilitadas, además de la información relevante del equipo y el número de pedido correspondiente.	✓
DRU -RF- 10	Ingresar/mod ificar estado del equipo	El programa debe permitir registrar si el equipo está en garantía, si la ha perdido por vencimiento o por negligencia de usuario, si el equipo es propiedad del cliente, está en back up, o en demostración o se encuentra en servicio técnico. Importante es registrar la fecha en que las actualizaciones de la información son realizadas.	✓
DRU -RF- 11	Ver/modificar hoja de vida de los equipos	Para cada equipo almacenado en la base de datos y asignado a un cliente se debe mantener un control de las manteniones realizadas, fallas reportadas, repuestos utilizados en él, fechas de compra, importación, garantías, en resumen, la información que permita hacer un seguimiento del comportamiento del equipo durante su vida útil y motivos de baja.	✓
Objetivo7. Facilitar la búsqueda y completitud de la información			
DRU -RF- 12	Filtrar datos, buscar	El usuario debe poder ingresar, en un campo para búsqueda, atributos asociados a la información almacenada. El sistema debe mostrar los resultados coincidentes. Se pretende aplicar la mayor cantidad de filtros que sea posible, de manera de una mejor visualización de la información relevante para el usuario.	✓
DRU -RF- 13	Ver histórico	Mediante la aplicación de filtros o la búsqueda directa, el usuario podrá seleccionar aquellos datos de los que quiere conocer su comportamiento durante un período de tiempo. El sistema mostrará la información por pantalla y permitirá la impresión de los datos.	✓
DRU -RF- 14	Anexar documentos	A la hoja de vida de los equipos o información del cliente se podrán asociar documentos tales como órdenes de compra, recepción conforme, informes técnicos, presupuestos asociados y otros. Se podrán anexar datos en formatos de imagen, Word, o pdf.	✓

Tabla 1. Requisitos funcionales solicitados por el cliente, organizados según los objetivos que se pretenden lograr con la plataforma.

Otros		Cumple SI/NO observaciones	
ID	Prioridad	Descripción	
DRU- NF-16	Crítico	El sistema deberá funcionar bajo ambiente Windows 98 o superior	✓
DRU- NF-17	Crítico	El software debe tener conexión a internet para funcionar correctamente	✓
		El software debe permitir el ingreso desde dispositivos móviles	✓
DRU- NF-18	Crítico	Robustez y disponibilidad de las bases de datos	✓

Tabla 2. Listado de requerimientos no funcionales.

Ambito seguridad	Cumple SI/NO observaciones
<p>El acceso al sistema estará restringido a aquellos usuarios registrados, los cuales deberán ingresar un usuario y una contraseña para acceder a los datos del sistema.</p> <p>La capacidad de acceso será otorgados por el administrador del sistema, quién es el jefe de servicio técnico. Los usuarios que podrán ingresar al sistema corresponden al Jefe de Servicio Técnico, al coordinador de área y los técnicos.</p>	✓

Tabla 3. Otros requerimientos, ámbito seguridad de los datos.

Observaciones generales

Nombre validador:

Firma:

Paula Rivera Escobar.

