

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA INFORMÁTICA
AVANZADA QUE SIRVA DE SOPORTE A LOS PROCESOS QUE
INTERVIENEN EN LA GESTIÓN DE EQUIPOS MÉDICOS EN
ESTABLECIMIENTOS DE SALUD PERUANOS**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Informático**, que presentan los bachilleres:

Luis Miguel Miranda Dulanto

Kei Alonso Takayama Nakasato

ASESOR: Dr. Héctor Andrés Melgar Sasieta

Lima, mayo de 2017

AGRADECIMIENTOS

Quiero dedicar este proyecto de fin de carrera a toda mi familia y en especial a mis padres, por todo el apoyo durante toda la carrera universitaria. Gracias a ellos, he podido superar los obstáculos que se presentaron a lo largo de estos años y así poder cumplir grandes metas. A su vez, a mi enamorada Claudia, puesto que siempre estuvo dándome ánimos y motivación alrededor de los diferentes cursos y trabajos en la carrera.

A nuestro asesor, el profesor Andrés Melgar y al profesor Luis Vilcahuamán. Gracias a ellos se nos presentó la oportunidad para participar en este proyecto que permitió desarrollar esta tesis.

Finalmente deseo expresar mis agradecimientos a Kei. A lo largo de este proyecto y de todos estos años, pudimos entender que los productos que generan gran valor al negocio son aquellos que fueron desarrollados con un gran equipo.

Muchas Gracias.

Luis Miguel

Quiero expresar mi agradecimiento a mis padres por todo el apoyo y el respaldo que me han brindado en todo este tiempo; ya que, sin ustedes, no hubiese alcanzado todas mis metas. A mi enamorada Estefanía, por su comprensión que ha tenido a lo largo de toda la carrera y por todo su apoyo en cada proyecto y meta trazada.

Agradecer a nuestro asesor y profesor Andrés Melgar, al profesor Luis Vilcahuamán y al equipo de bioingeniería de la PUCP por habernos dado la oportunidad de ser partícipes en el proyecto GTS. Y a todos nuestros amigos que nos dieron su apoyo para sacar adelante este gran proyecto.

Finalmente, agradecer a Luis Miguel por esta larga amistad y por todo su esfuerzo y dedicación en cada proyecto que hemos compartido.

Muchas Gracias.

Kei

Finalmente, agradecemos a INNOVATE PERU a través del proyecto “Desarrollo de una plataforma informática avanzada para gestión de tecnología en establecimientos de salud peruanos” (FINCyT 209-IA-2013) a cargo del Ph.D. Luis Alberto Vilcahuamán Cajacuri, docente de la PUCP.

RESUMEN

El modelo de la actual estructura de la gestión de los establecimientos de salud del país no tiene desarrollado el aspecto tecnológico. Debido a lo anterior, existe un riesgo de que las inversiones realizadas se pierdan debido a la poca capacidad de manejo tecnológico actual.

La problemática afecta directamente a los pacientes debido a la baja efectividad clínica, aumento de la morbilidad y uso del presupuesto en áreas no críticas. Por lo anterior, se busca tener un método que permita cuantificar las pérdidas y sobrecostos que se generan por no tener un modelo organizacional que incluya la gestión de equipos médicos, una mejora en la calidad de los servicios (los cuales repercutirán positivamente en los pacientes) y una mejora en la disposición de residuos ambientales provenientes de los mantenimientos realizados. La gestión de tecnología en salud es un nuevo enfoque integral de gestión especializada basada en los fundamentos de ingeniería clínica, la gestión y la economía que sigue los lineamientos generales de organizaciones mundiales como la Organización Mundial de la Salud desde el 2009.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone la implementación de una plataforma informática que permite dar soporte a la gestión de los equipos médicos en los establecimientos de salud en el país. Esta implementación se realizará en función a los procesos previamente diseñados por el equipo de bioingeniería de la PUCP pertenecientes al proyecto financiado por Innóvate Perú con código 209-FINCYT-IA-2013, en base a los estándares y normas internacionales de la Gestión de las Tecnologías de la Salud de la OMS.

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO INFORMÁTICO

TÍTULO: Implementación de una Plataforma Informática Avanzada que sirva de soporte a los procesos que intervienen en la Gestión de Equipos Médicos en Establecimientos de Salud Peruanos.

ÁREA: Ingeniería de Software.

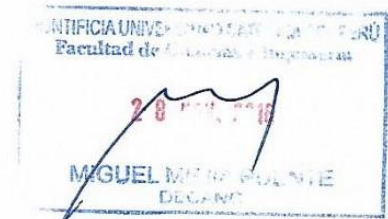
ASESOR: Dr. Héctor Andrés MELGAR SASIETA

ALUMNO(S): Luis Miguel MIRANDA DULANTO, Kei Alonso TAKAYAMA NAKASATO

CÓDIGO(S): 20112078, 20094304

TEMA N°: #646

FECHA: San Miguel, 11 de noviembre de 2016



DESCRIPCIÓN

El modelo de la actual estructura de la gestión de los establecimientos de salud del país no tiene desarrollado el aspecto tecnológico. Debido a lo anterior, existe un riesgo de que las inversiones realizadas se pierdan debido a la poca capacidad de manejo tecnológico actual.

La problemática afecta directamente a los pacientes debido a la baja efectividad clínica, aumento de la morbilidad y uso del presupuesto en áreas no críticas. Por lo anterior, se busca tener un método que permita cuantificar las pérdidas y sobrecostos que se generan por no tener un modelo organizacional que incluya la gestión de equipos médicos, una mejora en la calidad de los servicios (los cuales repercutirán positivamente en los pacientes) y una mejora en la disposición de residuos ambientales provenientes de los mantenimientos realizados. La gestión de tecnología en salud es un nuevo enfoque integral de gestión especializada basada en los fundamentos de ingeniería clínica, la gestión y la economía que sigue los lineamientos generales de organizaciones mundiales como la Organización Mundial de la Salud desde el 2009.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone la implementación de una plataforma informática que permite dar soporte a la gestión de los equipos médicos en los establecimientos de salud en el país. Esta implementación se realizará en función a los procesos previamente diseñados por el equipo de bioingeniería de la PUCP pertenecientes al proyecto financiado por Innóvate Perú con código 209-FINCYT-IA-

2013, en base a los estándares y normas internacionales de la Gestión de las Tecnologías de la Salud de la OMS.

OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de información que soporte los procesos en la gestión de equipos médicos en los establecimientos de salud peruanos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos son:

OE1. Creación de un aplicativo web para la gestión del directorio de equipos médicos en los establecimientos de salud peruanos.

OE2. Creación de un aplicativo web para la programación y seguimiento de los mantenimientos correctivos y preventivos de los equipos médicos en los establecimientos de salud peruanos.

OE3. Creación un aplicativo web para la gestión del retiro de equipos médicos en los establecimientos de salud peruanos.

ALCANCE

El presente proyecto de fin de carrera se enfocará en la Gestión de los Equipos Médicos del Instituto Nacional Materno Perinatal (INMP) y estará asociado con el grupo de Bioingeniería de la PUCP del proyecto financiado por Innóvate Perú (código de contrato: 209-FINCYT-IA-2013), grupo compuesto por especialistas en el campo de la Ingeniería Clínica que realizarán el análisis y mapeo correspondiente de los procesos basados en estándares y normas internacionales de la Gestión de las Tecnologías de la Salud que se aplicarán en los establecimientos de salud peruanos. Con los procesos diseñados, se ha separado la solución completa para la INMP en 6 módulos: planificaciones, adquisiciones, gestión de equipos, riesgos, investigación y recursos humanos. Para el presente proyecto de fin de carrera, se busca brindar una plataforma informática que de soporte a los procesos relacionados únicamente con la gestión de equipos médicos, puesto que el INMP tiene como alta prioridad tener un control adecuado tanto como de los propios equipos médicos como también los

procesos relacionados con ellos, tales como los mantenimientos correctivos, preventivos y la gestión del retiro de los equipos médicos.

Partiendo de esta base se ha delimitado el alcance del proyecto con los siguientes puntos:

- **Mantenimiento de la Información de los Equipos (Tesisista Encargado: Kei Alonso Takayama Nakasato):** Se podrá realizar un control de la información de los datos generales del equipo, como también un seguimiento a las diferentes actividades relacionadas o también al personal participante de dichas actividades, entre otras cosas.
- **Programación de Ordenes de Trabajo de Mantenimiento Correctivo y Preventivo:** Se podrá programar actividades de manera periódica a los equipos médicos, como por ejemplo los mantenimientos correctivos (Tesisista encargado: Luis Miguel Miranda Dulanto) y preventivos (Tesisista encargado: Kei Alonso Takayama Nakasato) que se les dan a los activos o a un conjunto de ellos.
- **Retiro de Equipos Médicos (Tesisista encargado: Luis Miguel Miranda Dulanto):** Se podrá realizar la gestión del retiro de un determinado equipo médico que se encuentra en el establecimiento de salud.

Máximo: 100 páginas

INDICE

<u>APENDICES.....</u>	<u>X</u>
<u>INDICE DE FIGURAS.....</u>	<u>XI</u>
<u>INDICE DE TABLAS.....</u>	<u>XII</u>
<u>CAPÍTULO 1: PROBLEMÁTICA.....</u>	<u>1</u>
1. PROBLEMÁTICA.....	1
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.3. RESULTADOS ESPERADOS.....	5
2. HERRAMIENTAS Y METODOLOGÍAS.....	8
3. ALCANCE.....	12
4. JUSTIFICACIÓN.....	13
5. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	14
<u>CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL.....</u>	<u>17</u>
1. MARCO CONCEPTUAL.....	17
1.1. INTRODUCCIÓN.....	17
1.2. LA INGENIERÍA CLÍNICA Y TECNOLOGÍAS DE LA SALUD.....	17
1.3. LA GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA SALUD.....	19
1.4. LA GESTIÓN DE EQUIPOS MÉDICOS.....	20
1.5. CONCLUSIÓN DEL MARCO CONCEPTUAL.....	23
<u>CAPÍTULO 3: ESTADO DEL ARTE.....</u>	<u>24</u>
1. ESTADO DEL ARTE.....	24
1.1. INTRODUCCIÓN.....	24
1.2. MÉTODO DE REVISIÓN.....	24
1.3. PROTOCOLO DE REVISIÓN.....	24
1.4. EXPLICACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	26
1.5. CONCLUSIÓN DEL ESTADO DEL ARTE.....	36

<u>CAPÍTULO 4: DIRECTORIO DE EQUIPOS MÉDICOS.....</u>	<u>38</u>
1. INTRODUCCIÓN	38
2. RESULTADO ESPERADO 1: LISTA DE REQUISITOS DEL MÓDULO WEB DEL DIRECTORIO DE EQUIPOS MÉDICOS.....	38
3. RESULTADO ESPERADO 2: MODELO DE BASE DE DATOS DEL MÓDULO WEB DEL DIRECTORIO DE EQUIPOS MÉDICOS.....	40
4. RESULTADO ESPERADO 3: MÓDULO WEB DEL DIRECTORIO DE EQUIPOS MÉDICOS.....	41
5. RESULTADO ESPERADO 4: PRUEBAS DE CALIDAD FUNCIONAL A NIVEL DE SISTEMAS DEL MÓDULO WEB DEL DIRECTORIO DE EQUIPOS MÉDICOS.....	44
6. CONCLUSIONES	45
<u>CAPÍTULO 5: PROGRAMACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO.....</u>	<u>47</u>
1. INTRODUCCIÓN	47
2. RESULTADO ESPERADO 5: LISTA DE REQUISITOS DEL MÓDULO WEB DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO.....	47
3. RESULTADO ESPERADO 6: MODELO DE BASE DE DATOS DEL MÓDULO WEB DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO.....	50
4. RESULTADO ESPERADO 7: MÓDULO WEB DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO.....	54
5. RESULTADO ESPERADO 8: PRUEBAS DE CALIDAD FUNCIONAL A NIVEL DE SISTEMAS DEL MÓDULO DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO.	58
5.1. PRUEBAS DE CALIDAD FUNCIONAL A NIVEL DE SISTEMAS DEL MÓDULO DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO	58
5.2. PRUEBAS DE CALIDAD FUNCIONAL A NIVEL DE SISTEMAS DEL MÓDULO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	60
6. CONCLUSIONES	62
<u>CAPÍTULO 6: RETIRO DE EQUIPOS MÉDICOS.....</u>	<u>63</u>
1. INTRODUCCIÓN	63
2. RESULTADO ESPERADO 9: LISTA DE REQUISITOS DEL MÓDULO WEB PARA LA GESTIÓN DEL RETIRO DE EQUIPOS MÉDICOS	63

3. RESULTADO ESPERADO 10: MODELO DE BASE DE DATOS DEL MÓDULO WEB PARA LA GESTIÓN DEL RETIRO DE EQUIPOS MÉDICOS.....	65
4. RESULTADO ESPERADO 11: MÓDULO WEB PARA LA GESTIÓN DEL RETIRO DE EQUIPOS MÉDICOS.....	66
5. RESULTADO ESPERADO 12: PRUEBAS DE CALIDAD FUNCIONAL A NIVEL DE SISTEMAS DEL MÓDULO WEB DE LA GESTIÓN DE RETIRO DE EQUIPOS MÉDICOS	68
6. CONCLUSIONES	69
<u>CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES</u>	<u>71</u>
1. CONCLUSIONES DEL PROYECTO DE FIN DE CARRERA.....	71
1.1. CONCLUSIONES PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 1.....	71
1.2. CONCLUSIONES PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 2.....	71
1.3. CONCLUSIONES PARA EL OBJETIVO ESPECIFICO 3.....	71
2. CONCLUSIONES DEL PROYECTO GTS	72
2.1. CONCLUSIONES PARA EL MÓDULO DE PLANEAMIENTO.....	72
2.2. CONCLUSIONES PARA EL MÓDULO DE ADQUISICIÓN	73
2.3. CONCLUSIONES PARA EL MÓDULO DE BIENES	73
2.4. CONCLUSIONES PARA EL MÓDULO DE RIESGOS.....	73
2.5. CONCLUSIONES PARA EL MÓDULO DE INVESTIGACIÓN.....	74
2.6. CONCLUSIONES PARA EL MÓDULO DE RECURSOS HUMANOS	74
3. PRINCIPALES RESULTADOS	74
4. TRABAJOS FUTUROS	76
5. BENEFICIOS	76
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	<u>78</u>

APENDICES

APENDICE A: LISTA DE REQUISITOS

APÉNDICE B: DICCIONARIO DE DATOS

APÉNDICE C: CATÁLOGO DE PRUEBAS FUNCIONALES A NIVEL DE SISTEMAS

APÉNDICE D: INTERFAZ DEL SISTEMA

APÉNDICE E: PROGRAMACIÓN DE REUNIONES

APÉNDICE F: ROLES Y PERMISOS DE LOS USUARIOS

APÉNDICE G: TABLA DE RIESGOS ASOCIADOS AL PROYECTO

APÉNDICE H: CRONOGRAMA DEL PROYECTO DE FIN DE CARRERA



INDICE DE FIGURAS

1. Figura 1. Diagrama del rango de interacciones del Ingeniero Clínico. Imagen adaptada de J. Bronzino (2000) [23].
2. Figura 2. Ciclo de Vida de la Aplicación de las Tecnologías de la Salud. Imagen recuperada de L. Vilcahuamán (2006) [1].
3. Figura 3. Ejemplos de Dispositivos Médicos. Imagen recuperada de A. Hernández (2012) [29]
4. Figura 4. Desfibrilador cardíaco. Imagen recuperada de S. Drajer (2009) [30]
5. Figura 5. Diagrama de Flujo de un CMMS. Imagen recuperada de la Organización Mundial de la Salud (2012) [27].
6. Figura 6. Modelo de Base de Datos para el Directorio de Equipos Médicos (Imagen de Autoría Propia)
7. Figura 7. Creación de un Equipo Médico (Imagen de autoría propia)
8. Figura 8. Visualización de la información de un Equipo Médico (Imagen de Autoría Propia)
9. Figura 9. Modelo de Base de Datos para el Mantenimiento Correctivo (Imagen de Autoría Propia)
10. Figura 10. Modelo de Base de Datos para el Mantenimiento Preventivo (Imagen de Autoría Propia)
11. Figura 11. Registro de una Solicitud de Mantenimiento Correctivo (Imagen de Autoría Propia)
12. Figura 12. Programación del Mantenimiento Correctivo (Imagen de Autoría Propia)
13. Figura 13. Programación de Mantenimientos Preventivos (Imagen de Autoría Propia)
14. Figura 14. Búsqueda de Mantenimientos Preventivos (Imagen de Autoría Propia)
15. Figura 15. Modelo de Base de Datos del Retiro de Equipos Médicos (Imagen de Autoría Propia)
16. Figura 16. Registro de un Reporte de Retiro de Servicio (Imagen de Autoría Propia)
17. Figura 17. Programación de la Orden de Retiro de un Equipo Médico (Imagen de Autoría Propia)
18. Figura 18. Capacitación para el uso del Sistema GTS (Imagen de Autoría Propia)

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados Esperados

Tabla 2. Medios o Fuentes de Verificación por Tipo de Resultado Esperado

Tabla 3. Soluciones Informáticas existentes para la Gestión de las Tecnologías de la Salud

Tabla 4. Cuadro sobre la cantidad de resultados devueltos por las bases de datos

Tabla 5. Características por publicación encontrada para la pregunta N° 1

Tabla 6. Características por publicación encontrada para la pregunta N° 2

Tabla 7. Características por publicación encontrada para la pregunta N° 3

Tabla 8. Características por publicación encontrada para la pregunta N°4

Tabla 9. Requisitos relevantes para la gestión del Directorio de Equipos Médicos

Tabla 10. Registro de un nuevo equipo médico

Tabla 11. Actualización de la información correspondiente a un equipo médico

Tabla 12. Requisitos relevantes para el Mantenimiento Correctivo

Tabla 13. Requisitos relevantes para el Mantenimiento Preventivo

Tabla 14. Prueba de un Registro correcto de una Nueva Solicitud

Tabla 15. Programación correcta de una Orden de Mantenimiento Correctivo

Tabla 16. Prueba de una correcta Actualización de una Ficha de Orden de Mantenimiento Correctivo

Tabla 17. Prueba de la Programación correcta de un Mantenimiento Preventivo

Tabla 18. Prueba de una correcta Actualización de una Orden de Mantenimiento Preventivo

Tabla 19. Lista de Requisitos para la Gestión de Retiro de Equipos

Tabla 20. Prueba de un correcto Registro de un Reporte de Retiro de Equipo Médico

Tabla 21. Prueba de una correcta Programación de una Orden de Retiro de Equipo Médico

Tabla 22. Prueba de una correcta Actualización de una Ficha de Orden de Retiro

CAPÍTULO 1: PROBLEMÁTICA

1. PROBLEMÁTICA

Las tecnologías sanitarias, definidas como los equipos, dispositivos médicos y quirúrgicos, medicamentos y procedimientos quirúrgicos empleados en la atención médica [1], son esenciales para el funcionamiento de un sistema de salud. En particular, los dispositivos médicos son indispensables para la prevención, el diagnóstico y tratamiento de enfermedades y también para la rehabilitación de los pacientes [2]. Es de suma importancia considerar las amenazas y riesgos asociados a una mala gestión de estos equipos médicos, debido a que estos pueden impactar directamente en la salud del paciente o en la disponibilidad de los servicios brindados por los establecimientos de salud [3].

Con el fin de asegurar la calidad tanto en la atención del paciente como en la misma gestión de los equipos, es necesario considerar que la demanda de estos servicios serán ilimitados, sin embargo, los recursos no los son, por lo que es necesario una gerencia en aspectos tecnológicos [1]. Los principios por los cuales se rige el sector salud peruano aún no incorporan dicha gerencia y delegan esta responsabilidad a las gerencias administrativas, las cuales no siempre cuentan con una estructura funcional que brinde un tratamiento correcto de la tecnología [1]. En consecuencia, no se tiene una gran capacidad para resolver problemas, ni tampoco para poder gestionar el ciclo de vida de la aplicación de las tecnologías (CAT); lo cual trae un impacto negativo a los procesos de planificación y evaluación de las tecnologías de la salud, selección y adquisición de nuevos equipos médicos, y finalmente la operatividad del equipo o dispositivo médico se ven directamente afectados. Esto conlleva a no tener una responsabilidad sobre la seguridad del paciente [4].

Esta inadecuada gestión en las tecnologías también se debe al reciente ingreso de la Ingeniería Clínica en nuestro medio, que ha emergido como producto del desarrollo de las tecnologías de salud en el ámbito clínico. Como disciplina tiene roles y funciones bien establecidos que buscan mejorar el uso de la tecnología aplicada al paciente. A pesar de la importancia de la Ingeniería Clínica en el ámbito hospitalario y clínico en general, no se han incorporado en forma sistemática departamentos de esta especialidad en hospitales peruanos [5].

