

Universidad Nacional de Misiones

Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales

Trabajo Final de Maestría en Tecnologías de la Información

**Reingeniería de procesos de mantenimiento de equipos
biomédicos mediante la implementación de
Gestión de Calidad en un Parque de la Salud
cumplimentando Norma ISO 9001:2015.**

Autor: Exp. E. y C. Ricardo Gabriel López

Directora: Dra. Alicia L. Mon

Año 2021

Dedicatoria.

*Agradezco a mi querida esposa Amelia por su apoyo incondicional, a mis hijas
Melania y Candela por su comprensión dedicando tiempo al trabajo de la maestría.*

*A mis padres que me enseñaron el valor de superarse siempre, y en memoria de mi
papa que hoy está mirándome desde el cielo.*

Resumen

Los elementos fundamentales en los procesos de prevención, diagnóstico, tratamiento, recuperación y rehabilitación de pacientes en un centro de salud son el personal médico y los equipamientos biomédicos utilizados. Este trabajo final de maestría presenta un proceso de reingeniería en las tareas de mantenimiento de equipos biomédicos de un parque de la salud de la ciudad capital de la Provincia de Misiones estandarizando los procesos en los requerimientos de las normas ISO 9001:2015 [1], y las directivas de la serie de documentos técnicos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre dispositivos médicos, implementando una aplicación informática orientada a la Gestión de Calidad mejorando la administración de tecnologías médicas, historial de mantenimientos, análisis de disponibilidad de los equipos, aplicable a una organización que implemente un correcto y efectivo Sistema de Gestión de Calidad (SGC). Se exponen los resultados obtenidos con la reingeniería realizada y se la distribuye en otras instituciones de salud pública de la provincia interconectándolas mediante una base de datos distribuida. Se plantean líneas de investigación a futuro que permitan intercambiar experiencias entre las diferentes instituciones interconectadas para el mantenimiento de equipos biomédicos.

Palabras claves: Gestión de la calidad, SGC, mantenimiento de equipos biomédicos.

Abstract

The fundamental elements in the processes of prevention, diagnosis, treatment, recovery and rehabilitation of patients in a health center are the medical staff and the biomedical equipment used. This final master's thesis presents a reengineering process in the maintenance tasks of biomedical equipment in a health park in the capital city of the Province of Misiones, standardizing the processes in the requirements of the ISO 9001: 2015 standards [1], and the directives of the series of technical documents of the World Health Organization (WHO) on medical devices, implementing a computer application oriented to Quality Management improving the administration of medical technologies, maintenance history, analysis of equipment availability , applicable to an organization that implements a correct and effective Quality Management System (QMS). The results obtained with the reengineering carried out are presented and distributed to other public health institutions in the province, interconnecting them through a distributed database. Future lines of research are proposed that allow the exchange of experiences between the different interconnected institutions for the maintenance of biomedical equipment.

Keywords: Quality management, QMS, maintenance of biomedical equipment.

Reconocimientos.

Al señor Ricardo Daniel Saidman, director del departamento de “Bioingeniería” por permitirme realizar el trabajo de tesis en el departamento a su cargo.

Al personal del departamento de “Bioingeniería” por brindarse a realizar los cambios en las nuevas tareas con la mejor predisposición y confianza.

Agradezco a mi directora de tesis Dra. Alicia Mon por el apoyo y ayuda que me brindo en todo el transcurso del desarrollo de esta tesis.

Índice

Dedicatoria.....	II
Resumen.....	III
Abstract	IV
Reconocimientos.....	V
Índice.....	VII
Introducción	13
1. Introducción.	14
1.1. Descripción del problema.....	14
1.2. Motivación y Justificación.	16
1.3. Objetivos.	18
1.3.1. Objetivo general.	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. Lugar de trabajo.	19
1.5. Organización de la tesis.....	20
Marco Teórico	23
2. Marco Teórico.....	24
2.1. Inventario de equipos biomédicos.	24
2.2. Mantenimientos de equipos biomédicos.	32
2.3. Reingeniería de los procesos.	39
2.4. Reingeniería de procesos en la salud.....	47
2.5. Metodología de desarrollo XP.....	48
2.5.1. Roles definidos en una programación XP.	52
2.6. Base de datos distribuidos.	53
2.7. Equipos biomédicos, equipos médicos, dispositivos médicos, productos médicos, sus conceptos.....	60
Mantenimiento de equipos biomédicos.....	63
3. Mantenimiento de equipos biomédicos.....	64
3.1. Situación actual en los mantenimientos.	64
3.2. Funcionamiento del departamento.	64
3.3. Resumen de los problemas detectados.	71
Proceso de reingeniería.....	75
4. Proceso de reingeniería.	76
4.1. Inventario y categorización de equipos existentes.	76
4.2. Análisis de las tareas de mantenimiento y reparación.	79
4.3. Informatización del inventario.	83

4.4.	Optimización del departamento.....	84
4.5.	Informatización del proceso de mantenimiento y reparación.....	90
4.6.	Aplicación de Metodología Ágil.	92
4.7.	Diseño del sistema de Gestión de Calidad.	94
Software de Gestión.....		99
5.	Software de