La Gestión de Tecnologías de Salud (GTS), es el conjunto de procedimientos sistemáticos para proveer y evaluar la tecnología apropiada; garantizando que sea segura, eficaz y de coste efectivo en una unidad médica o en un sistema de salud. Además, implica la organización y coordinación de un conjunto de actividades que tienen el fin de asegurar el éxito en la gestión de los equipos médicos [6]. En nuestro país no se cuenta con una adecuada gestión en las tecnologías sanitarias; debido a que, como se mencionó anteriormente, las entidades de salud han mejorado principalmente sus procesos administrativos y clínicos, dejando de lado el aspecto tecnológico [7]. Esto se refleja en los altos costos operativos, la baja operatividad de los equipos, la inseguridad en el uso de la tecnología, la carga documentaria, entre otros muchos aspectos.

Otro problema que se presenta es la ausencia en la implementación de Evaluaciones de Tecnologías Sanitarias (ETS), herramienta fundamental para la toma de decisiones y selección de nuevas tecnologías en el sector de salud [8]. Han existido proyectos de parte del Seguro Social de Salud del Perú (EsSalud) pero que no han llegado a buen rumbo. Por ejemplo, para agosto del 2013, existió un proyecto para la creación de la Gerencia de Innovación Tecnológica en Salud de la que dependería una Sub-gerencia de Evaluación de Tecnología de la Salud. Sin embargo no se ha llegado a conformar en EsSalud ninguna unidad específica que se encargue de realizar las ETS [8].

La gestión de equipos médicos implica la detección de necesidades y planificación de los mantenimientos, evaluación, instalación, capacitación, operatividad, obsolescencia y baja, del equipo médico y/o la reposición del mismo [9].

En la gestión de los equipos médicos, según la OMS, se enfatizan los siguientes procesos: la gestión del inventario de los equipos médicos, el mantenimiento correctivo y preventivo, y la gestión del retiro de los equipos.

La gestión del inventario de equipos médicos, también llamado Directorio de Equipos Médicos, tiene la finalidad de garantizar la seguridad y eficacia de los equipos médicos. Además, permite la elaboración de presupuestos para adquisiciones y operación de los equipos médicos; y así mismo, la planificación de las actividades de mantenimiento [10].

Por otro lado, está la gestión de los mantenimientos de los equipos médicos. Los equipos médicos exigen una inversión considerable y muchas veces tienen altos costos de mantenimiento, es por ello que se debe contar con un programa adecuado de mantenimiento con el fin de prolongar la vida útil de los equipos y

minimizar los costos relacionados a su posesión [2]. En dicha gestión existen diversos tipos de mantenimiento de los cuáles se destacan dos: el mantenimiento correctivo y preventivo [4]. El mantenimiento correctivo es el trabajo realizado sobre el equipo o parte de este para restaurar su estado operacional, siendo este mantenimiento de alta prioridad, dependiendo de la necesidad de que el equipo médico esté operativo. Esta actividad no es planificada, se lleva a cabo a partir del reporte que hace el personal médico encargado de realizar la actividad de mantenimiento de los equipos[11]. Por otro lado, el mantenimiento preventivo es el proceso que normalmente incluye inspecciones de instrumentos y equipos médicos de manera periódica, haciendo tareas de limpieza, lubricación, ajuste, comprobación y reemplazo de piezas defectuosas, que puedan alterar el estado operacional del propio equipo [11].

Finalmente está la gestión del retiro de servicio de los equipos médicos en los establecimientos de salud. Este es el proceso que ocurre cuando se determina como motivo: la caducidad de la vida útil de un equipo médico, los elevados costos de operatividad y mantenimiento, alta ocurrencia de incidentes o la falta de disponibilidad de repuestos. Debido a estos motivos, se procede a retirar el equipo del establecimiento, puesto que ya no provee seguridad, confianza y un servicio efectivo [12].

Con el paso del tiempo estas actividades han demandado y demandarán mayor atención debido a que los equipos médicos se vuelven más sofisticados y juegan un papel más crucial [13]. A pesar de esta gran demanda en el Perú, no se realizan adecuadamente estos procesos, ocasionando, en consecuencia, un seguimiento erróneo del Ciclo de Vida de los equipos médicos, que implicaría en malas decisiones en: la planificación, adquisición, operatividad y retiro de los equipos médicos [1].

Las tecnologías de información se convierte en parte de esta problemática en la atención sanitaria, que entre otras causas de su ineficiencia está la mala calidad de los sistemas de información [1]. Esta mala calidad se debe a que no se le está dando importancia al campo de la Informática en la salud, cuyo objetivo es la administración de la información en el cuidado de la salud y su aplicación a la práctica clínica [14]. Ello demanda realizar un esfuerzo institucional de cierta magnitud, especialmente en el ámbito de la tecnología de información [1].

Por otro lado, en el campo de la Informática Médica, existen varios problemas en la producción de información en salud en el nivel local, que repercuten en la calidad

de la información y dificultan su aplicación en la Gestión de las Tecnologías de la Salud. Estos problemas son: registros asistemáticos, ausencia de soporte magnético (en formato papel), bases de datos sin formalización institucional (falta de reconocimiento formal de la institución), superposiciones e incoherencias entre bases de datos semejantes, entre otros problemas. En definitiva, esta información presentada así es de muy baja utilidad en la planificación, toma de decisiones y en la evaluación de las tecnologías sanitarias y como consecuencia, insuficiente para dar soporte a la gestión de equipos médicos [15].

En resumen, la Ingeniería Clínica, la Gestión de las Tecnologías de la Salud y los procesos que de ambos se deriven, como la planificación y evaluación de tecnologías en la salud, la adquisición y la gestión de equipos médicos, permitirán revertir esta problemática y orientarse al desarrollo sostenible de las tecnologías sanitarias, constituyendo en un soporte apropiado para la mejora de la gestión en salud [1].

Bajo este contexto y dando como alta priorización a la gestión de los equipos médicos, se plantea la siguiente pregunta que direccionará el proyecto: **¿De qué manera se puede mejorar los procesos involucrados en la gestión de los equipos médicos en los establecimientos de salud en el país?**

En el año 2013, el equipo de bioingeniería de la PUCP inició el proyecto GTS financiado por Innóvate Perú con código de contrato 209-FINCYT-IA-2013, que tiene como objetivo la fomentación y aplicación de la Gestión de Tecnologías de la Salud en el Instituto Nacional Materno Perinatal (INMP). El proyecto tiene como finalidad brindar al INMP una plataforma informática que les permita dar un correcto tratamiento al equipo médico durante su ciclo de vida de aplicación. Empezando por la planificación y evaluación de las necesidades de los servicios clínicos, lo cual permitirá lograr una correcta selección e incorporación de nuevos equipos médicos. Con el fin que los equipos médicos estén en buenas condiciones y sean seguros operativamente, la gestión de los equipos médicos es un punto importante de este proyecto; ya que permitirá el correcto control operativo y la administración de los mantenimientos necesarios para mantener a los equipos médicos en buen estado. Además, la gestión de los equipos médicos brindará la información necesaria para la planificación y adquisición de los nuevos equipos médicos para los servicios clínicos. Y finalmente, para finalizar el ciclo de vida se tiene a la gestión del retiro del equipo médico.

El objetivo de este proyecto de fin de carrera es buscar una alternativa de solución para mejorar la Gestión de las Tecnologías en la Salud con apoyo de las tecnologías de información, considerando como uno de los principales problemas la gestión de los equipos médicos en los establecimientos de salud en el país; ya que actualmente no se cuenta con un correcto control operativo, ni con una gestión adecuada de los mantenimientos. Lo cual trae como consecuencia, la falta de información para los procesos de planificación y adquisición de nuevos equipos médicos; como también, la inoperatividad de los equipos médicos.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de información que soporte los procesos en la gestión de equipos médicos en los establecimientos de salud peruanos.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Creación de un aplicativo Web para la gestión del directorio de equipos médicos en los establecimientos de salud peruanos.
2. Creación de un aplicativo Web para la programación y seguimiento de los mantenimientos correctivos y preventivos de los equipos médicos en los establecimientos de salud peruanos.
3. Creación de aplicativo Web para la gestión del retiro de equipos médicos en los establecimientos de salud peruanos.

1.3. RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados esperados que guardan relación con cada uno de los objetivos específicos son los que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados Esperados

Resultado Esperado	Descripción
Objetivo Específico 1: Creación de un aplicativo Web para la gestión del directorio de equipos médicos en los establecimientos de salud peruanos.	
RE1. Lista de Requisitos del módulo Web para la Gestión del Directorio de Equipos Médicos.	Catálogo de requisitos relacionado a la elaboración del aplicativo Web para la gestión del directorio de equipos médicos.
RE2. Modelo de la Base de Datos del módulo Web para la Gestión del Directorio de Equipos Médicos.	Modelo de base de datos que de soporte al aplicativo Web para la gestión del directorio de equipos médicos.
RE3. Directorio de Equipos Médicos	Módulo Web para la gestión del directorio de equipos médicos
RE4. Pruebas de calidad funcional del módulo Web para la Gestión del Directorio de Equipos Médicos.	Pruebas de calidad funcional a nivel de sistemas del módulo Web para la gestión del directorio de equipos médicos.
Objetivo Específico 2: Creación de un aplicativo Web para la programación y seguimiento de los mantenimientos correctivos y preventivos de los equipos médicos en los establecimientos de salud peruanos.	
RE5. Lista de Requisitos del módulo Web del Mantenimiento Correctivo y Preventivo	Catálogo de requisitos relacionado a la elaboración del aplicativo Web para la programación y seguimiento de los mantenimientos correctivos y preventivos de los equipos médicos.
RE6. Modelo de la Base de Datos del módulo Web del Mantenimiento Correctivo y Preventivo	Modelo de base de datos que de soporte al aplicativo Web para la programación y seguimiento de los mantenimientos correctivos y preventivos de los equipos médicos.
RE7. Mantenimiento Correctivo y Preventivo	Módulo Web para la programación y seguimiento de los mantenimientos correctivos y preventivos de los equipos médicos
RE8. Pruebas de calidad funcional del módulo Web del Mantenimiento Correctivo y	Pruebas de calidad funcional a nivel de sistemas del módulo Web para la programación y seguimiento de los mantenimientos correctivos y preventivos de los equipos

Preventivo	médicos.
Objetivo Específico 3: Creación de un aplicativo Web para la gestión del retiro de equipos médicos en los establecimientos de salud peruanos.	
RE9. Lista de Requisitos del módulo Web para la Gestión del Retiro de Equipos Médicos	Catálogo de requisitos relacionado a la elaboración del aplicativo Web para la gestión del retiro de equipos médicos.
RE10. Modelo de la Base de Datos del módulo Web para la Gestión del Retiro de Equipos Médicos	Modelo de base de datos que de soporte al aplicativo Web para la gestión del retiro de equipos médicos.
RE11. Gestión de Retiro de Equipos Médicos	Módulo Web para la gestión del retiro de equipos médicos.
RE12. Pruebas de calidad funcional del módulo Web para la Gestión del Retiro de Equipos Médicos	Pruebas de calidad funcional a nivel de sistemas del módulo Web para la gestión del retiro de equipos médicos.

Como se apreció en la tabla 1, cada objetivo específico cuenta con la misma estructura de resultados esperados: lista de requisitos, modelo de base de datos, el módulo propiamente dicho y las pruebas de calidad funcional del módulo. En la tabla 2, se muestran los medios o fuentes de verificación por cada tipo de resultado esperado.

Tabla 2. Medios o Fuentes de Verificación por Tipo de Resultado Esperado

Resultado Esperado	Medios / Fuentes de Verificación
Lista de Requisitos del Módulo	<ul style="list-style-type: none"> • Catálogo de Requisitos • Validación con el Jefe de Proyecto
Modelo de Base de Datos del Módulo	<ul style="list-style-type: none"> • Catálogo de Requisitos • Modelo de Base de Datos • Script del Modelo de Base de Datos • Validación con el Jefe de Proyecto
Módulo (Funcionalidad)	<ul style="list-style-type: none"> • Catálogo de Requisitos • Estructura del Módulo

	<ul style="list-style-type: none"> • Validación con el Jefe de Proyecto
Prueba de Calidad Funcional a Nivel de Sistemas	<ul style="list-style-type: none"> • Clases de Equivalencias • Casos de Prueba • Validación con el Jefe de Proyecto

2. HERRAMIENTAS Y METODOLOGÍAS

A continuación, se muestran las herramientas que permitirán la elaboración de los resultados esperados. Cabe resaltar que por cada resultado esperado se emplearán las mismas herramientas y la misma metodología.

2.3. HERRAMIENTAS

2.3.1. Sublime Text 2:

*Sublime Text 2*¹ es un editor de textos multiplataforma, orientado principalmente para ofrecerle herramientas versátiles al programador como el soporte de diferentes lenguajes de programación y cuenta con una gran comunidad de usuarios [16]. Es una herramienta de código abierto que soporta diferentes lenguajes de programación que facilita el trabajo del programador, permitiéndole automatizar diversas tareas repetitivas, el autocompletado de sintaxis de programación y la extensión de funcionalidades a través de *plugins*. Para el presente proyecto, Sublime Text 2 será la herramienta que permitirá implementar la plataforma informática puesto que esta herramienta agiliza el proceso de elaboración del código fuente gracias a las características mostradas anteriormente.

2.3.2. Laravel Framework:

*Laravel Framework*² es una herramienta para el desarrollo de aplicaciones Web que le permite realizar diversas tareas, que usualmente son consideradas engorrosas en el transcurso del desarrollo, de manera sencilla y simplificada como la autenticación de usuarios, el re-direccionamiento de las diversas vistas y la gestión de sesiones.

¹ <http://www.sublimetext.com/>

² <http://laravel.com/docs/4.2/introduction>

Para el presente proyecto, Laravel Framework será la herramienta seleccionada para desarrollar la plataforma Web puesto que permite utilizar el patrón MVC (Modelo Vista Controlador) de una manera más sencilla, reduciendo la cantidad de código y permite contar con una gran cantidad de documentación y una gran comunidad de desarrolladores, ayudando a reducir la curva de aprendizaje.

2.3.3. PhpMyAdmin:

*PhpMyAdmin*³ es un software libre, desarrollado en PHP, que ofrece una herramienta para la administración de bases de datos MySQL desde la web. PhpMyAdmin ofrece un amplio soporte de las funcionalidades de MySQL y MariaDB. Esta herramienta permite al usuario gestionar fácilmente su base de datos, tablas, relaciones, registros y otros elementos de la base de datos desde una interfaz gráfica, y además permite al usuario la ejecución directa de sentencias SQL.

Para el presente proyecto PhpMyAdmin será la herramienta seleccionada para la administración de la base de datos, puesto que, debido a su interfaz Web, no requiere de instalación alguna, haciendo que la accesibilidad a ella se vuelva sencilla.

2.3.4. GitHub:

*GitHub*⁴ es una plataforma de desarrollo colaborativo de software para alojar proyectos utilizando el sistema de control de versiones. Aloja un repositorio de código y brinda herramientas muy útiles para el trabajo en equipo, dentro de un proyecto. Además de eso, brinda la posibilidad de mejorar el software de los demás. Para poder alcanzar esta meta, GitHub provee de funcionalidades para hacer un *fork* y solicitar *pulls*. Realizar un *fork* significa clonar un repositorio ajeno (genera una copia en la cuenta de un usuario), para eliminar algún *bug* o modificar cosas de él. Una vez realizadas las modificaciones se envía un *pull* al dueño del proyecto. Éste podrá analizar los cambios que se han realizado fácilmente, y finalmente decidir si se aceptan los cambios en el repositorio original.

Para el presente proyecto, GitHub será la herramienta que proporcione una gestión adecuada de las versiones de la plataforma informática entre las personas responsables para el desarrollo del mismo.

³ <https://www.phpmyadmin.net/>

⁴ <https://github.com/>

2.3.5. Mysql Workbench:

*MySQL Workbench*⁵ es una herramienta gráfica para trabajar con servidores y bases de datos MySQL. MySQL Workbench permite crear y administrar las conexiones a servidores de base de datos. Además, permite crear modelos de su esquema de base de datos de forma gráfica mediante el uso de un editor de tablas integral. Por otro lado, asimismo, la presente herramienta proporciona una consola visual para administrar fácilmente entornos MySQL y obtener una mejor visibilidad de las bases de datos. Los desarrolladores y DBA's pueden utilizar las herramientas visuales para la configuración de los servidores, la administración de usuarios, la realización de copias de seguridad y recuperación, los datos de auditoría de inspección.

En el presente proyecto, se utilizará un servidor de base de datos MySQL puesto que el volumen de datos a gestionar es soportado por este motor y se empleará MySQL Workbench porque permite crear el modelo de base de datos de forma intuitiva debido a su interfaz gráfica.

2.3.6. Apache Tomcat:

*Apache Tomcat*⁶ es una implementación de software de código abierto de las tecnologías Java Servlets y JavaServer Pages. Las especificaciones Java Servlet y JavaServer Pages son desarrollados bajo la Java Community Process.

Para el presente proyecto se utilizará Apache Tomcat, puesto que es de código abierto, altamente configurable y permitirá realizar las ejecuciones de las funcionalidades de la plataforma Web.

2.4. METODOLOGÍA:

2.4.1. Metodología RUP:

La metodología RUP provee un acercamiento disciplinado para asignar tareas y responsabilidades dentro de una organización de desarrollo [17]. Para el presente proyecto, se utilizará esta metodología, puesto que el objetivo es asegurar la producción de un software de alta calidad que satisfaga los requerimientos de los usuarios finales respetando cronograma y presupuesto. Fue desarrollado por Rational Software, y está integrado con toda la suite Rational de herramientas.

⁵ <https://www.mysql.com/products/workbench/>

⁶ <http://tomcat.apache.org/>

Puede ser adaptado y extendido para satisfacer las necesidades de la organización que lo adopte. [17].

RUP posee 2 dimensiones que son la organización del proyecto sobre el eje del tiempo y las áreas de trabajo en un proyecto de desarrollo de software. Un área de trabajo es llamada una *disciplina* en RUP. Las 9 disciplinas definidas por RUP son [18]:

- **Modelamiento de Negocio:** Descripción de los procesos de negocio y la estructura interna del negocio.
- **Gestión de Requisitos:** Gestión de las necesidades del cliente.
- **Análisis y Diseño:** Creación de la arquitectura y diseño del software.
- **Implementación:** Desarrollo del software.
- **Pruebas:** Integración, pruebas y aceptación del sistema.
- **Despliegue:** Tareas necesarias para hacer que el software esté disponible para los usuarios finales.
- **Gestión de Proyecto:** Planificación y monitoreo del proyecto.
- **Gestión de Cambios y Configuraciones:** Tareas relacionadas a las versiones del software y la gestión de solicitudes de cambios.
- **Ambiente:** Adaptación de los procesos a las necesidades del proyecto o la organización.

Respecto al tema de la Gestión del Proyecto, en el apéndice se encuentra incluido el cronograma del Proyecto (Apéndice H) y la Lista de Riesgos (Apéndice G) identificados para la implementación de la solución informática.

Por otro lado, la organización del proyecto se separa en 4 fases [18]:

- **Concepción:** Definición de los objetivos del proyecto, incluyendo los casos de negocio.
- **Elaboración:** Creación y validación de la arquitectura, capturando los requerimientos más críticos, planificando y estimando el resto del proyecto.
- **Construcción:** Implementación del software basado en la arquitectura creada en la fase anterior.
- **Transición:** Preparación de las pruebas y la liberación del software a los usuarios finales.

3. ALCANCE

El presente proyecto de fin de carrera, perteneciente al área de Sistemas de Información y de tipo implementación, se enfocará en la Gestión de los Equipos Médicos del Instituto Nacional Materno Perinatal (INMP) y estará asociado con el grupo de Bioingeniería de la PUCP del proyecto financiado por Innóvate Perú (código de contrato: 209-FINCYT-IA-2013), grupo compuesto por especialistas en el campo de la Ingeniería Clínica que realizarán el análisis y mapeo correspondiente de los procesos de la Gestión de las Tecnologías de la Salud que se aplicarán en los establecimientos de salud peruanos. Con los procesos diseñados por el equipo de Bioingeniería de la PUCP para este proyecto, se ha separado la solución completa en 6 módulos: planificaciones, adquisiciones, gestión de equipos, riesgos, investigación y recursos humanos [19]. Para el presente proyecto de fin de carrera, se busca brindar una plataforma informática que de soporte a los procesos relacionados únicamente con la gestión de equipos médicos, puesto que el INMP tiene como alta prioridad tener un control adecuado tanto de los propios equipos médicos como también de los procesos relacionados con ellos, tales como los mantenimientos, inspecciones, acondicionamientos e instalaciones de los equipos médicos.

Cabe resaltar que para el presente proyecto de fin de carrera y para el proyecto GTS, los clientes y usuarios finales fueron el mismo grupo de Bioingeniería de la PUCP, grupo dirigido por el profesor Luis Vilcahuamán, especialista en Gestión y Evaluación de las Tecnologías de Salud e Ingeniería Clínica y Director de la Maestría de Ingeniería Biomédica en la PUCP.

Partiendo de esta base se ha delimitado el alcance del proyecto con los siguientes puntos:

- **Mantenimiento de la Información de los Equipos (Tesista Encargado: Kei Alonso Takayama Nakasato):** Se podrá realizar un control de la información de los datos generales del equipo, como también un seguimiento a las diferentes actividades relacionadas o también al personal participante de dichas actividades, entre otras cosas.
- **Programación de Ordenes de Trabajo de Mantenimiento Correctivo y Preventivo:** Se podrá programar actividades de manera periódica a los equipos médicos, como por ejemplo los mantenimientos correctivos (Tesista encargado: Luis Miguel Miranda Dulanto) y preventivos (Tesista

encargado: Kei Alonso Takayama Nakasato) que se les dan a los activos o a un conjunto de ellos.

- **Retiro de Equipos Médicos (Tesis encargada: Luis Miguel Miranda Dulanto):** Se podrá realizar la gestión del retiro de un determinado equipo médico que se encuentra en el establecimiento de salud.

4. JUSTIFICACIÓN

Los procesos de mejora en las organizaciones del sector salud se han enfocado en atender principalmente los aspectos clínicos y administrativos, sin tener en cuenta el impacto que la tecnología está teniendo en forma creciente en la calidad y seguridad de la atención [1]. Es claro que cada día la tecnología juega un papel más predominante en la prestación de servicios de salud y que se requiere desarrollar la capacidad nacional e institucional para asegurar su uso apropiado y costo efectivo [1].

Además, la tecnología sanitaria se ha convertido en un elemento crucial de la atención para la salud, que permite a los proveedores de atención sanitaria diagnosticar, atender, monitorear y tratar a los pacientes en un entorno de atención adecuado. La gestión de calidad de la tecnología de atención sanitaria ayuda a garantizar que estos servicios se proporcionen de forma segura y eficaz [2]. Es por ello que existe una mayor dependencia de la tecnología por parte del personal médico, lo cual genera una necesidad de desarrollar procesos y herramientas eficientes de gestión tecnológica que brinden un adecuado desempeño de la misma, con el fin de dar o contar con un correcto cuidado y control a los equipos médicos como también contar con personal capacitado para el manejo de dicha tecnología [20].

Por lo tanto, el desarrollo de este proyecto de fin de carrera, financiado por Innóvate Perú con código de contrato 209-FINCYT-IA-2013, tiene como finalidad buscar una alternativa de solución para mejorar la Gestión de las Tecnologías de la Salud con apoyo de las tecnologías de información. Esperando que, a largo plazo, se logre mejorar los tiempos de disponibilidad de las tecnologías empleadas en los establecimientos de salud. Y en consecuencia, los pacientes contarán con mejores servicios médicos para la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

El proyecto ha tomado en consideración uno de los principales problemas en la gestión de los equipos médicos en los establecimientos de salud en el país. Por

esta razón, el sistema de información a desarrollarse cuenta con un módulo para la gestión de bienes ofreciendo funcionalidades para el mantenimiento de la información de los equipos médicos, la gestión de la programación de órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo y preventivo y el retiro de equipos médicos.

De esta manera, mediante el uso de la herramienta elaborada se podrá brindar un mejor soporte a la gestión de equipos médicos; ya que se contará con la información necesaria y actualizada de los equipos médicos para su evaluación, diagnóstico y mantenimiento. Por otro lado, la herramienta ayudará a gestionar y llevar el control de los mantenimientos correctivos y preventivos permitiendo lograr una reducción en los costos incurridos.

5. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

A continuación, se mostrarán alternativas de solución al problema a resolver en el presente proyecto de fin de carrera, el cual consiste en mejorar la inadecuada gestión de los equipos médicos en los establecimientos de salud peruanos:

a. Adquisición de un ERP basado en software libre:

Una posible alternativa tecnológica para el problema planteado es la adquisición de un ERP (*Enterprise Resource Planning* de sus siglas en inglés) para los establecimientos de salud en el país, puesto que, para el caso del INMP, se cuenta con varios procesos: planeamiento, adquisiciones, gestión de bienes, recursos humanos, entre otros. Ante estos procesos, con el uso del ERP, se puede realizar una estandarización de estos; permitiendo entre otras cosas, la mejora en el flujo de información, la asistencia en el desarrollo de nuevas estrategias de organización y además la reducción del tiempo de ciclo de vida de estos, como por ejemplo, en la ejecución de los mantenimientos de los equipos médicos [21]. La característica que este software sea Open Source, da la posibilidad de customizar este mismo, haciendo que sea más flexible a los procesos que se realizan en los establecimientos de salud.

No se optó por esta alternativa puesto que las plataformas ERP poseen funcionalidades dependiendo del tipo de empresa, y en algunos casos no se llega a explotar al máximo las características de esta herramienta. Por otro lado, la finalidad del proyecto es la de contar con una plataforma apta para todos los establecimientos de salud del país, haciendo que esta deba ser una plataforma más genérica y no a la medida.

b. Mantener la Gestión de la Información mediante Herramientas de Ofimática:

Otra alternativa es la gestión de la información de los equipos médicos mediante el uso de herramientas de ofimática, por ejemplo, los gestores de hoja de cálculo. Esta alternativa presenta desventajas respecto a la implementación o adquisición de un software que permita hacer los mismos procesos. Entre las desventajas que presenta, se encuentran las siguientes:

- Existe una gran dificultad cuando se necesita actualizar periódicamente la información contenida en los archivos. En los establecimientos de salud, se necesita registrar una gran cantidad de información de los equipos médicos y los diversos mantenimientos que se les realizan en un corto periodo de tiempo debido a la frecuencia de ejecución de estas actividades.
- El tiempo de procesamiento de la información en un archivo Excel es directamente proporcional a la cantidad de funciones automatizadas (Macros) existentes en la hoja de cálculo que se utilizarán para la administración y control de la información almacenada.

c. Adquisición de un software para la Gestión de las Tecnologías de la Salud que se encuentre en el mercado:

En el mundo existen diversas soluciones informáticas que permiten contar con una adecuada Gestión de Tecnologías de Salud como son las que se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Soluciones Informáticas existentes para la Gestión de las Tecnologías de la Salud

Nombre del Software	Características Principales
Mini-HTA (Health Technology Assessment) ⁷	1. Da soporte a las tomas de decisiones para la introducción de nuevas tecnologías. 2. Permite la evaluación de la efectividad clínica, riesgo, costos y ventajas debido a los cambios generados por la introducción de la tecnología.

⁷ http://www.who.int/medical_devices/Sun_am_HTA_6_ARENTZ_HANSEN.pdf

HEMS EQ2 ⁸	<ol style="list-style-type: none"> 1. Permite programar de manera automatizada por los procesos de control de inventario. 2. Permite que el trabajo se encuentre digitalizado. 3. Elaboración de Dashboards de acuerdo a las necesidades de los establecimientos para la toma de decisiones.
Ekahau -Asset Tracking & Management Solution ⁹	<ol style="list-style-type: none"> 1. Muestra la información de los activos incluyendo la ubicación y el estado de disponibilidad. 2. Reduce el tiempo de búsqueda de equipos médicos para los cuidadores. 3. Realiza el seguimiento de la historia de movimiento de un activo. 4. Busca reducir el costo generado por las órdenes de trabajo.
Asset360 Equipment Management Program ¹⁰	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gestiona altos volúmenes de equipos médicos. 2. Mejora el control sobre los equipos. 3. Permite la gestión de equipos quirúrgicos.

No se optaron por adquirir ninguna de estas plataformas, puesto que el propósito del proyecto GTS, proyecto financiado por Innóvate Perú, es la de implementar una plataforma informática. Por otro lado, como se comentó en el alcance, el software completo consta de 6 módulos: Adquisición, Planeamiento, Bienes, Riesgos, RRHH e Investigación, siendo estos 2 últimos módulos la propuesta que hace la PUCP hacia los establecimientos de salud para mejorar la gestión tecnológica en aspectos de investigación y gestión del personal encargado del cuidado y uso de las tecnologías.

⁸ <http://www.eq2.com/pdf/EQ2-Brochure-WithChart.pdf>

⁹ <http://www.ekahau.com/real-time-location-system/solutions/healthcare/asset-tracking-management>

¹⁰ <https://www.uhs.com/medical-equipment-services/on-site-management/>

CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1. INTRODUCCIÓN

La siguiente sección tiene como objetivo mostrar diversos conceptos que permitan dar un mejor entendimiento al proceso de gestión de las tecnologías sanitarias en los establecimientos de salud peruanos. Con el fin de clasificar estos conceptos, se dividió esta sección en 3 partes: conceptos relacionados a la Ingeniería Clínica y las Tecnologías de la Salud, conceptos relacionados a la Gestión de Tecnologías de Salud y, por último, los conceptos relacionados a la Gestión de Equipos Médicos.

1.2. LA INGENIERÍA CLÍNICA Y TECNOLOGÍAS DE LA SALUD

Ingeniería Clínica: según la *American College of Clinical Engineering*¹¹ (ACCE), el ingeniero clínico es un profesional que sostiene y mejora el cuidado del paciente, aplicando sus habilidades de ingeniería y de gestión en la tecnología de la salud. Dicha rama es considerada como un subconjunto de la Ingeniería Biomédica, debido a que dicha disciplina se practica en institutos académicos mientras que la Ingeniería Clínica se practica principalmente en hospitales [22]. El ingeniero clínico está vinculado con la aplicación de conocimiento científico y tecnológico desarrollado dentro del entorno de atención de la salud en el soporte de actividades clínicas [23]. En la figura 1, se presentan las diversas interacciones que tiene el ingeniero clínico en el establecimiento de salud, con el fin de mostrar la multidisciplinariedad que posee este profesional. Como se llega a apreciar, el ingeniero clínico interactúa en diferentes procesos dentro de un sistema de salud, ya sea dentro de la gestión del establecimiento, la atención a requerimientos de tecnologías, la gestión del mantenimiento de los equipos y la búsqueda de la mejora en la calidad de atención al paciente.

¹¹ www.accenet.org

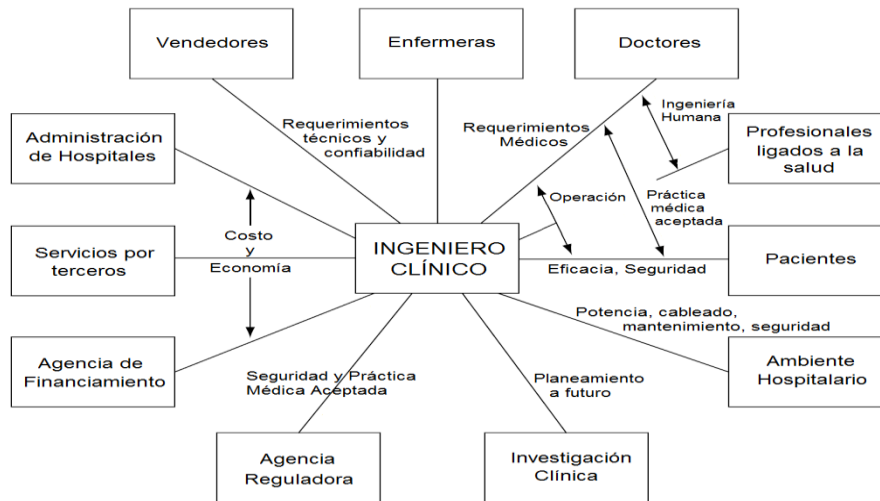


Figura 1. Diagrama del rango de interacciones del Ingeniero Clínico.

Imagen adaptada de J. Bronzino (2000) [23].

En relación al problema planteado, el ingeniero clínico y, por tanto, la Ingeniería Clínica, permiten mejorar la gestión de los equipos médicos mediante, por ejemplo, el cumplimiento de los diversos tipos de mantenimiento (p. ej. mantenimiento preventivo, correctivo, verificaciones metrológicas) que permiten mantener la calidad de los equipos. Además realizan la coordinación de nuevas inversiones en tecnologías biomédicas que permitan mejorar la selección de estos de acuerdo al crecimiento programado, procurando adecuadas garantías de mantenimiento del nuevo equipo a fin de asegurar su explotación durante toda su vida útil [24].

Tecnologías de la Salud: En un contexto más general, las Tecnologías de la Salud (TS) incluye los dispositivos médicos, equipamientos, sistemas informáticos (software), medicamentos y procedimientos quirúrgicos. Según la *International Network of Agencies for Health Technology Assessment*¹² (INAHTA), la finalidad de las TS es de ser promotores de la salud, de la prevención, diagnóstico o tratamiento de una enfermedad y rehabilitación o cuidados prolongados [25]. Comprenden desde dispositivos médicos sencillos como depresores linguales de madera y dispositivos auxiliares hasta los más complejos implantes, sistemas de obtención de imágenes médicas, todos estos con una función significativa para la atención del paciente y por ende, generan una alta necesidad de una gestión adecuada [26].

Ciclo de Vida de la Aplicación de las Tecnologías de la Salud (CAT): El ciclo de vida de la aplicación de las TS es el proceso de incorporación y de disposición

¹² www.inahta.org

de una tecnología en un sistema de servicio de salud. Dicho ciclo es específico para cada TS y los procesos que están involucrados permiten dar una definición clara de las principales funciones que tendrán las unidades que se encargarán del manejo de la tecnología [1]. En la figura 2, se muestran los procesos que participan en el CAT dividiéndose en 4 fases: la Gestión de Tecnología en la Salud, la Adquisición, la Utilización o Gestión del Equipo Médico y la Transferencia y Reposición.



Figura 2. Ciclo de Vida de la Aplicación de las Tecnologías de la Salud.

Imagen recuperada de L. Vilcahuamán (2006) [1].

En la gestión de las tecnologías sanitarias y, además, en la gestión de los equipos médicos, el Ciclo de Vida de la Aplicación de las Tecnologías viene a ser uno de los pilares de dicha gestión con el fin de garantizar efectividad, eficiencia, seguridad y calidad en el uso de las tecnologías por parte del personal de los establecimientos de salud [1]. Su principal aporte a la gestión de los equipos es la de identificar principales factores determinantes que inciden en este proceso dinámico. La finalidad de este proceso es el de conocer los elementos necesarios para comprenderlos y así poder formular políticas de control más adecuadas y efectivas [27].

1.3. LA GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA SALUD

Gestión de Tecnologías de la Salud: Según Banta (apud VILCAHUAMÁN, 2006, p.14), la Gestión de Tecnologías de la Salud (GTS) se denota como: “un abordaje sistemático y cuantificable para asegurar que la relación costo/efectividad, eficiencia, seguridad y tecnología disponible sea lo apropiado para cubrir con

calidad la demanda por el cuidado de los pacientes” [1]. También está definido como una actividad multidisciplinaria que examina sistemáticamente la seguridad, la eficacia clínica, las implicancias organizacionales, las consecuencias sociales , las consideraciones legales y éticas de la aplicación de una tecnología de la salud; generalmente un fármaco, dispositivo médico o procedimiento clínico / quirúrgico [28].

Evaluación de las Tecnologías de la Salud: La INAHTA define la Evaluación de las Tecnologías de la Salud (ETS) como el proceso sistemático de valoración de las propiedades, los efectos y/o los impactos de la tecnología sanitaria. Puede abordar tanto las consecuencias directas y deseadas de las tecnologías como las indirectas y no deseadas. Las ETS tienen como objetivo principal mejorar la toma de decisiones en el aspecto de la atención sanitaria [25].

Por otro lado, la ETS cuenta con los siguientes procesos [1]:

1. Factibilidad de la tecnología.
2. Eficacia o desempeño bajo condiciones ideales.
3. Efectividad o desempeño en condiciones reales.
4. Valoración en términos de costo/efectividad y costo/beneficio.

La principal finalidad es de servir de apoyo a la formulación de políticas relativas a la tecnología sanitaria y, así, favorecer la adopción de nuevas tecnologías costes efectivos y evitar las de dudoso valor para el sistema sanitario. Es uno de los tres componentes complementarios necesarios para garantizar la introducción y la utilización adecuadas de la tecnología sanitaria. Los otros dos componentes son: la reglamentación, que se ocupa de la seguridad y la eficacia; y la gestión de las tecnologías, que se ocupa de la adquisición y el mantenimiento de estas durante todo su ciclo de vida [26].

1.4. LA GESTIÓN DE EQUIPOS MÉDICOS

Gestión de Equipos Médicos: La Gestión de Equipos Médicos es el proceso que busca enfatizar el control operativo y las actividades de mantenimiento. Se cuenta con las siguientes tareas [1]:

- a. Inspección inicial/ pruebas de conformidad.
- b. Programa de servicios de mantenimiento.
- c. Servicios de reparación.
- d. Gestión según tipo de servicio de mantenimiento.

e. Retiro de servicio y disposición del equipo.

Las metas que se tienen para las actividades de mantenimiento son las de proporcionar un entorno seguro y funcional, una documentación primordial y necesaria de los equipos y espacios, y la de reducir la cantidad de tiempo requerido para generar y archivar la documentación relacionada al mantenimiento [11].

Por ejemplo, para el programa de mantenimiento, elemento clave en la gestión de los equipos médicos, se deben considerar un conjunto de factores críticos. Entre ellos se encuentra el inventario, que viene a describir el tipo y cantidad de equipos o dispositivos médicos que se deben registrar y se incluyen en los programas de mantenimiento. Por otro lado, la metodología es un factor clave, puesto que se identifica el método que se va a adoptar para realizar los mantenimientos de los equipos médicos. Finalmente, otro factor clave son los recursos financieros, materiales y humanos que se encontrarán disponibles para los programas de mantenimiento. El reto para los planificadores es equilibrar estos factores para elaborar un programa de mantenimiento apropiado y costo eficaz acorde con la situación [2].

Dispositivos Médicos: Los dispositivos médicos son cualquier ítem, instrumento, aparato o máquina empleada en la prevención, diagnóstico o tratamiento de enfermedades de los pacientes. Además, son usados para la detección, medición, restauración, corrección o modificación de la fisiología o funcionamiento del cuerpo del paciente con propósitos médicos. La intención de usar dispositivos médicos es lograr resultados que no pueden ser obtenidos por medios farmacológicos, inmunológicos o metabólicos [26]. En la figura 3 se muestra un ejemplo de dispositivo médico.



Figura 3. Ejemplos de Dispositivos Médicos. Imagen recuperada de A. Hernández (2012) [29]

Equipos Médicos: Los equipos médicos son tipos de dispositivos médicos que requieren de inspección, calibración, mantenimiento, reparaciones y que son dados de baja, como por ejemplo un equipo desfibrilador como se aprecia en la figura 4. Por otro lado, otros dispositivos médicos tales como bisturís, pinzas o tijeras de sutura como se muestran en la figura 3, entre otros, no requieren de un proceso como los mantenimientos que son enfocados en mejorar la calidad del servicio que brindan, siendo esta la diferencia entre estos dos términos.

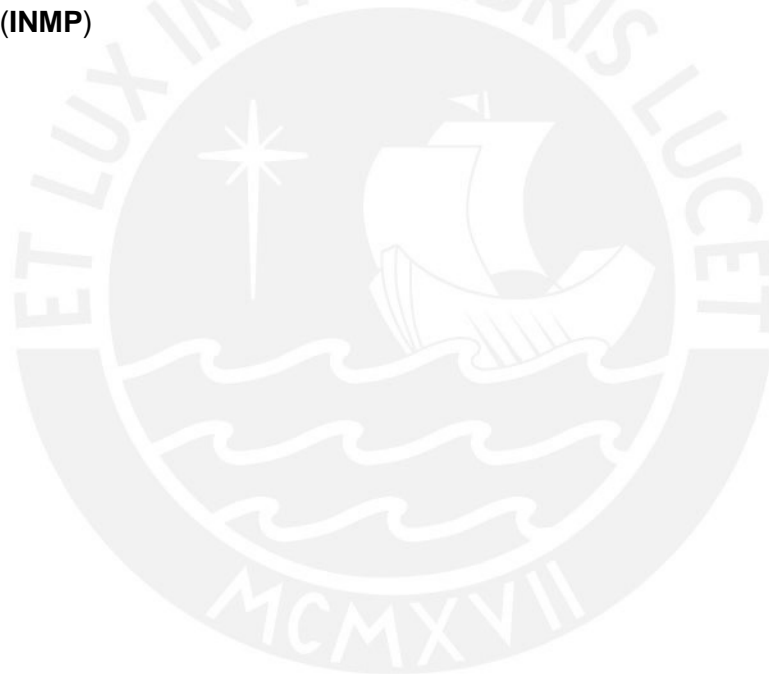
Los equipos médicos son empleados, usualmente, por ingenieros clínicos que cuentan con previa capacitación. Estos equipos son utilizados para servicios específicos de diagnóstico, tratamiento de enfermedades o rehabilitación del paciente. No son considerados equipos médicos: implantes, productos desechables o dispositivos médicos de un solo uso [26].



Figura 4. Desfibrilador cardiaco. Imagen recuperada de S. Drajer (2009) [30]

1.5. CONCLUSIÓN DEL MARCO CONCEPTUAL

Luego de identificar los conceptos más importantes relacionados a la gestión de tecnologías de la salud y la gestión de equipos médicos se puede tener una idea del gran potencial de los procesos para el beneficio de los establecimientos de salud. Estos conceptos muestran la alta necesidad de las tecnologías de la salud por contar con una gestión completa de su información, con el fin de poder agilizar los procesos involucrados y realizarlos de una manera eficiente, mostrando de esta manera la dependencia por los sistemas de información. Estos conceptos permiten comprender el objetivo de este proyecto de fin de carrera; siendo un trabajo en conjunto del equipo de bioingeniería de la PUCP, el cual consiste en elaborar una alternativa de solución que permita mejorar la gestión de los equipos médicos en los establecimientos de salud en el país, como es el Instituto Nacional Materno Perinatal (**INMP**)



CAPÍTULO 3: ESTADO DEL ARTE

1. ESTADO DEL ARTE

1.1. INTRODUCCIÓN

La gestión de equipos médicos tiene como misión garantizar una operación segura, máximas prestaciones y costo efectivo de todos los equipos médicos en uso. Esto se lleva a cabo mediante el mantenimiento orientado a riesgos, con el propósito de proporcionar un entorno más seguro y funcional de los equipos [31]. En este sentido, y debido a la alta necesidad de mejorar la calidad de atención de salud en los establecimientos de salud en el país, el objetivo de la presente revisión del estado del arte es la de conocer trabajos e investigaciones que muestren cómo se ha estado avanzando en la gestión de equipos médicos como soporte para la Gestión de las Tecnologías de la Salud y que permitan conocer buenas prácticas para el desarrollo del proyecto de fin de carrera.

1.2. MÉTODO DE REVISIÓN

El método que se utilizará para realizar la revisión del estado del arte es la revisión sistemática. La revisión sistemática es un proceso que permite la identificación, evaluación e interpretación de las investigaciones disponibles acerca de una pregunta, o conjunto de preguntas, de investigación, área de temática o fenómeno de interés [32].

Este proceso de revisión cuenta con 3 fases: planificación, ejecución y presentación de informes. En la primera fase se tiene como fin la identificación de las necesidades de lo que se quiere investigar y definir un protocolo de revisión, cuyo propósito es la de especificar los métodos que se usarán para emprender la revisión [32].

1.3. PROTOCOLO DE REVISIÓN

Como parte de la revisión se elaboraron las siguientes secciones:

- **Preguntas elaboradas:**
 1. *¿De qué manera se ha mejorado la gestión de equipos médicos en los establecimientos de salud mediante la aplicación de la gestión de tecnologías en la salud?*

2. *¿Cuáles han sido los resultados en la gestión de equipos médicos en los establecimientos de salud luego de haber implementado la Gestión de Tecnologías de la Salud?*
3. *¿Qué limitaciones se han encontrado en la implementación de la Gestión de Tecnologías de la Salud en los establecimientos de salud para la gestión de equipos médicos?*
4. *¿Cuáles son las propuestas de mejora futura en la Gestión de Tecnologías de la Salud tras haber implementado la gestión de equipos médicos?*

- **Cadenas de Búsqueda:**

Pregunta 1: (“Medical Equipment Management” OR “Medical Devices Management”) AND “Health Technology Assessment” AND “Improvements” AND “Healthcare Technology Management”).

Pregunta 2: (“Medical Equipment Management” OR “Medical Device Management”) AND “Results” AND “Implementations” AND “Health Technology Management” AND “Healthcare Technology Management”).

Pregunta 3: (“Limitations” AND “Barriers” AND “Health Technology Management” AND “Health Technology Assessment” AND “Healthcare Technology Management”).

Pregunta 4: (“Challenges” AND “Health Technology Assessment” AND “Health Technology Management” AND “Implementations” AND “Healthcare Technology Management”).

- **Fuentes de información:** Se hizo uso de las fuentes Scopus, IEEE Xplore, Science Direct, ProQuest y Cambridge Journal.
- **Criterios de inclusión:** literatura de tipo primaria en base al análisis del título de los artículos, abstracts y palabras claves que abarquen los temas de: casos de estudio nacional y en el mundo en gestión de equipos médicos, evaluación de tecnologías de salud y gestión de tecnologías de salud.
- **Criterios de exclusión:** literatura de tipo secundaria y resultados cuantitativos. Los resultados cuantitativos no son considerados puesto que

se optó por priorizar una revisión de carácter contextual y situacional. Esto con el fin de conocer la naturaleza profunda de los estudios o investigaciones encontradas [33].

Con el protocolo de revisión utilizado se procedió a la ejecución de la búsqueda de información. Esta fue efectuada el 30 de marzo de 2016. En la siguiente tabla se muestra un resumen de la cantidad de estudios primarios identificados como relevantes en los resultados devueltos por cada cadena de búsqueda definida en la fase previa.

Tabla 4. Cuadro sobre la cantidad de resultados devueltos por las bases de datos

N°	Cadena de Búsqueda	N° de Documentos Encontrados
P1	<i>(("Medical Equipment Management" OR "Medical Devices Management") AND "Health Technology Assessment" AND "Improvements" AND "Healthcare Technology Management")</i>	3
P2	<i>(("Medical Equipment Management" OR "Medical Device Management") AND "Results" AND "Implementations" AND "Health Technology Management" AND "Healthcare Technology Management")</i>	2
P3	<i>("Limitations" AND "Barriers" AND "Health Technology Management" AND "Health Technology Assessment" AND "Healthcare Technology Management")</i>	5
P4	<i>("Challenges" AND "Health Technology Assessment" AND "Health Technology Management" AND "Implementations" AND "Healthcare Technology Management")</i>	5

1.4. EXPLICACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

1.4.1. ¿De qué manera se ha mejorado la gestión de equipos médicos en los establecimientos de salud mediante la aplicación de la gestión de tecnologías en la salud?

A continuación, en la tabla 5, se muestra un resumen con las características principales de cada publicación encontrada para responder a esta pregunta

respecto a las mejoras en la gestión de equipos médicos tras la implementación de la Gestión de las Tecnologías de la Salud.

Tabla 5. Características por publicación encontrada para la pregunta N° 1

N°	Referencia	Característica N°1
1	N. Hamdi, et al.	<ul style="list-style-type: none"> • Una efectiva gestión de los equipos médicos influye de manera directa en la calidad de los servicios de salud y los beneficios que traen consigo para la institución. • Permite mejorar la confiabilidad de los equipos médicos como también la seguridad al momento de su uso. • Existe una mejora significativa en el costo-beneficio invertido.
2	T. J. Clark	<ul style="list-style-type: none"> • La correcta aplicación de gestión de tecnologías en salud trae consigo la mejor manera de cuidar al paciente brindándole un servicio de calidad. • Para la institución significa obtener un mayor beneficio de la inversión en los equipos médicos, reduciendo los costos operativos y desperdicios generados.
3	World Health Organization	<ul style="list-style-type: none"> • Los sistemas computarizados de gestión del mantenimiento (CMMS) o programas informáticos de gestión del mantenimiento han evolucionado para prestar asistencia a los responsables de la GTS en el mantenimiento de los equipos médicos y el control automático de los costos asociados.

La cantidad de dispositivos médicos en un establecimiento de salud para pequeñas comunidades oscila entre los 1,000 y para comunidades grandes puede llegar a superar los 10,000. La seguridad, efectividad y costo-beneficio del equipo médico requiere de realizar un seguimiento a cada uno. Debido a la gran cantidad de dispositivos médicos, su mala gestión, planificación y un pobre mantenimiento impacta en la disponibilidad del equipo [13].

Mediante la adopción de la gestión de tecnologías en la salud se asegura que un equipo médico sea rentable, eficiente, seguro y esté disponible para cubrir las necesidades y demandas del paciente que necesita de una atención de calidad [34]. Por tal motivo, la gestión de equipos médicos se encarga de dar soporte a los siguientes procesos:

- Recepción de equipos médicos: Permite gestionar los ambientes necesarios para la instalación del equipo médico dentro de los establecimientos de salud, planificar capacitaciones para los ingenieros clínicos, de tal manera que el equipo médico sea usado eficientemente.
- Planificación y seguimiento de inspecciones, mantenimientos preventivos, mantenimientos correctivos y calibraciones: Permite gestionar las programaciones de mantenimientos, inspecciones y calibraciones; como también, controlar el flujo repuestos para las reparaciones.
- Control y evaluación de los equipos médicos: Permite evaluar el desempeño y realizar análisis sobre el costo beneficio del equipo médico durante su ciclo de vida en el establecimiento médico.
- Retiro de equipos médicos: Permite la correcta gestión del retiro del equipo médico de un establecimiento de salud para poder donarlo o usarlo como material de investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías o para desecharlo.

Estos procesos, ayudan al establecimiento de salud en la planificación, gestión de la calidad, control de riesgo y en la integración y adopción de un equipo médico en un servicio clínico. Todas estas actividades, complementan al programa de gestión de tecnologías de la salud en establecimientos médicos que propone la OMS [7].

Para automatizar y mejorar la gestión de los equipos médicos, la Organización Mundial de la Salud (**OMS**) propone un sistema computarizado de gestión del mantenimiento (**CMMS**, de sus siglas del inglés) el cual da soporte a los procesos antes mencionados y que forman parte del diagrama de flujo que se muestra en la figura 5 [7].

La automatización de la gestión de equipos médicos inicia con la decisión de adoptar un CMMS, decisión que depende de las circunstancias concretas del establecimiento de atención de salud, como sus procedimientos de trabajo, su infraestructura de tecnología informática (**IT**) y el presupuesto de que dispone [7].

La adopción de un CMMS supone una mejora en la gestión de equipos médicos, puesto que da soporte en la gestión de la recepción del equipo médico en el establecimiento de salud y estableciéndolo como un equipo funcional las cuales son actividades del primer proceso que forman parte de la recepción de equipos médicos. Asimismo, la planificación y seguimiento de inspecciones, mantenimientos preventivos, mantenimientos correctivos y calibraciones, podrán

ser planificadas en base a la información que se obtiene de los procesos de control de calidad y evaluación de equipos. Además, esta información podrá ser usada para optar por el retiro de un equipo médico del establecimiento de salud [7].

En conclusión, permite que la gestión de la información y documentación de todas las actividades relacionadas con dispositivos médicos, puedan ser gestionadas de manera eficaz permitiendo asegurar una atención y cuidado de la salud del paciente de calidad.

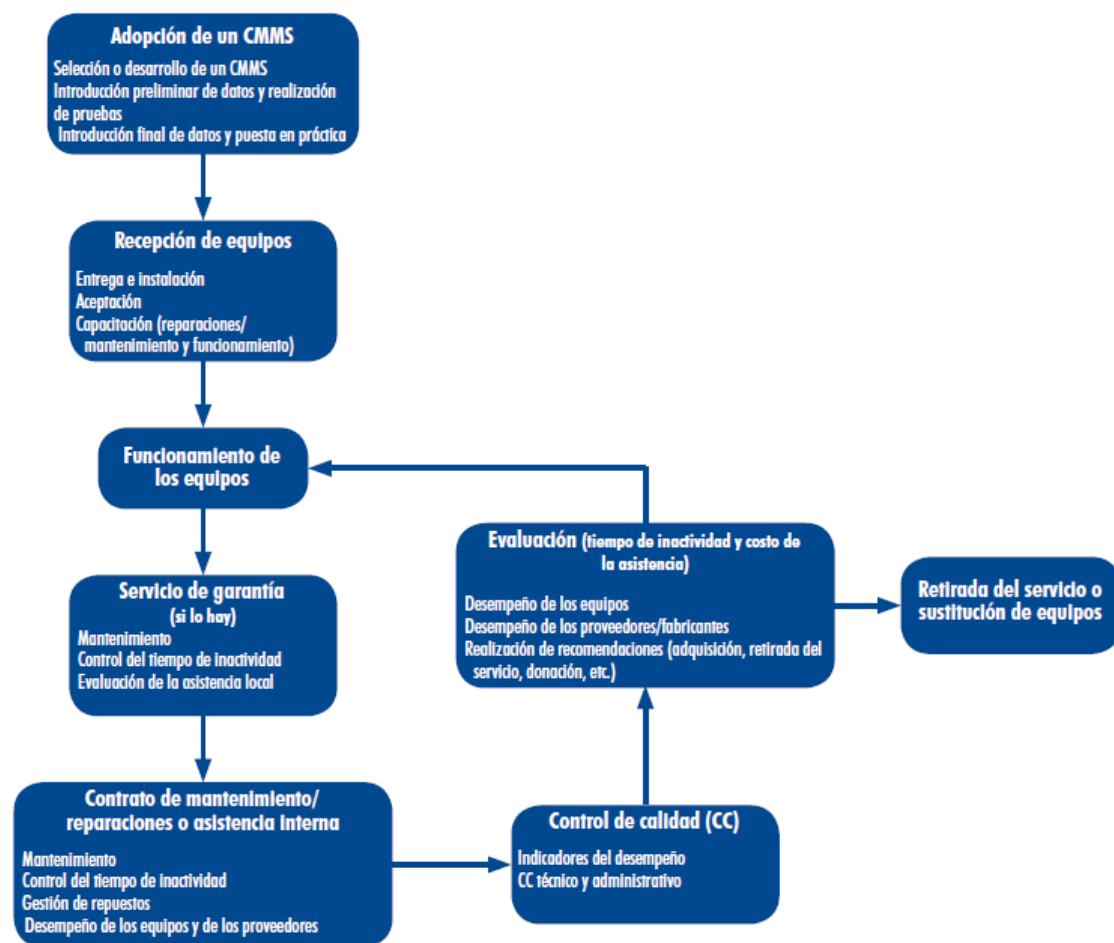


Figura 5. Diagrama de Flujo de un CMMS. Imagen recuperada de la Organización Mundial de la Salud (2012) [27].

1.4.2. ¿Cuáles han sido los resultados en la gestión de equipos médicos en los establecimientos de salud luego de haber implementado la Gestión de Tecnologías de la Salud?

A continuación, en la tabla 6, se muestra un resumen con las características principales de cada publicación encontrada para responder a esta pregunta

respecto a los resultados en la gestión de equipos médicos tras la implementación de la Gestión de las Tecnologías de la Salud.

Tabla 6. Características por publicación encontrada para la pregunta N° 2

N°	Referencia	Característica N°1
1	A. E. Margotti, et al.	<ul style="list-style-type: none"> • La metodología, basada en el uso de la herramienta HTA, permite habilitar la toma de decisiones y dar soporte de manera efectiva al proceso de decisión de incorporación de nuevos equipos médicos, de manera que se mejora la calidad de los servicios clínicos impactando de forma positiva en el paciente.
2	N. Hamdi, et al.	<ul style="list-style-type: none"> • EQUIMEDCOMP es un sistema diseñado para alcanzar niveles de mejora en la gestión del mantenimiento de equipos médicos, el cual ha permitido lograr una mejor atención en la gestión del mantenimiento. • De la mano con indicadores de control de calidad, puede lograrse un incremento en la confiabilidad y disponibilidad de los equipos médicos en las instituciones de salud.

La calidad de los servicios ofrecidos por las instituciones de salud es dependiente de las tecnologías de la salud, en su mayoría, por equipos médicos los cuales necesitan de una supervisión constante y mantenimiento para un correcto funcionamiento [13]. Dada la situación planteada, es necesario que las instituciones de salud implementen programas para la gestión de tecnologías en la salud, concentrándose en la gestión de equipos médicos; haciendo uso herramientas informáticas [13] o aplicando metodologías [35] que permitan asegurar un servicio de calidad.

El continuo desarrollo y crecimiento de las tecnologías para la salud ha creado la necesidad de emplear herramientas que ayuden y faciliten la gestión de tecnologías en la salud. Por ejemplo, herramientas informáticas para habilitar la toma de decisiones en los ingenieros clínicos en la gestión de equipos médicos; permitiendo alcanzar mejoras en los procesos de incorporación, utilización y abandono del equipo médico que forman parte de su ciclo de vida [35].

La evaluación de diversos dominios como la misma tecnología, necesidades del establecimiento, recursos humanos, pacientes, economía y el aspecto institucional ha permitido mejorar la capacidad para la toma de decisiones de manera efectiva

en el proceso de selección e incorporación de nuevos equipos médicos mejorando la calidad de los servicios clínicos e impactando de forma positiva en el paciente [35].

Por otro lado, las herramientas informáticas han logrado alcanzar niveles óptimos en la gestión del mantenimiento de los equipos médicos mediante la priorización en tiempo real para su atención basándose en factores predefinidos como la necesidad de disponibilidad del equipo, el desempeño del mismo y la programación de la solicitud [13].

Las herramientas informáticas como apoyo en el proceso de la Gestión de las Tecnologías de la Salud han elevado los niveles de confiabilidad de los equipos médicos utilizados en el día a día para brindar servicios clínicos; y a su vez, la priorización de mantenimientos en tiempo real han logrado un impacto positivo en el costo-beneficio de la inversión de las instituciones de salud [13].

1.4.3. ¿Qué limitaciones se han encontrado en la implementación de la Gestión de las Tecnologías de la Salud en los establecimientos de salud para la gestión de equipos médicos?

A continuación, en la tabla 7, se muestra un resumen con las características principales de cada publicación encontrada para responder a esta pregunta respecto a las limitaciones en la implementación de la Gestión de las Tecnologías de la Salud.

Tabla 7. Características por publicación encontrada para la pregunta N° 3

N°	Referencia	Características
1	N.A. Behkami	<ul style="list-style-type: none"> • A pesar de las diversas innovaciones en la Gestión de Tecnologías de Salud, muchas de estas no son incluso aceptadas o no son implementadas con éxito.
2	A.B. Phillips	<ul style="list-style-type: none"> • La resistencia del personal médico ante el ingreso de nuevos sistemas informáticos para la gestión. • Se refleja en La ineficiencia sobre el manejo de los sistemas informáticos por parte del personal médico y los errores encontrados en dicha interacción
3	Poon, E.G., et al.	<ul style="list-style-type: none"> • Gastos en los constantes mantenimientos de las plataformas y capacitaciones
4	Brown, S.F.	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de integración de la plataforma con las demás tecnologías. • Esto afecta en el flujo de la información a nivel de toda la organización, imposibilitando que los procesos, como en el caso de la gestión y adquisición de los equipos médicos, cumplan políticas establecidas.
5	World Health Organization	<ul style="list-style-type: none"> • Existen limitaciones respecto a la realización de pruebas de la solución como también en la recopilación de observaciones por parte de los usuarios, esto se contrasta con las soluciones comerciales que son sometidas a pruebas profesionales y cuentan con acceso a numerosos usuarios. • Una limitación es que el sistema depende del personal informático y los demás empleados que participaron en el proyecto, de modo que cuando estas personas abandonen la institución podría perderse conocimientos. • Se presentan costos recurrentes que deben abonarse a un equipo o empresa para que continúe desarrollando y actualizando el programa periódicamente.

Las diversas innovaciones en la Gestión de las Tecnologías Sanitarias tienen un gran potencial para ayudar a resolver importantes problemas en el cuidado de la salud, además de fomentar la adecuada administración de los equipos médicos en los establecimientos de salud. Sin embargo, ante tanto potencial, muchas de estas

innovaciones no son incluso aceptadas o no son implementadas con éxito. Es por ello que apareció la idea de que no hay, a ciencia cierta, un claro entendimiento de qué es lo que se necesita para difundir dichas innovaciones en toda la población de organizaciones de salud [36].

Se han realizado diversos análisis con el fin de identificar componentes que sirvan para encontrar un punto de equilibrio en dichas implementaciones, tales como son las barreras o limitaciones al momento de realizar estas implementaciones en un contexto determinado [37].

Una de estas barreras presentadas en la implementación de la GTS es la resistencia del personal médico ante el ingreso de nuevos sistemas informáticos para la gestión. Esta limitación se ve reflejada en la ineficiencia en el manejo de los sistemas informáticos por parte del personal médico y los errores encontrados en dicha interacción. Esto conlleva a una “personalización” de los procesos para la gestión de los equipos, puesto que los estándares en los procesos reflejados en las plataformas informáticas son ignorados [37]. Por otra parte, de manera indirecta, debido a esta resistencia se genera un mayor costo luego de la implantación como los gastos en nuevos mantenimientos de las plataformas y nuevas capacitaciones del personal médico [38].

La aplicación de Sistemas de Gestión de las Tecnologías Sanitarias a menudo crean grandes trastornos en los flujos de trabajo [37]. Por otro lado, se ha apreciado casos de deficiencia en la integración con los demás sistemas que se encuentran en los establecimientos de salud. Esto afecta en el flujo de la información a nivel de toda la organización, imposibilitando que los procesos, como en el caso de la gestión y adquisición de los equipos médicos como también la gestión de la información de los pacientes, cumplan las políticas establecidas [39].

En la gestión de los equipos médicos, la OMS identificó algunas desventajas o limitaciones que se presentan al intentar desarrollar una solución que de soporte a la gestión de los mantenimientos de los equipos de un determinado establecimiento de salud, en otras palabras, al momento de implementar una solución a nivel local. Por ejemplo, existen limitaciones respecto a la realización de pruebas de la solución como también en la recopilación de observaciones por parte de los usuarios, esto se contrasta con las soluciones comerciales que son sometidas a pruebas profesionales y cuentan con acceso a numerosos usuarios. Por otro lado, una limitación es que el sistema depende del personal informático y los demás empleados que participaron en el proyecto, de modo que cuando estas

personas abandonen la institución podría perderse conocimientos. El desarrollo de la solución puede llevar más tiempo que el desarrollo de un programa comercial, a su vez que, en ocasiones, el propio desarrollo del CMMS a nivel local presenta deficiencias. Por último, se presentan costos recurrentes que deben abonarse a un equipo o empresa para que continúe desarrollando y actualizando el programa periódicamente [7].

La relación de estas limitaciones con la gestión de los equipos médicos en los hospitales son esenciales de conocer con el fin de desarrollar tecnologías que consideren diversos factores que han sido encontrados en esta sección, tales como el personal médico de los establecimientos de salud, los gastos en los constantes mantenimientos de las plataformas y capacitaciones, el nivel de integración de la plataforma con las demás tecnologías como además el costo en la adopción de las nuevas tecnologías [39].

1.4.4. ¿Cuáles son las propuestas de mejora futura en la Gestión de las Tecnologías de la Salud tras haber implementado la gestión de equipos médicos?

A continuación, en la tabla 8, se muestra un resumen con las características principales de cada publicación encontrada para responder a esta pregunta respecto a las propuestas de mejora futura en la implementación de la Gestión de las Tecnologías de la Salud.

Tabla 8. Características por publicación encontrada para la pregunta N°4

N°	Referencia	Características
1	T. J. Clark	<ul style="list-style-type: none"> • A medida que existan nuevos retos para la Ingeniería Clínica y sus profesionales, se irán proporcionando mejoras con el fin de mantener la adecuada gestión tecnológica.
2	A. Jamshidi, et al.	<ul style="list-style-type: none"> • Propuesta del uso de un enfoque matemático para la toma de decisiones del tipo de estrategia de mantenimiento y para la priorización de los equipos médicos críticos. • Utilización de una variación del Número de Probabilidad de Fallo que tiene como ecuación: <i>PRN=Probabilidad de Fallo del Activo*Gravedad*Detectabilidad</i>
3	David Atkins, et al.	<ul style="list-style-type: none"> • Existe la necesidad de migrar la información clínica a entornos más centralizados y estandarizados con el fin de presentar la información de manera más personalizada.
4	A. M. E. Worm, et al.	<ul style="list-style-type: none"> • Con la implementación de una plataforma para la gestión del mantenimiento de los equipos, se facilita la planificación y elaboración del presupuesto para la adquisición de nuevos equipos.
5	World Health Organization	<ul style="list-style-type: none"> • Propuesta de proporcionar documentación electrónica de los inventarios, pruebas, reparaciones, mantenimientos e historiales de los equipos.

La Ingeniería Clínica ha cambiado su enfoque a lo largo del tiempo sobre la seguridad de los equipos médicos y el control de la gestión de las tecnologías sanitarias. Los desafíos que se muestran ante el profesional incluyen las presiones de costos, la aparición de las subcontrataciones (outsourcing) y la evolución en la industria de los dispositivos médicos. Es por ello que, a medida que estos retos sigan apareciendo constantemente, se irán proponiendo mejoras con el fin de mantener la adecuada Gestión de las Tecnologías de la Salud de manera constante a lo largo del tiempo [34].

Los dispositivos y equipos médicos modernos se han vuelto muy complejos y sofisticados y además se tiene la expectativa que operen bajo ambientes rigurosos. Dichos activos requieren de un proceso de mantenimiento e inspecciones, regidos bajo a una estrategia de mantenimiento. Con el fin de mejorar estos procesos, se ha propuesto el uso de un enfoque matemático para la toma de decisiones del tipo de estrategia de mantenimiento a utilizar y además

para la priorización de los equipos médicos críticos [40]. La mayoría utiliza alguna variación del Número de Probabilidad de Riesgo (PRN, de sus siglas en inglés), que resulta como el producto de la probabilidad de fallo de un activo, la gravedad de la consecuencia de la falla y el grado detectabilidad del fracaso [40], tal como se muestra a continuación en la ecuación 1.

Ecuación 1.

$$PRN = Probabilidad\ de\ Fallo\ del\ Activo * Gravedad * Detectabilidad$$

Existe la necesidad de migrar la información clínica a entornos más centralizados y estandarizados con el fin de presentar la información de manera personalizada [41]. Es por ello que la OMS planteó, con el Software Computarizado para la Gestión de Mantenimiento (CMMS), la importancia de proporcionar documentación electrónica de los inventarios, pruebas, reparaciones, mantenimiento e historiales de los equipos. Esto serviría como forma de complementar los programas que ya se aplican en los hospitales y mejoran la gestión global de las tecnologías; además, contribuye a aumentar la eficacia de la atención sanitaria [7], por otro lado, facilita la planificación y elaboración del presupuesto para la adquisición de nuevos equipos médicos [42].

Por último, otra dificultad que se presenta en la estrategia de mantenimiento de los equipos médicos es sobre la identificación de riesgos específicos. Es por ello que se plantea la aplicación de modelos integrados de mantenimiento basado en riesgos en vez de mantener los métodos tradicionales que consideran diferentes incertidumbres que aparecen en el establecimiento de salud, en la opinión de expertos, etc. [40].

1.5. CONCLUSIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

Los resultados descritos permiten tener una mayor visión de cómo se trata la Gestión de Tecnologías en la Salud en distintos países. Por otro lado, en la tabla 3, que se encuentra en el punto 5 del capítulo 1, se muestran algunas soluciones informáticas para la Gestión de las Tecnologías de la Salud usadas en diversos establecimientos de salud en el mundo, con el fin de observar qué características presentan estos productos y de qué manera la solución a desarrollar se debe orientar.

Finalmente, las limitaciones descritas en el punto 3.4.3, tales como la resistencia del personal médico ante el ingreso de nuevas tecnologías, las posibles

deficiencias al integrar la plataforma informática con las demás herramientas en los hospitales, como también los costos adicionales involucrados en mantenimientos de las herramientas y, además, las futuras mejoras descritas en esta sección como los métodos para la selección de estrategias de mantenimiento, mantenimientos basados en riesgos y la inclusión de documentación electrónica, servirán como una guía para el desarrollo del presente proyecto de fin de carrera.



CAPÍTULO 4: DIRECTORIO DE EQUIPOS MÉDICOS

1. INTRODUCCIÓN

Un inventario o directorio de equipos médicos es una relación detallada de los activos que posee una organización o institución, en este caso, un establecimiento de salud. Para ser útil, un inventario debe mantenerse y actualizarse continuamente de modo que refleje la situación actual de cada activo. Según la naturaleza de la organización y de sus activos asociados, se controlan y actualizan diferentes datos cuando se producen cambios. El objetivo es disponer de un registro exacto y actualizado de todos los activos que posee la organización, en el que se refleje la situación actual en cada momento [10].

En los siguientes puntos, se explicará cómo se dio solución al primer objetivo específico que es la creación de un aplicativo Web para la gestión del directorio de equipos médicos en los establecimientos de salud peruanos. Se cuenta con 4 resultados esperados: i) Lista de Requisitos del módulo Web de la Gestión del Directorio de Equipos Médicos, ii) Modelo de la Base de Datos del módulo Web de la Gestión del Directorio de Equipos Médicos, iii) El módulo Web de la Gestión del Directorio de Equipos Médicos y iv) Pruebas de Calidad Funcional a Nivel del Sistema del módulo Web de la Gestión del Directorio de Equipos Médicos.

2. RESULTADO ESPERADO 1: LISTA DE REQUISITOS DEL MÓDULO WEB DEL DIRECTORIO DE EQUIPOS MÉDICOS

Para el desarrollo del catálogo de requisitos de estos mantenimientos de los equipos médicos, se realizaron entrevistas, presentaciones y validaciones con los integrantes del grupo de bioingeniería de la PUCP con el fin de recopilar la información proveniente de la INMP necesaria para diseñar los procesos relacionados a estas actividades y además de validar el desarrollo realizado (apéndice E). Con la información recopilada en las entrevistas respecto a estos procesos, se elaboraron los requisitos que siguen el flujo necesario para estos procesos incluyendo los datos necesarios para poder realizar una gestión completa de la información.

En la tabla 9, se presentan 3 principales requisitos que se elaboraron para el proceso de la gestión del directorio de equipos médicos. Cabe resaltar que los tipos de requisitos con los que se clasificará son: Funcional (F) y No Funcional (NF).

Tabla 9. Requisitos relevantes para la gestión del Directorio de Equipos Médicos

N°	Funcionalidad	Descripción	Tipo
DE1	Directorio de Equipos	El sistema deberá permitir al usuario filtrar los equipos del directorio de equipos. Los criterios de búsqueda son: grupo, servicio clínico, ubicación, nombre SIGA, nombre de equipo, marca, modelo, número de serie, proveedor, código de compra, código patrimonial.	F
DE2	Directorio de Equipos	El sistema deberá permitir registrar la información de un determinado equipo del directorio de equipos. La información consiste en: servicio clínico, ubicación física, grupo, marca, nombre de equipo, modelo, número de serie, proveedor, código patrimonial, código de compra, fecha de adquisición, costo, garantía, el código del reporte de instalación, documento de certificado de calibración (documento adjunto), fecha de calibración y fecha de próxima calibración.	F
DE7	Directorio de Equipos	El sistema deberá permitir al usuario visualizar la información de un determinado equipo del directorio de equipos. La información consiste en: servicio clínico, ubicación física, grupo, marca, nombre de equipo, modelo, número de serie, proveedor, código patrimonial, código de compra, fecha de adquisición, costo, garantía, el código del reporte de instalación, el primero certificado de calibración y la fecha de la calibración.	F

El primer requisito muestra el paso inicial para la gestión del directorio de equipos médicos. Cada equipo médico cuenta con información esencial, la cual es necesaria almacenarla. En ciertas ocasiones el usuario necesitará realizar búsquedas específicas de un conjunto de equipos médicos, esta funcionalidad es reflejada en el segundo requisito. Finalmente, el tercer requisito permitirá al usuario la consulta de la información correspondiente a un equipo médico en específico. El catálogo completo de los requisitos pertenecientes a este módulo de la gestión de directorio de equipos médicos está incluido en el Apéndice A.

Cabe resaltar que parte del análisis para el desarrollo de este módulo, como también para el resto de módulos, fue realizado por el equipo de bioingeniería de la PUCP. Por parte de los tesisistas, se informaron diversas observaciones para mejorar la comprensión de los procesos. Por último, el diseño previo de la plataforma, que incluía los prototipos, fue elaborado también por el equipo de bioingeniería. Estos prototipos fueron mejorados continuamente por los tesisistas para finalmente proceder a continuar la construcción del software.

En este modelo de datos, una de las tablas principales es la tabla de activos; ya que esta contendrá la información de todos los equipos médicos del establecimiento de salud. Esta información será pertinente para la toma de decisiones sobre la gestión de equipos médicos.

Así mismo, la tabla familia activos es una tabla previa a la tabla de activos. Esta tabla almacena la información general de un equipo la cual será asignada al momento de la creación de un activo similar. Finalmente, se contará con la tabla modelo activos, esta tabla almacenará los diversos modelos de activos de una misma familia además permitirá conocer los accesorios, consumibles y componentes de cada modelo de activos. Estos datos son de suma importancia para los procesos de mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo; ya que facilitará información necesaria para el trabajo del ingeniero clínico.

Respecto a los roles de las funcionalidades para el Directorio de Equipos Médicos, al igual para los demás módulos, se encuentran incluidos en el apéndice (Apéndice F).

4. RESULTADO ESPERADO 3: MÓDULO WEB DEL DIRECTORIO DE EQUIPOS MÉDICOS

Los procesos que involucran a la gestión del directorio de equipos médicos fueron analizados y diseñados por el grupo de bioingeniería de la PUCP; asimismo, las pantallas para el módulo Web ya se encontraban en una fase preliminar de diseño. La contribución de los presentes autores fue la modificación de algunas pantallas para que estas se pudiesen ajustar mejor a los procesos definidos y sean más amigables para el usuario final. Estas modificaciones fueron revisadas y aprobadas por el jefe del proyecto.

A continuación, se presentarán las funcionalidades más importantes del módulo Web para la gestión del directorio de equipos médicos. La funcionalidad que da inicio a todo el proceso de la gestión del directorio de equipos médicos es cuando el usuario registra la información correspondiente a un equipo médico. En la figura 7, se muestra el formulario empleado para el registro de la información respectiva. El formulario solicita al usuario lo siguientes datos: servicio clínico, ubicación física, grupo, marca, nombre de equipo, modelo, número de serie, proveedor, código patrimonial, código de compra, fecha de adquisición, costo, garantía, el código del reporte de instalación, documento de certificado de calibración (documento adjunto), fecha de calibración y fecha de próxima calibración. Cabe resaltar que el código patrimonial es un código único, el cual es generado por el ministerio de

salud y es trabajo de la institución asignarlo al equipo médico correspondiente. Así mismo, el código del reporte de instalación es un código autogenerated anteriormente mediante el proceso de la gestión documentaria.

Solicitud de Orden de Trabajo

Gestión documentaria

Gestión de bienes e inspección

Crear Nuevo Activo

Datos Generales

Servicio Clínico*

Ubicación Física*

Grupo*

Marca*

Nombre de Equipo*

Modelo*

Número de Serie*

Proveedor*

Código Patrimonial*

Código de Compra*

Fecha de Adquisición*

Precio de Compra (S/.)*

Garantía (cantidad de meses)*

Reporte de Instalación

Reporte de Instalación*

Validación

Calibración del Equipo

Certificado de Calibración:

Fecha de Calibración

Fecha Próxima de Calibración

Figura 7. Creación de un Equipo Médico (Imagen de autoría propia)

Una vez registrada la información de un equipo médico, el usuario podrá visualizar los datos respectivos, los cuales serán mostrados a manera de un formulario que se puede apreciar en la figura 8.

GTS SOFTWARE

Panel | Planeamiento | Adquisición | Bienes | Riesgos | Investigación | RRHH

Solicitud de Orden de Trabajo

Gestión documentaria <

Gestión de bienes e inspección <

Equipo: 532298320004

Datos Generales

Servicio Clínico* CENTRO QUIRURGICO

Ubicación Física* SALA 03

Grupo* Grupo 1

Marca* ACOMA

Nombre de Equipo* VENTILADOR DE ANESTESIA

Modelo* PRO-45V

Número de Serie* 510

Proveedor* S/P

Código Patrimonial* 532298320004

Código de Compra* Código de Compra

Fecha de Adquisición* 01-01-2001

Precio de Compra (S/)* 0

Garantía (cantidad de meses)* 36

Reporte de Instalación* IF0001-15

Soporte Técnico

Nº	Tipo de Documento	Número de Documento	Nombre	Apellido Paterno	Apellido Materno	Especialidad	Teléfono	E-mail
1	DNI	98765432	Juan	Pérez	del Valle	Técnico	556789	soporte@sp.com

Ficha Técnica del Equipo

Accesorios

Nº	Numero de Pieza	Nombre	Modelo	Costo (S/.)
1	12345	Elemento	Modelo Elemento	10.99

Componentes

Nº	Numero de Pieza	Nombre	Modelo	Costo (S/.)
1	12345	Elemento	Modelo Elemento	10.99

Consumibles

Nº	Nombre	Cantidad	Costo (S/.)
1	Elemento	100	10.99

Figura 8. Visualización de la información de un Equipo Médico (Imagen de Autoría Propia)

La información proporcionada será necesaria en los procesos de mantenimiento correctivo y preventivo; ya que facilitará al ingeniero clínico la toma de decisiones al momento de reparar o inspeccionar un equipo médico.

Además de las funcionalidades presentadas, este módulo permite al usuario encargado la búsqueda de equipos médicos en base a un grupo de criterios, la edición de un conjunto de datos, agregar a los responsables del soporte técnico del equipo médico ; y finalmente, para facilitar la toma de decisiones sobre los equipos médicos, se implementó la lista de inventarios, en donde el usuario podrá visualizar información adicional del equipo médico tales como, el tiempo de garantía restante, si la garantía se encuentra en vigencia, la frecuencia de mantenimiento y el estado del equipo. Todas las funcionalidades antes mencionadas se podrán apreciar en el Apéndice D.

5. RESULTADO ESPERADO 4: PRUEBAS DE CALIDAD FUNCIONAL A NIVEL DE SISTEMAS DEL MÓDULO WEB DEL DIRECTORIO DE EQUIPOS MÉDICOS

Para el presente módulo Web, se realizaron las pruebas relacionadas en 2 funcionalidades: registrar un nuevo equipo médico y la actualización de la información correspondiente a un equipo médico. Por cada funcionalidad, se elaboraron las clases de equivalencia por cada interfaz. Estas se encuentran incluidas en el Apéndice C.

Para la funcionalidad del registro un nuevo equipo médico, se realizaron 3 pruebas: 1 prueba con éxito (flujo feliz) y 2 pruebas erróneas mostradas en el apéndice (Apéndice C). En la tabla 10, se presenta la prueba con el registro correcto de una solicitud.

Tabla 10. Registro de un nuevo equipo médico

Prueba 1	
Objetivo de Prueba:	Registrar un nuevo equipo médico
Precondición:	Se ha accedido al sistema como administrador.
Descripción de la Prueba:	<p>En la interfaz de entrada introducir los siguientes datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Servicio Clínico = Emergencia</i> - <i>Ubicación Física = Emergencia</i> - <i>Grupo = Grupo 4</i> - <i>Marca = Daikyo Medical</i> - <i>Nombre Equipo = Lámpara de Luz Halógena</i> - <i>Modelo = Deluxe 270</i> - <i>Número de Serie = 001N063</i> - <i>Proveedor = El Tumi Peru S.R.L</i> - <i>Código Patrimonial = 532271400999</i> - <i>Código de Compra = 20120301001</i> - <i>Fecha de Adquisición = 01-04-2016</i> - <i>Precio de Compra = 3599.99</i> - <i>Garantía = 24</i> - <i>Reporte de Instalación = IF0001-15</i> - <i>Certificado de Calibración = Adjuntar Documento</i> - <i>Fecha de Calibración = 01-04-2016</i> - <i>Fecha Próxima de Calibración = 01-04-2017</i>

Resultados Esperados:	Se muestra el mensaje: <i>Se registró correctamente el equipo médico.</i>
------------------------------	---

Para el caso de la actualización de la información correspondiente a un equipo médico, se realizó la misma cantidad de pruebas: una programación correcta (flujo feliz) y 2 pruebas erróneas mostradas en el Apéndice C. En la tabla 11, se presenta la prueba donde se realiza una correcta programación de una orden de mantenimiento correctivo.

Tabla 11. Actualización de la información correspondiente a un equipo médico

Prueba 2	
Objetivo de Prueba:	Actualizar la información correspondiente al equipo médico con código patrimonial 532271400999.
Precondición:	Se ha accedido al sistema como administrador.
Descripción de la Prueba:	<p>En la interfaz de entrada introducir los siguientes datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Servicio Clínico = Atención Inmediata y Emergencia</i> - <i>Ubicación Física = Atención Inmediata</i> - <i>Grupo = Grupo 2</i> - <i>Número de Serie = 001N069</i> - <i>Proveedor = Electro Medical Equipment S.A.C</i> - <i>Fecha de Adquisición = 31-03-2016</i> - <i>Precio de Compra = 2599.99</i> - <i>Garantía = 48</i>
Resultados Esperados:	Se muestra el mensaje: <i>Se editó correctamente el equipo médico.</i>

6. CONCLUSIONES

La gestión del directorio de equipos médicos cuenta de un gran volumen de datos, los cuales son necesarios para tomar decisiones sobre los mantenimientos, inspecciones, planes futuros y adquisiciones que los establecimientos de salud deben realizar.

Por tal motivo, se realizó este módulo Web que permitirá a los establecimientos de salud, en este caso al INMP, la correcta gestión de la información de sus equipos médicos. Este proceso será facilitado mediante, los formularios de creación de equipos médicos, las búsquedas de equipos médicos basadas en criterios

establecidos y la visualización de información correspondiente a los equipos médicos.

Este módulo fue programado con la finalidad de agilizar y mejorar el proceso de la gestión de equipos médicos y de esta manera, habilitar una mejor toma de decisiones para los ingenieros clínicos; y a su vez, mejorar los servicios clínicos que los pacientes recibirán en los establecimientos de salud.



CAPÍTULO 5: PROGRAMACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO

1. INTRODUCCIÓN

En la gestión de equipos médicos, se enfatiza la gestión del mantenimiento. Dentro de esta gestión se cuenta con el mantenimiento correctivo y preventivo. El mantenimiento correctivo es el proceso para restaurar la integridad, la seguridad o el funcionamiento de un dispositivo después de una avería. Por otro lado el mantenimiento preventivo son todas las actividades programadas necesarias para garantizar que un equipo médico funcione correctamente[7]. Es importante contar con un programa de mantenimiento adecuadamente planificado y gestionado, para que los equipos médicos de un centro de salud sean fiables y estén disponibles cuando se los necesita para procedimientos, diagnósticos y para el tratamiento y seguimiento de los pacientes [7].

En los siguientes puntos, se explicará cómo se implementó la creación del aplicativo Web para la programación y seguimiento de los mantenimientos correctivos y preventivos de los equipos médicos en los establecimientos de salud peruanos. Se cuenta con 4 resultados esperados: i) Lista de Requisitos del módulo Web del Mantenimiento Correctivo y Preventivo, ii) Modelo de la Base de Datos del módulo Web del Mantenimiento Correctivo y Preventivo, iii) El módulo Web del Mantenimiento Correctivo y Preventivo y iv) Pruebas de Calidad Funcional a nivel de Sistemas del módulo Web del Mantenimiento Correctivo y Preventivo.

2. RESULTADO ESPERADO 5: LISTA DE REQUISITOS DEL MÓDULO WEB DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO

Para el desarrollo del catálogo de requisitos de estos mantenimientos de los equipos médicos, al igual que para el directorio de equipos médicos y retiro de equipos médicos, se realizaron entrevistas, presentaciones y validaciones con los integrantes del grupo de bioingeniería de la PUCP con el fin de recopilar la información proveniente de la INMP necesaria para diseñar los procesos relacionados a estas actividades y además de validar el desarrollo realizado (apéndice E). Con la información recopilada en las entrevistas respecto a estos procesos, se elaboraron los requisitos que siguen el flujo necesario para estos procesos incluyendo los datos necesarios para poder realizar una gestión completa de la información.

2.1. LISTA DE REQUISITOS DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO

En la tabla 12, se presentan 3 principales requisitos que se elaboraron para el proceso del mantenimiento correctivo de los equipos médicos. Cabe resaltar que los tipos de requisitos con los que se clasificará son: Funcional (F) y No Funcional (NF).

Tabla 12. Requisitos relevantes para el Mantenimiento Correctivo

N°	Funcionalidad	Descripción	Tipo
SOT1	Solicitud de Orden de Trabajo de Mantenimiento	El sistema deberá permitir registrar y modificar la información de una solicitud de orden de trabajo de mantenimiento. La información de una solicitud consiste en: código patrimonial, fecha de solicitud, estado, especificación, motivo y justificación.	F
OTC1	Orden de Trabajo de Mantenimiento Correctivo	El sistema deberá permitir al usuario programar una orden de trabajo correctivo en base a una determinada solicitud de orden de trabajo. La información para programar la orden de trabajo consiste en: usuario solicitante, fecha de programación, número de ficha, prioridad, tipo de falla.	F
OTC5	Orden de Trabajo de Mantenimiento Correctivo	El sistema deberá permitir al usuario modificar la información de una determinada ficha de orden de trabajo correctivo. La información de la ficha de orden de trabajo a modificar consiste en: fecha y hora de conformidad, prioridad, estado de la orden de trabajo (campo "Equipo no Intervenido"), descripción del problema, tipo de falla, estado inicial del activo, diagnóstico de la falla, estado final del activo, flag "Sin interrupción al servicio", fecha de inicio y fecha de término.	F

El primer requisito muestra el primer paso para iniciar un mantenimiento correctivo de un equipo médico en específico que es la elaboración de una solicitud de mantenimiento correctivo. Esta solicitud permite al personal encargado de revisar las solicitudes, validar o autorizar la programación del mantenimiento en una fecha determinada, como se aprecia en el segundo requisito, en donde se indica que el usuario accederá a un formulario donde ingresará los datos necesarios para programar la orden de mantenimiento.

Finalmente, el tercer requisito muestra el proceso de modificar la ficha del mantenimiento, ficha por la cual el usuario encargado de esta actividad registra el diagnóstico de la falla, las actividades que realizó, entre otros datos necesarios que se muestran en este requisito, para tener una administración completa del mantenimiento. El catálogo completo de los requisitos pertenecientes a este módulo del mantenimiento correctivo está incluido en el apéndice (Apéndice A).

2.2. LISTAS DE REQUISITOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En la tabla 13, se presentan los 2 principales requisitos que se elaboraron para el proceso de mantenimiento preventivo. De la misma manera como en el mantenimiento correctivo, los requisitos son clasificados en: Funcional (F) y No Funcional (NF).

Tabla 13. Requisitos relevantes para el Mantenimiento Preventivo

N°	Funcionalidad	Descripción	Tipo
OTP2	Orden de Trabajo de Mantenimiento Preventivo	El sistema deberá permitir al usuario programar una orden de trabajo preventivo. La información para programar la orden de trabajo consiste en: código patrimonial, usuario solicitante, fecha y hora de la programación.	F
OTP5	Orden de Trabajo de Mantenimiento Preventivo	El sistema deberá permitir al usuario modificar la información de una determinada ficha de orden de trabajo preventivo. La información de la ficha de orden de trabajo a modificar consiste en: fecha y hora de conformidad, estado de la orden de trabajo (campo "Equipo no Intervenido"), estado inicial del activo, estado final del activo, flag "Sin interrupción al servicio", fecha de inicio y fecha de término.	F

Cabe resaltar que, para el primer requisito, no se necesita una solicitud de orden de mantenimiento puesto que son inspecciones programadas previamente. El INMP cuenta con un plan anual de mantenimientos preventivos, con la plataforma se podrá programar varios mantenimientos preventivos de manera masiva. Por otro lado, al igual que en el mantenimiento correctivo, se podrá modificar la ficha de la orden de mantenimiento preventivo, donde el usuario podrá registrar las actividades que realizó en el mantenimiento. Estas actividades o tareas, dependiendo del equipo médico, pueden estar predeterminadas en la ficha. El

catálogo completo de los requisitos pertenecientes a este módulo de mantenimiento preventivo está incluido en el Apéndice A.

3. RESULTADO ESPERADO 6: MODELO DE BASE DE DATOS DEL MÓDULO WEB DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO

A continuación, se visualizarán los modelos de base de datos tanto para el mantenimiento correctivo como el preventivo. Cabe resaltar que los campos de cada tabla del modelo se podrán visualizar en el diccionario de datos incluido en el Apéndice B.

3.1. MODELO DE BASE DE DATOS DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO

En este modelo de datos, una de las tablas principales es la solicitud de órdenes de trabajo. Una orden de trabajo es otro término que identifica a una actividad de mantenimiento. Esta solicitud de mantenimiento está asociada a un activo o equipo médico determinado.

Por otro lado, en la tabla de órdenes de trabajo de mantenimiento correctivos se almacenan, por registro, cada ficha de mantenimiento correctivo programada, además que está relacionada con las tablas que almacenan las tareas o actividades, los repuestos necesarios y el personal que participó en ese mantenimiento. Finalmente, las tablas de los tipos de fallas y de prioridades permiten clasificar o categorizar las órdenes de mantenimiento.

A continuación, en la figura 9 se mostrará el modelo de base de datos que dará soporte a la gestión del mantenimiento correctivo.

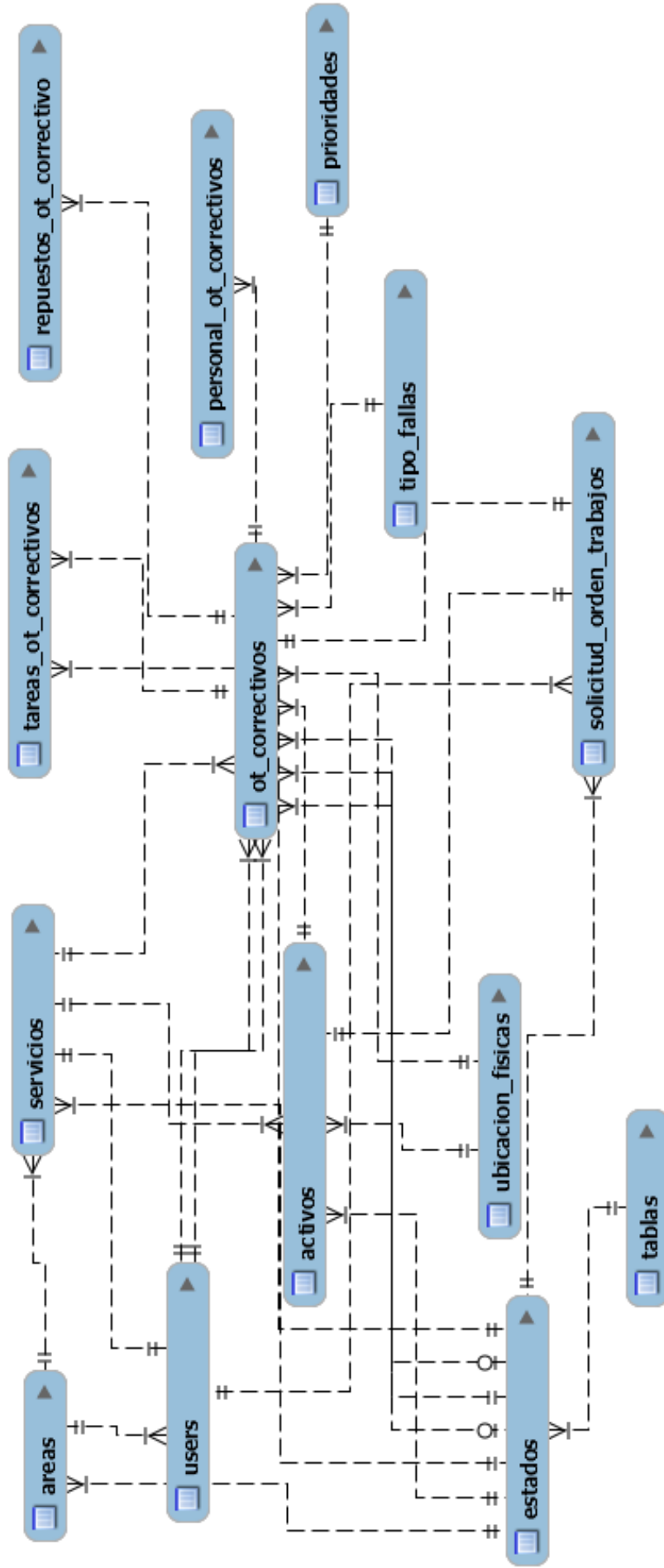


Figura 9. Modelo de Base de Datos para el Mantenimiento Correctivo (Imagen de Autoría Propia)

3.2. MODELO DE BASE DE DATOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En este modelo de datos, la tabla principal corresponde a la del mantenimiento (u orden de trabajo de mantenimiento) preventivo, que se encuentra asociada directamente a un activo o equipo médico determinado. Por otro lado, como se mencionó anteriormente, los mantenimientos preventivos cuentan con actividades o tareas predeterminadas dependiendo del activo asociado.

Respecto a esta característica, cabe resaltar que en este tipo de mantenimiento, se cuenta con una tabla destinada a contar con tareas relacionadas a activos de manera predefinida; es decir, los equipos médicos luego de estar registrados en el sistema, contarán con tareas o actividades de mantenimiento previamente ingresadas en el módulo de Investigación (módulo que es parte de toda la plataforma del proyecto GTS). Esto con el fin de que, cuando se cree la ficha del mantenimiento, el usuario sepa que actividades realizar en el mantenimiento. Esto se diferencia del mantenimiento correctivo, puesto que en este último las actividades o tareas a realizar dependen del tipo de falla que haya sido diagnosticada.

En la figura 10, se mostrará el modelo de base de datos que dará soporte a la gestión del mantenimiento preventivo.

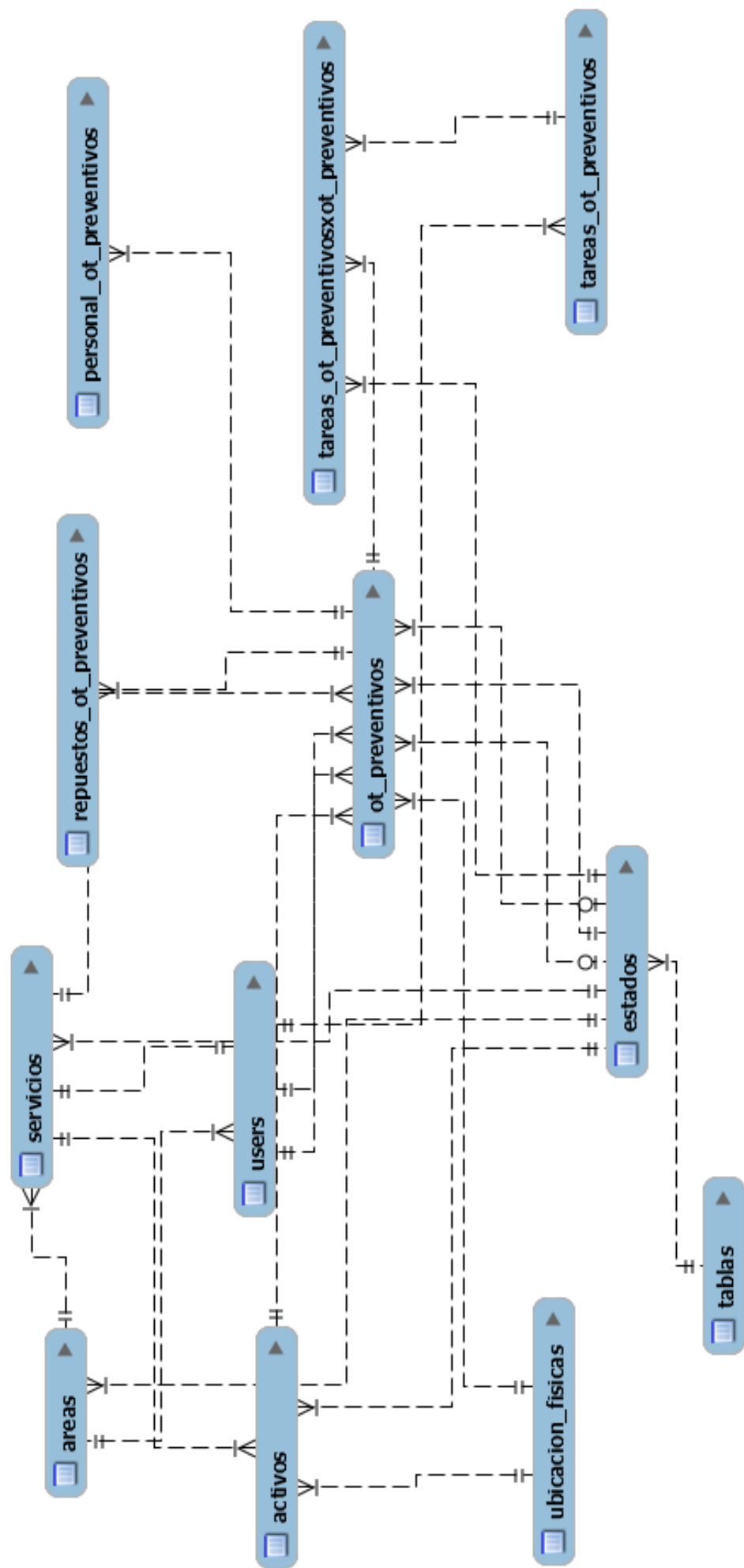


Figura 10. Modelo de Base de Datos para el Mantenimiento Preventivo (Imagen de Autoría Propia)

4. RESULTADO ESPERADO 7: MÓDULO WEB DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO

Los procesos que involucran a la programación y seguimiento de los mantenimientos correctivos y preventivos fueron analizados y diseñados por el grupo de bioingeniería de la PUCP; asimismo, las pantallas para el módulo Web ya se encontraban en una fase preliminar de diseño. La contribución de los presentes autores fue la modificación de algunas pantallas para que estas se pudiesen ajustar mejor a los procesos definidos y sean más amigables para el usuario final. Estas modificaciones fueron revisadas y aprobadas por el jefe del proyecto.

Respecto a los roles de las funcionalidades del Mantenimiento Correctivo y Preventivo, al igual para los demás módulos, se encuentran incluidos en el apéndice (Apéndice F).

4.1. MÓDULO WEB DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

En este tipo de mantenimiento, a diferencia del mantenimiento preventivo, se inicia a partir de una solicitud de mantenimiento o también llamado solicitud de orden de trabajo de mantenimiento. Con esta solicitud, como se aprecia en la figura 11, el usuario podrá notificar la falla de un equipo médico. Para ello, se llenarán los campos código patrimonial (código único de un equipo médico), fecha de la solicitud, especificación del servicio, motivo de la solicitud y la justificación de la solicitud. Por otro lado, cada vez que se ingrese un código patrimonial, el sistema validará si existe, mostrando el nombre del equipo.

The screenshot displays the 'Generar Solicitud de Orden de Trabajo' interface. The top navigation bar includes 'Panel', 'Planeamiento', 'Adquisición', 'Bienes', 'Riesgos', 'Investigación', and 'RRHH'. The left sidebar shows 'Solicitud de Orden de Trabajo', 'Gestión documentaria', and 'Gestión de bienes e inspección'. The main form area is titled 'Generar Solicitud de Orden de Trabajo' and shows the user 'webmaster webmaster, gts'. It is divided into two sections: 'Datos del Activo' and 'Datos de la Solicitud'. 'Datos del Activo' contains 'Codigo Patrimonial' (532298320004) and 'Equipo' (VENTILADOR DE ANESTESIA). 'Datos de la Solicitud' contains 'Fecha de solicitud' (17-03-2016), 'Estado' (Pendiente), 'Especificación de servicio' (Se solicita revisión del motor del ventilador de anestesia), 'Motivo' (El motor del ventilador de anestesia presenta averías), and 'Justificación' (El ventilador posee alta demanda en el hospital). At the bottom, there are '+ Crear' and 'Cancelar' buttons.

Figura 11. Registro de una Solicitud de Mantenimiento Correctivo (Imagen de Autoría Propia)

Una vez creada la solicitud, se podrá programar el mantenimiento. En la figura 12, se programa en qué fecha se realizará el mantenimiento, llenando los campos usuario solicitante, fecha de programación, el número de ficha de la orden, tipo de prioridad de la orden y el tipo de falla del equipo. Por otro lado, se pueden apreciar los mantenimientos correctivos programados en el año, mostrados por cada mes.

The screenshot shows the 'Programar mantenimiento correctivo' (Schedule corrective maintenance) form in the GTS SOFTWARE system. The form is divided into several sections:

- Datos de la Programación:** This section contains the following fields:
 - Número de SOT:** SOT0001TS
 - Código patrimonial del activo:** 532298320004
 - Usuario solicitante:** Vera Chacon, Kelly Carol
 - Ingrese fecha de programación:** A date selection field.
 - Programaciones pendientes en el mes:** 1
 - Programaciones pendientes en el trimestre:** 1
 - Número de ficha:** Ingrese un Número de Ficha
 - Prioridad:** normal
 - Tipo de falla:** Eléctrica
- Programaciones del mes:** A calendar for March 2016. The date 14 is highlighted in blue, indicating the selected date for the maintenance.

Figura 12. Programación del Mantenimiento Correctivo (Imagen de Autoría Propia)

Una vez programada el mantenimiento, de manera automática se crea la ficha del mantenimiento correctivo, la cual el usuario encargado de realizar el mantenimiento del equipo tiene que llenar. Esta ficha se podrá apreciar en el Apéndice D.

Cabe resaltar que luego de haber programado la orden de mantenimiento correctivo, el equipo médico cambiará su estado de disponibilidad cuando el mantenimiento inicie en la fecha programada.

Además de las funcionalidades presentadas, este módulo permite al usuario encargado la búsqueda tanto de las solicitudes de órdenes de mantenimiento como las mismas órdenes de mantenimiento correctivo, la edición de los datos de la ficha de mantenimiento correctivo, que a su vez, permite agregar actividades o tareas realizadas en el mantenimiento, los repuestos necesarios y la mano de obra utilizada. Todas las funcionalidades antes mencionadas se podrán apreciar en el Apéndice D.

4.2. MÓDULO WEB DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Como se mencionó en el punto anterior, este tipo de mantenimiento no necesita de una solicitud de mantenimiento puesto que estas programaciones tienen como finalidad la inspección de los equipos en fechas programadas previamente. El INMP realiza por cada año un plan anual de mantenimiento preventivo que muestran las fechas en las que los equipos médicos serán inspeccionados en el año.

Para dar inicio al proceso, el usuario programará el mantenimiento preventivo a una determinada fecha. En la figura 13, se muestra de qué manera se programan los mantenimientos preventivos de varios equipos de manera masiva que es mediante la búsqueda de un equipo por código patrimonial (validado cuando se muestran los datos como su nombre y la cantidad de programaciones pendientes en el mes y en el trimestre actual), el usuario solicitante, la fecha y hora de programación.

Código Patrimonial	Nombre de Equipo	Programaciones del mes	Programaciones del trimestre	Fecha Programación	Hora Programación	Usuario Re
532210020033	BOMBA DE INFUSION DE JERINGA	0	0	29-03-2016	17.00	Cortez Diaz,

Figura 13. Programación de Mantenimientos Preventivos (Imagen de Autoría Propia)

Al igual que el mantenimiento correctivo, se podrán apreciar mediante un calendario todos los mantenimientos preventivos programados en el año.

Una vez registrados los mantenimientos preventivos, se crean de manera automática las fichas de mantenimiento preventivo. Estos podrán ser buscados mediante el formulario que se muestra en la figura 14, donde el usuario podrá buscar las órdenes de mantenimiento utilizando diversos criterios de búsqueda

tales como el nombre del ingeniero a cargo, el código patrimonial, la ubicación física del equipo médico, el código de la orden de mantenimiento, fecha de inicio, fecha de fin, el nombre del equipo médico relacionado al mantenimiento, el proveedor, ya sea su RUC, su razón social o el nombre del contacto y el servicio clínico que pertenece el equipo médico.

N°	Orden Trabajo Mantenimiento	Fecha y hora	Departamento	Servicio	Ingeniero a cargo del activo	Usuario Solicitante
1	MP0001TS	31-03-2016 09:00:00	Departamento de neonatología	CENTRO QUIRURGICO	Cortez Díaz, Alda Noelia	Vera Chacon, Kelly Carol
2	MP0002TS	29-03-2016 17:00:00	Departamento de neonatología	CENTRO QUIRURGICO	Cortez Díaz, Alda Noelia	Cortez Díaz, Alda Noelia
3	MP0003TS	30-03-2016 09:00:00	Departamento de neonatología	CENTRO QUIRURGICO	Cortez Díaz, Alda Noelia	Vera Chacon, Kelly Carol

Figura 14. Búsqueda de Mantenimientos Preventivos (Imagen de Autoría Propia)

Cuando llegue la fecha del mantenimiento, el usuario podrá visualizar la ficha del mantenimiento donde podrá realizar la edición de la ficha del mantenimiento, como se puede apreciar en el Apéndice D.

Luego de haber programado la orden de mantenimiento preventivo, el equipo médico cambiará su estado de disponibilidad cuando el mantenimiento inicie en la fecha estipulada.

Además de las funcionalidades presentadas, este módulo permite al usuario encargado la búsqueda de las órdenes de mantenimiento preventivo, la edición de los datos de la ficha de mantenimiento preventivo, que a su vez, permite agregar actividades o tareas realizadas en el mantenimiento, los repuestos necesarios y la mano de obra utilizada. Todas las funcionalidades antes mencionadas se podrán apreciar en el Apéndice D.

5. RESULTADO ESPERADO 8: PRUEBAS DE CALIDAD FUNCIONAL A NIVEL DE SISTEMAS DEL MÓDULO DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO

5.1. PRUEBAS DE CALIDAD FUNCIONAL A NIVEL DE SISTEMAS DEL MÓDULO DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Para el presente módulo Web, se realizaron las pruebas relacionadas en tres principales funcionalidades: registrar una nueva solicitud de orden de trabajo de mantenimiento, programar una orden de mantenimiento correctivo y actualizar la ficha de la orden de mantenimiento correctivo. Por cada funcionalidad, se elaboraron las clases de equivalencia por cada interfaz que están incluidas en el Apéndice C.

Para la funcionalidad del registro de una nueva solicitud de orden de mantenimiento, se realizaron 3 pruebas: 1 prueba con éxito (flujo feliz) y 2 pruebas con un error cada uno que se podrán visualizar en el Apéndice C. En la tabla 14, se presenta la prueba con el registro correcto de una solicitud.

Tabla 14. Prueba de un Registro correcto de una Nueva Solicitud

Prueba 1	
Objetivo de Prueba:	Registrar una solicitud de orden de trabajo de mantenimiento correctamente.
Precondición:	Se ha accedido al sistema como administrador.
Descripción de la Prueba:	En la interfaz de entrada introducir los siguientes datos: - Código Patrimonial = 532282100028 (Pertenece al Oxímetro de Pulso) - Fecha de Solicitud = 24-03-2016 - Especificación del servicio = Se solicita una revisión completa de la bomba de infusión. - Motivo = La bomba de infusión presenta averías. - Justificación = Existe una alta demanda por el estado activo del equipo.
Resultados Esperados:	Se muestra el mensaje: <i>Se generó correctamente la solicitud.</i>

Para el caso de la programación de una orden de mantenimiento correctivo, se realizó la misma cantidad de pruebas: una programación correcta (flujo feliz) y 2 pruebas erróneas mostradas en el Apéndice C. En la tabla 15, se presenta la prueba donde se realiza una correcta programación de una orden de mantenimiento correctivo.

Tabla 15. Programación correcta de una Orden de Mantenimiento Correctivo

Prueba 2	
Objetivo de Prueba:	Programar una orden de trabajo de mantenimiento correctivo correctamente.
Precondición:	Se ha accedido al sistema como administrador.
Descripción de la Prueba:	En la interfaz de entrada introducir los siguientes datos: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Usuario Solicitante= Vera Chacón, Kelly Carol</i> - <i>Fecha de Programación =24-03-2016</i> - <i>Número de Ficha = 123456</i> - <i>Prioridad = normal</i> - <i>Tipo de Falla = Eléctrica</i>
Resultados Esperados:	Se muestra el mensaje: <i>Se programó correctamente la OT</i>

Finalmente, para la actualización de la ficha de la orden de mantenimiento correctivo se realizaron 3 pruebas: una actualización correcta (flujo feliz) y 2 pruebas erróneas mostradas en el Apéndice C. En la tabla 16, se muestra la actualización correcta de una ficha de orden de mantenimiento correctivo.

Tabla 16. Prueba de una correcta Actualización de una Ficha de Orden de Mantenimiento Correctivo

Prueba 3	
Objetivo de Prueba:	Actualizar la ficha de la orden de trabajo de mantenimiento correctivo con código MC0002TS correctamente.
Precondición:	Se ha accedido al sistema como administrador.
Descripción de la Prueba:	<p>En la interfaz de entrada introducir los siguientes datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Fecha de Conformidad: 27-03-2016</i> - <i>Descripción del Problema= Existe una avería en la pantalla del equipo médico.</i> - <i>Diagnóstico de Falla= Se deberá desconectar el equipo médico para realizar un desarmado completo de este.</i> - <i>Fecha de Inicio= 24-03-2016 14:00</i> - <i>Fecha de Término= 27-03-2016 15:00</i> - <i>Prioridad= normal</i> - <i>Equipo no Intervenido = Pendiente</i> - <i>Tipo de Falla = Eléctrica</i> - <i>Estado Inicial del Activo = Operativo Calibrado</i> - <i>Estado Final del Activo = Operativo Calibrado</i> - <i>Sin Interrupción al Servicio = No</i>
Resultados Esperados:	Se muestra el mensaje: <i>Se guardó correctamente la OTM: MC0002TS</i>

5.2. PRUEBAS DE CALIDAD FUNCIONAL A NIVEL DE SISTEMAS DEL MÓDULO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para el presente módulo Web, se realizaron las pruebas relacionadas en dos principales funcionalidades: programar una orden de mantenimiento preventivo y actualizar la ficha de la orden de mantenimiento preventivo. Por cada funcionalidad, se elaboraron las clases de equivalencia por cada interfaz que podrán ser visualizadas en el Apéndice C.

Para la funcionalidad de la programación de una orden de mantenimiento, se realizaron 3 pruebas: 1 prueba con éxito (flujo feliz) y 2 pruebas erróneas mostradas en el Apéndice C. En la tabla 17, se presenta la prueba con la correcta programación de una orden de mantenimiento.

Tabla 17. Prueba de la Programación correcta de un Mantenimiento Preventivo

Prueba 1	
Objetivo de Prueba:	Programar una orden de trabajo de mantenimiento preventivo correctamente.
Precondición:	Se ha accedido al sistema como administrador.
Descripción de la Prueba:	En la interfaz de entrada introducir los siguientes datos: - <i>Código Patrimonial = 532282100028 (Pertenece al Oxímetro de Pulso)</i> - <i>Usuario Solicitante= Vera Chacón, Kelly Carol</i> - <i>Fecha de Programación =24-03-2016</i> - <i>Hora de Programación = 11:50</i>
Resultados Esperados:	Se muestra el mensaje: <i>Se programó correctamente la OT.</i>

Finalmente, para la actualización de una ficha de orden de mantenimiento preventivo, se realizaron la misma cantidad de pruebas: una prueba correcta (flujo feliz) y 2 pruebas erróneas incluidas en el Apéndice C. En la tabla 18, se muestra la prueba de una correcta actualización de una ficha de orden de mantenimiento preventivo.

Tabla 18. Prueba de una correcta Actualización de una Orden de Mantenimiento Preventivo

Prueba 2	
Objetivo de Prueba:	Actualizar la ficha de la orden de trabajo de mantenimiento preventivo con código MC0002TS correctamente.
Precondición:	Se ha accedido al sistema como administrador.
Descripción de la Prueba:	En la interfaz de entrada introducir los siguientes datos: - <i>Fecha de Conformidad = 27-03-2016</i> - <i>Hora de Conformidad = 14:00</i> - <i>Número de Ficha = 123456</i> - <i>Ejecutor de Mantenimiento = Juan Pérez</i> - <i>Estado Inicial del Activo = Operativo Calibrado</i> - <i>Equipo No Intervenido = Pendiente</i> - <i>Fecha de Inicio = 25-03-2016</i> - <i>Sin interrupción al servicio = Si</i>

	- Estado Final del Activo = Operativo Calibrado
Resultados Esperados:	Se muestra mensaje: <i>Se guardó correctamente la OTM: MP0002TS</i>

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo mostrado en el presente capítulo, se puede concluir que existe un gran volumen de información por cada tipo de mantenimiento que es necesario gestionar.

Para el caso del mantenimiento correctivo, la razón por la cual se deba programar una orden de mantenimiento correctivo, debe ser justificada mediante el nivel de urgencia que tenga este equipo por ser revisado y si el equipo puede tener una interrupción de su servicio al momento de realizar el mantenimiento. Es por ello que se necesita la aprobación de una solicitud, donde se permita justificar la necesidad y/o urgencia por realizar el mantenimiento.

Por otro lado, para el mantenimiento preventivo, la posibilidad de realizar la programación masiva de varios mantenimientos preventivos permite al usuario elaborar previamente un calendario anual de mantenimientos para finalmente registrarlos un solo proceso.

CAPÍTULO 6: RETIRO DE EQUIPOS MÉDICOS

1. INTRODUCCIÓN

Como se mencionó en el primer capítulo, el retiro de los equipos médicos en un sistema de salud es el proceso por el cual se da de baja un equipo médico cuando su vida útil ha terminado [12]. En otras palabras, la tecnología médica actual o sus aplicaciones ya no cumple con los objetivos y los requerimientos clínicos para lo cual fue adquirida y utilizada, por lo que se descontinúa su uso [43]. Con respecto al impacto social que brinda la tecnología, ésta queda reducida de manera significativa en proporción a la disminución de su uso hasta llegar a su completo reemplazo [43].

En los siguientes puntos, se explicará cómo se dio solución al tercer objetivo específico que es la creación de un aplicativo Web para la gestión del retiro de los equipos médicos en los establecimientos de salud peruanos. Se cuenta con 4 resultados esperados: i) Lista de Requisitos del módulo Web de la Gestión del Retiro de Equipos Médicos, ii) Modelo de la Base de Datos del módulo Web de la Gestión del Retiro de Equipos Médicos, iii) El módulo Web de la Gestión del Retiro de Equipos Médicos y iv) Pruebas de Calidad Funcional del módulo Web de la Gestión del Retiro de Equipos Médicos.

2. RESULTADO ESPERADO 9: LISTA DE REQUISITOS DEL MÓDULO WEB PARA LA GESTIÓN DEL RETIRO DE EQUIPOS MÉDICOS

A continuación, en la tabla 19, se mostrará la lista de requisitos que abarcan el proceso de la gestión de los equipos médicos en los establecimientos de salud. Cabe resaltar que los tipos de requisitos con los que se clasificará son: Funcional (F) y No Funcional (NF).

Tabla 19. Lista de Requisitos para la Gestión de Retiro de Equipos

N°	Funcionalidad	Descripción	Tipo
RE2	Retiro de Equipos Médicos	El sistema deberá permitir registrar y modificar la información de reporte de retiro de servicio. La información de una solicitud consiste en: código patrimonial, motivo, costo, fecha de baja y descripción.	F
RE4	Retiro de Equipos Médicos	El sistema deberá permitir al usuario programar una orden de trabajo de retiro de servicio. La información para programar la orden de trabajo consiste en: usuario solicitante y la fecha de programación.	F
RE8	Retiro de Equipos Médicos	El sistema deberá permitir al usuario modificar la información de una determinada ficha de orden de trabajo de retiro de servicio. La información de la ficha de orden de trabajo a modificar consiste en: fecha y hora de conformidad, estado de la orden de trabajo (campo "Equipo no Intervenido"), estado inicial del activo, estado final del activo.	F

El primer requisito muestra que para iniciar el proceso de retiro de un equipo médico se debe crear un reporte de retiro, reporte por el cual el usuario encargado de revisarlo, podrá programar la orden de retiro del equipo en una fecha determinada, como se muestra en el segundo requisito. Finalmente, luego de programar el retiro, se crea automáticamente la ficha de la orden, ficha que el encargado del retiro completará para tener gestionada la información necesaria del proceso. El catálogo completo de requisitos de este módulo está incluido en el Apéndice A.

3. RESULTADO ESPERADO 10: MODELO DE BASE DE DATOS DEL MÓDULO WEB PARA LA GESTIÓN DEL RETIRO DE EQUIPOS MÉDICOS

En la figura 15, se mostrará el modelo de base de datos que dará soporte a la gestión del retiro de los equipos médicos. Cabe resaltar que los campos de cada tabla se podrán visualizar en el diccionario de datos incluido en el Apéndice B.

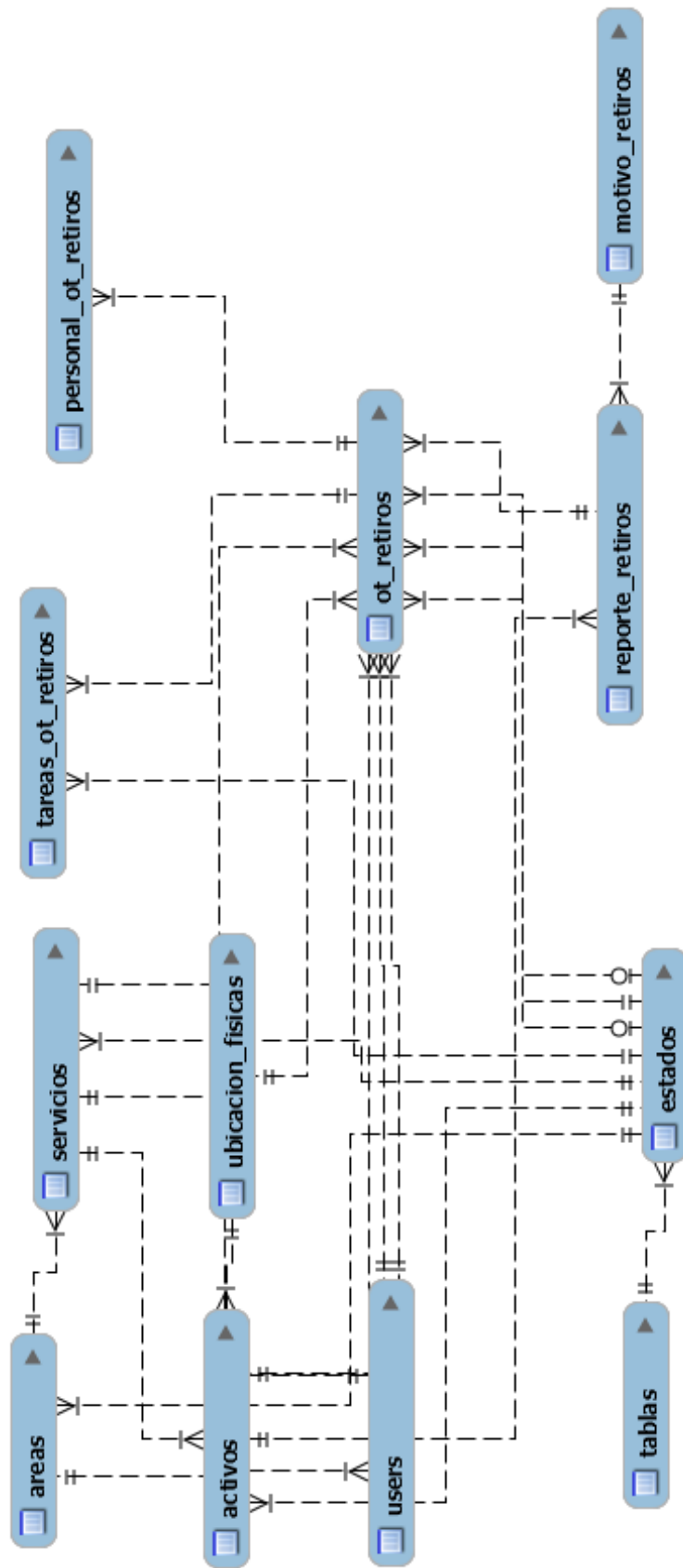


Figura 15. Modelo de Base de Datos del Retiro de Equipos Médicos (Imagen de Autoría Propia)

En el presente modelo, existe la tabla encargada de almacenar los reportes de retiro de servicio de un equipo médico asociado. Este reporte se encontrará relacionada un orden de trabajo de retiro, donde a su vez, se podrán registrar tareas y personal o mano de obra relacionada a cada orden de retiro.

Respecto a los roles a las funcionalidades para la Gestión del Retiro de los Equipos Médicos, al igual para los demás módulos, se encuentran incluidos en el apéndice (Apéndice F).

4. RESULTADO ESPERADO 11: MÓDULO WEB PARA LA GESTIÓN DEL RETIRO DE EQUIPOS MÉDICOS

Los procesos que involucran gestión del retiro de los equipos médicos fueron analizados y diseñados por el grupo de bioingeniería de la PUCP; asimismo, las pantallas para el módulo Web ya se encontraban en una fase preliminar de diseño. La contribución de los presentes autores fue la modificación de algunas pantallas para que estas se pudiesen ajustar mejor a los procesos definidos y sean más amigables para el usuario final. Estas modificaciones fueron revisadas y aprobadas por el jefe del proyecto.

Para iniciar el proceso, el usuario registrará un reporte de retiro donde asociará un equipo asociado mediante el código patrimonial que se valida internamente en el sistema. Además, se deberán completar el motivo del retiro, el costo del retiro, la fecha del retiro y una descripción del reporte como se muestra en la figura 16.

Información de Activo		
Activo	Nombre de Equipo	Servicio clínico
532298320004	VENTILADOR DE ANESTESIA	CENTRO QUIRURGICO
Modelo	Serie	Proveedor
PRO-45V	510	S/P

Información de Reporte		
Motivo	Costo (S/.)	Fecha de baja
Obsolescencia Tecnológica	200.00	20-03-2016
Descripción		
El ventilador de anestesia modelo PRO-45V puesto que se encuentra en obsolescencia.		

Figura 16. Registro de un Reporte de Retiro de Servicio (Imagen de Autoría Propia)

En el caso que el usuario decida realizar la programación de la orden de retiro, el usuario procederá a programar la orden en el formulario que se muestra en la figura 17, donde el usuario llenará los campos faltantes que son la fecha programada para la orden y el usuario solicitante. Por otro lado, se podrá apreciar en un calendario las programaciones de retiro de diversos equipos médicos programados en el año.

The screenshot displays the 'Programar retiro de servicio' interface. On the left, a sidebar contains navigation options: 'Solicitud de Orden de Trabajo', 'Gestión documental', and 'Gestión de bienes e inspección'. The main content area is titled 'Programar retiro de servicio' and contains a form with the following fields:

- Datos de la Programación**
- Número de Reporte de Retiro:** Input field with value 'BV0001TS'.
- Código patrimonial del activo:** Input field with value '532298320004'.
- Usuario solicitante:** Dropdown menu with value 'Vera Chacon, Kelly Carol'.
- Ingrese fecha de programación:** Date picker field.
- Programar:** A blue button to submit the form.

To the right of the form is a calendar titled 'Programaciones del mes' for '2016 Marzo'. The calendar grid shows days from 1 to 31, with the 20th highlighted in blue.

Figura 17. Programación de la Orden de Retiro de un Equipo Médico (Imagen de Autoría Propia)

Por último, cuando el usuario encargado de realizar el proceso de retiro del equipo decide iniciar dicho proceso, deberá llenar la ficha de la orden de retiro correspondiente tal como se muestra en el Apéndice D. En esta ficha el usuario podrá visualizar datos previos como los datos de la orden y los datos del equipo del retiro. Además, el usuario, podrá llenar campos faltantes en la ficha como la fecha de conformidad del proceso, el estado de la orden, el estado inicial y final del activo luego del retiro de su servicio. Por otro lado, el usuario registrará las tareas realizadas en el retiro, además de registrar la mano de obra partícipe en el proceso.

Una vez finalizada la orden de retiro, el equipo médico actualizará su estado de disponibilidad.

Además de las funcionalidades presentadas, este módulo permite al usuario encargado la búsqueda de los reportes de retiro y de las órdenes de retiro de servicio. Todas las funcionalidades antes mencionadas se podrán apreciar en el Apéndice D.

5. RESULTADO ESPERADO 12: PRUEBAS DE CALIDAD FUNCIONAL A NIVEL DE SISTEMAS DEL MÓDULO WEB DE LA GESTIÓN DE RETIRO DE EQUIPOS MÉDICOS

Para el presente módulo Web, se realizaron las pruebas relacionadas en tres principales funcionalidades: registrar un reporte de retiro de servicio de un equipo médico, programar una orden de retiro de equipo médico y actualizar la ficha de la orden de retiro de equipo médico. Por cada funcionalidad, se elaboraron las clases de equivalencia. Estas se encuentran incluidas en el Apéndice C.

Para la funcionalidad de la programación de una orden de retiro, se realizaron 3 pruebas: 1 prueba con éxito (flujo feliz) y 2 pruebas erróneas mostradas en el Apéndice C. En la tabla 20, se presenta la prueba con el correcto registro de una orden de retiro.

Tabla 20. Prueba de un correcto Registro de un Reporte de Retiro de Equipo Médico

Prueba 1	
Objetivo de Prueba:	Registrar una solicitud de orden de trabajo de retiro correctamente.
Precondición:	Se ha accedido al sistema como administrador.
Descripción de la Prueba:	<p>En la interfaz de entrada introducir los siguientes datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Código Patrimonial = 532282100028 (Pertenece al Oxímetro de Pulso) - Fecha de Baja = 31-03-2016 - Motivo = <i>Obsolescencia Tecnológica.</i> - Costo = 190.00. - Descripción = <i>El oxímetro tiene 5 años que no se ha usado.</i>
Resultados Esperados:	Se muestra el mensaje: <i>Se creó correctamente el informe.</i>

Para la programación de una ficha de orden de mantenimiento preventivo, se realizaron la misma cantidad de pruebas: una prueba correcta (flujo feliz) y 2 pruebas erróneas incluidas en el Apéndice C. En la tabla 21, se muestra la prueba de una programación de un reporte de retiro de un equipo médico.

Tabla 21. Prueba de una correcta Programación de una Orden de Retiro de Equipo Médico

Prueba 2	
Objetivo de Prueba:	Programar una orden de trabajo de retiro correctamente.
Precondición:	Se ha accedido al sistema como administrador.
Descripción de la Prueba:	En la interfaz de entrada introducir los siguientes datos: - <i>Usuario Solicitante= Vera Chacón, Kelly Carol</i> - <i>Fecha de Programación =24-03-2016</i>
Resultados Esperados:	Se muestra el mensaje: <i>Se programó correctamente la OT</i>

Finalmente, para la actualización de una ficha de orden de retiro de un equipo médico, se realizaron la misma cantidad de pruebas: una prueba correcta (flujo feliz) y 2 pruebas erróneas incluidas en el Apéndice C. En la tabla 22, se muestra la prueba de una correcta actualización de una ficha de orden de retiro de un equipo médico.

Tabla 22. Prueba de una correcta Actualización de una Ficha de Orden de Retiro

Prueba 3	
Objetivo de Prueba:	Actualizar la ficha de la orden de trabajo de retiro con código <i>OT0001RS</i> correctamente.
Precondición:	Se ha accedido al sistema como administrador.
Descripción de la Prueba:	En la interfaz de entrada introducir los siguientes datos: - <i>Fecha de Conformidad: 27-03-2016</i> - <i>Equipo no Intervenido = Pendiente</i> - <i>Estado Inicial del Activo = Operativo Calibrado</i> - <i>Estado Final del Activo = Operativo Calibrado</i> - <i>Sin Interrupción al Servicio = No</i>
Resultados Esperados:	Se muestra el mensaje: <i>Se guardó correctamente la OT de Retiro OT0001RS.</i>

6. CONCLUSIONES

El presente capítulo muestra la importancia de gestionar la información relacionada no solo al retiro virtual del equipo, sino también de todas las actividades relacionadas al retiro del equipo médico en el establecimiento de salud.

Por otro lado, el proceso de retiro de un equipo médico como parte del Ciclo de Vida la Aplicación de las Tecnologías de la Salud (CAT) tiene una gran importancia

en el sistema de salud puesto que es imprescindible contar con un inventario de equipos médicos que se encuentren disponibles para prestar su servicio clínico.



CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES

1. CONCLUSIONES DEL PROYECTO DE FIN DE CARRERA

Luego de implementar el sistema de información que de soporte a los procesos involucrados en la gestión de equipos médicos en establecimientos de salud, se obtuvieron las siguientes conclusiones en base a cada objetivo específico formulado.

1.1. CONCLUSIONES PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Se logró desarrollar el módulo web para la gestión del directorio de equipos médicos el cual cumple con las necesidades del proceso que se ve reflejado en el catálogo de requisitos. Además, se pudo diseñar un modelo de base de datos que soporte correctamente las necesidades del módulo web para mantener la información necesaria de los equipos médicos; de tal manera, que esta información esté disponible para la toma de decisiones en la gestión de tecnologías de la salud. Cabe mencionar, que el análisis de los requerimientos fue fundamental para que el diseño de la interfaz gráfica contemple la información de manera eficiente al momento que se disponga de esta.

1.2. CONCLUSIONES PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Se logró desarrollar el módulo para la programación y seguimiento de los mantenimientos correctivos y preventivos cumpliendo con los requisitos planteados satisfactoriamente. El análisis previo del proceso fue fundamental para el desarrollo del diseño de la base de datos. Esto permitió que se diferencien los flujos de los mantenimientos correctivos y preventivos, puesto que el primero requiere de una solicitud aprobada para poder dar inicio a la programación de la orden de mantenimiento correctivo. Cabe resaltar que en el desarrollo se realizaron algunas funcionalidades adicionales como la visualización en un calendario de los mantenimientos correctivos o preventivos programadas en el año, además de poder acceder a las fechas del calendario y visualizar las fichas de órdenes de mantenimiento.

1.3. CONCLUSIONES PARA EL OBJETIVO ESPECIFICO 3

Se consiguió elaborar el módulo web para la gestión del retiro de equipos médicos, cuyo fin era dar soporte al correcto retiro de los equipos médicos en los establecimientos de salud y mantener la información necesaria para la correcta aplicación de la Gestión de las Tecnologías de la Salud. Las constantes entrevistas con el equipo de bioingeniería de la PUCP permitieron entender de manera clara el proceso del retiro, logrando comprender que primero se debe realizar el registro de un reporte de retiro para poder analizar la razón del retiro y luego proceder a programar la orden para dar de baja a un equipo médico. Al igual que en los mantenimientos preventivos y correctivos, se añadió la funcionalidad de poder ver en un calendario las órdenes de retiro de varios equipos médicos en un año, teniendo la posibilidad de acceder a la fecha del calendario y visualizar las fichas de órdenes de retiro donde se registran todos los eventos realizados para lograr que el proceso finalice de manera exitosa.

2. CONCLUSIONES DEL PROYECTO GTS

Además de lograr implementar las funcionalidades propuestas para el presente proyecto de fin de carrera, se logró implementar los 6 módulos pertenecientes al proyecto GTS, proyecto financiado por Innóvate Perú. A continuación, se mostrarán las conclusiones obtenidas por cada uno de estos módulos.

2.1. CONCLUSIONES PARA EL MÓDULO DE PLANEAMIENTO

Se logró implementar las funcionalidades propuestas para este módulo que consistía principalmente en la elaboración de reporte de necesidades para nuevas adquisiciones y reportes de evaluación de la Instalación o Implantación de un equipo médico.

Por otro lado, este módulo permite el registro de cotizaciones con los proveedores para la adquisición de nuevos equipos, a esto se le conoce como registro de precios referenciales de equipos médicos.

Finalmente, la plataforma permite el registro de reportes anuales de adquisición y contrataciones (PAAC) incluyendo el presupuesto anual para cada uno de estos planes. Este módulo da el inicio al ciclo de vida de las tecnologías de salud.

2.2. CONCLUSIONES PARA EL MÓDULO DE ADQUISICIÓN

Se logró implementar las funcionalidades propuestas para este módulo que consistía principalmente en la programación anual de compras y contrataciones.

Por otro lado, este módulo permite la gestión del proceso de evaluación de ofertas incluyendo posteriormente el registro de la adjudicación del equipo médico en el establecimiento de salud (incluye el registro del contrato firmado).

Finalmente, este módulo permite la gestión del proceso de la recepción de los equipos médicos nuevos en el establecimiento de salud. Este módulo permite, en rasgos generales, todo el proceso de compra de un equipo médico, dando paso al proceso de instalación, control, mantenimiento y retiro de los equipos.

2.3. CONCLUSIONES PARA EL MÓDULO DE BIENES

Se logró implementar las funcionalidades propuestas para este módulo que consistía principalmente por los 3 objetivos específicos para el presente proyecto de fin de carrera: el directorio de equipos médicos, la programación y seguimiento de los mantenimientos correctivos y preventivos, y finalmente el proceso de retiro del servicio de un equipo médico.

Por otro lado, este módulo permite registrar el proceso de instalación de un equipo médico, desde la evaluación del entorno previo a la implantación física del equipo hasta el proceso mismo de iniciar la operatividad del mismo equipo.

Además de la gestión de la información de los equipos médicos, este módulo permite la gestión de la información de los proveedores asociados al establecimiento de salud incluyendo el soporte técnico que poseen.

Este módulo, parte de la plataforma GTS, permite realizar los procesos considerados como prioritarios por la INMP, debido a la alta demanda por realizar el control operativo de los equipos que cuentan en la actualidad y los mantenimientos que se realizan constantemente.

2.4. CONCLUSIONES PARA EL MÓDULO DE RIESGOS

Para el módulo de riesgos, se logró implementar todas las funcionalidades asociadas, de las cuáles se destaca el registro de eventos adversos, eventos asociados al uso o manipulación de algún equipo médico que impacte en el

establecimiento, incluyendo la salud tanto del personal médico como a los pacientes.

Asociado a estos eventos adversos, este módulo permite registrar reportes de investigación y toma de acciones asociadas con el fin de comunicar al personal médico información necesaria para evitar o disminuir la probabilidad de ocurrencia de estos eventos.

2.5. CONCLUSIONES PARA EL MÓDULO DE INVESTIGACIÓN

Se logró implementar las funcionalidades pertenecientes al módulo de investigación, este módulo permite la elaboración de proyectos asociados al establecimiento de salud como proyectos de inversión y de investigación. A su vez, este módulo permite la formulación de estos proyectos, mediante el ingreso de tareas ordenadas en forma de un cronograma, el detalle del presupuesto para el proyecto y las aprobaciones necesarias.

Por otro lado, este módulo, en relación con los mantenimientos realizados a los equipos médicos, permite registrar las tareas que estarán asociadas por equipo médico y que se realizarán en los mantenimientos preventivos.

2.6. CONCLUSIONES PARA EL MÓDULO DE RECURSOS HUMANOS

Finalmente, se logró implementar las funcionalidades asociadas al módulo de recursos humanos que básicamente consiste en el registro de capacitaciones que incluye el propio registro de los usuarios a las capacitaciones, la gestión logística de los materiales a utilizar y el registro de certificaciones.

Por otro lado, este módulo permite la gestión del presupuesto por capacitación incluyendo los equipos a utilizar, los gastos operativos y los gastos administrativos.

3. PRINCIPALES RESULTADOS

Al finalizar la implementación del sistema de información que dará soporte a los procesos involucrados en la gestión de equipos médicos en establecimientos de salud, se logró implantar la plataforma en el INMP en una fase inicial mostrando

los tres módulos pertenecientes a los resultados esperados puesto que contaban con una alta necesidad por estos procesos pertenecientes a la propia gestión de los equipos médicos. En el transcurso del desarrollo de los demás módulos de la plataforma (pertenecientes al proyecto GTS), el INMP brindaba constantemente feedback respecto a posibles mejoras que se le pudiera realizar a la plataforma. Esta información era recibida por parte del equipo de bioingeniería de la PUCP y se realizó evaluaciones de estas necesidades con el fin de ver si es factible o no realizar estas mejoras.

Para el caso del uso de la plataforma para los procesos de mantenimiento correctivo y preventivo, se les otorgó al INMP tablets destinadas al uso en el momento que un equipo médico esté en proceso de mantenimiento para poder realizar el registro de la información en el mismo instante de realizar las actividades.

Finalmente, el día 15 de abril del 2016, se realizó la presentación y capacitación al personal de la INMP sobre el uso de la plataforma informática completa; es decir, incluyendo los 6 módulos necesarios para la Gestión de las Tecnologías de la Salud. En la imagen 18 se muestra el momento de la capacitación que se llevó a cabo en el INMP.



Figura 18. Capacitación para el uso del Sistema GTS (Imagen de Autoría Propia)

4. TRABAJOS FUTUROS

Durante el desarrollo del proyecto de fin de carrera se han identificado mejoras y funcionalidades que pueden servir de referencia para trabajos futuros, entre las cuales se encuentran los siguientes:

- Para optimizar el proceso de programación de los mantenimientos preventivos, se puede reemplazar el registro manual de estas programaciones por el uso de un algoritmo que se encargue, en base de diversos factores, la selección de los equipos médicos específicos para tener sus mantenimientos preventivos programados en fechas determinadas.
- Con el fin de permitir implementar el proceso de la Evaluación de las Tecnologías de Información, otro trabajo futuro, como parte de otro módulo complementario para la plataforma informática del proyecto GTS, es la implementación de este proceso. Esto con el fin de poder gestionar mejor la valorización de las tecnologías de la salud como son los propios equipos médicos que permitirán mejorar la toma de decisiones en nuevas adquisiciones.

5. BENEFICIOS

Los beneficios que genera el producto final desarrollado para los establecimientos de salud en el país son los siguientes:

- Digitalización de todos los procesos de mantenimiento de los equipos médicos. Por ejemplo, en el caso del INMP, los procesos de mantenimiento los tienen almacenados de manera física, ocupando tanto espacio físico en el departamento de Ingeniería Biomédica como problemas en la búsqueda de los mantenimientos realizados.
- Contar con un registro de las actividades realizadas en cada mantenimiento. Esto ayuda a evaluar el cumplimiento de los procedimientos establecidos.
- Control y monitoreo de los equipos médicos al tener la información de sus ubicaciones físicas y estados de disponibilidad.
- Mejoras en la planificación y toma de decisiones para la selección y adquisición de equipos médicos según las necesidades de la institución; puesto que se contará con información actual del estado de sus equipos médicos y su

disponibilidad. De esta manera, se podrá estimar las futuras necesidades de la institución médica.



BIBLIOGRAFIA

1. Vilcahuamán, L. and R. Rivas, *Ingeniería clínica y gestión de tecnología en salud: avances y propuestas*. 2006: PUCP.
2. World Health Organization, *Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos*. 2012.
3. Wang, B., et al., *Medical equipment management strategies*. Biomedical Instrumentation & Technology, 2006. **40**(3): p. 233-237.
4. Valentinuzzi, M. *Presentación en Lima: Apuntes del Rol de la Ingeniería en Medicina y Hospitales*. 2004.
5. Romani, F. and L. Vilcahuamán, *Ingeniería clínica y su relación con la epidemiología: Clinical engineering and epidemiology*. Revista Peruana de Epidemiología, 2010. **14**(1): p. 1-11.
6. Lenel, A., et al., *How to organize a system of healthcare technology management*. 2005: Teaching-aids At Low Cost.
7. World Health Organization, *Sistema computarizado de gestión del mantenimiento*. 2012.
8. Longaray, E., *News across Latin America. Volume 2. Issue 1.*, in *ISPOR Latin America Consortium*,. 2013.
9. Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud - Estados Unidos Mexicanos, *Programa de Acción Específico 2007-2012 - Gestión de Equipo Médico*. 2008.
10. World Health Organization, *Introducción a la gestión de inventarios de equipo médico*. 2012.
11. Rodriguez, E., *Gestión de Mantenimiento para Equipos Médicos*. 2001.
12. Wang, B., *Medical equipment maintenance: management and oversight*. Synthesis Lectures on Biomedical Engineering, 2012. **7**(2): p. 1-85.
13. Hamdi, N., et al., *An Intelligent Healthcare Management System: A New Approach in Work-order Prioritization for Medical Equipment Maintenance Requests*. Journal of Medical Systems, 2012. **36**(2): p. 557-67.
14. García-Rochín, R., *¿ Qué es la informática de la salud?* Salud en Tabasco, 2007. **13**(1): p. 607-610.
15. Marcio, A., M. Eduardo, and S. Hugo, *Sistemas de Información en Salud: de sistemas cerrados a la ciudadanía social. Un desafío en la reducción de desigualdades en la gestión local*. Cad. Saúde Pública. Consultado, 2012.
16. The Sublime Text Community. *Sublime Text Unofficial Documentation*. 2013.

17. Figueroa, R.G., C.J. Solís, and A.A. Cabrera, *Metodologías Tradicionales vs. Metodologías Ágiles*. Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ciencias en Computación.(En línea), Disponible en: <http://adonisnet.wordpress.com/2008/06/articulo-metodologia-de-sw-formato.doc>, 2008.
18. Hirsch, M. *Making RUP agile*. in *OOPSLA 2002 Practitioners Reports*. 2002. ACM.
19. Talla, R.M., *Diseño de Procesos para el Desarrollo de una Plataforma Informática para la Gestión del Mantenimiento de Equipos Médicos de un Establecimiento de Salud*. 2014, Pontificia Universidad Católica del Perú.
20. Molina, T., T. Clark, and J. Valencia, *Desarrollo de un diplomado on-line en gestión y soporte de equipos médicos*. XII Jornadas Internacionales de Ingeniería Clínica y Tecnología Médica. Paraná, Argentina, 2008.
21. Yang, C. and Y.-f. Su, *The relationship between benefits of ERP systems implementation and its impacts on firm performance of SCM*. Journal of Enterprise Information Management, 2009. **22**(6): p. 722-752.
22. Dyro, J., *Clinical engineering handbook*. 2004: Academic Press.
23. Bronzino, J.D., *The biomedical engineering handbook*. 2. 2000: CRC Press.
24. Di Virgilio, V., *El Ingeniero Clínico y su rol en un Hospital*. Consultado en Marzo de, 2006.
25. *HTA Glossary*. Available from: <http://www.htaglossary.net/>.
26. World Health Organization, *Health technology assessment of medical devices*. 2012.
27. Panerai, R.B. and J. Peña Mohr, *Evaluación de tecnologías en salud; metodologías para países en desarrollo*. 1990: OPS.
28. Taylor, R. and R. Taylor, *What is health technology assessment*.
29. Hernández, A., *Normatividad internacional de los dispositivos médicos*. 2012.
30. Drajer, S. *Veinte mil muertes: sobre la necesidad de desfibriladores automáticos*. 2009.
31. Estrada Puerta, J.S. and P.N. Cifuentes Rodríguez, *Gestión de mantenimiento de equipos médicos en la Fundación Clínica Infantil Club Noel: Módulo de de ingeniería biomédica*. 2012.
32. Kitchenham, B., *Procedures for performing systematic reviews*. Keele, UK, Keele University, 2004. **33**(2004): p. 1-26.
33. Pita Fernández, S. and S. Pértegas Díaz, *Investigación cuantitativa y cualitativa*. Cad Aten Primaria, 2002. **9**: p. 76-8.

34. Clark, J.T., *Challenges facing independent multihospital healthcare technology management systems*. *Engineering in Medicine and Biology Magazine*, IEEE, 2004. **23**(3): p. 20-26.
35. Margotti, A.E., et al. *Health technology assessment to improve the medical equipment life cycle management*. in *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2013 35th Annual International Conference of the IEEE*. 2013.
36. Behkami, N.A., *Examining Health Information Technology Implementations: Case of the Patient-Centered Medical Home*. 2012.
37. Phillips, A.B., *An Integrative Review of the Literature on Technology Transformation in Healthcare*. 2012, Columbia University.
38. Poon, E.G., et al., *Overcoming Barriers To Adopting And Implementing Computerized Physician Order Entry Systems In U.S. Hospitals*. *Health Affairs*, 2004. **23**(4): p. 184-90.
39. Brown, S.F., *Effects of Healthcare Information Technology Adoption on Nursing Home Quality Rating Scores*. 2012, Walden University: Ann Arbor. p. 150-n/a.
40. Jamshidi, A., et al. *Medical devices Inspection and Maintenance; A Literature Review*. in *Proceedings of the 2014 Industrial and Systems Engineering Research Conference*. Y. Guan and H. Liao, Eds. 2014.
41. Atkins, D. and T. Cullen, *The future of health information technology: implications for research*. *Medical care*, 2013. **51**: p. S1-S3.
42. Worm, A. and J. Mpamije. *The relevance and challenges of implementing Healthcare Technology Management in resource poor settings; experiences in Rwanda*. in *7th International Conference on Appropriate Healthcare Technologies for Developing Countries*. 2012.
43. Padilla, J.V. and F.M. Licona, *Análisis del Ciclo de Vida de la Tecnología Médica desde una Aproximación Integral*. *Prospectiva*, 2010. **8**(2): p. 7-12.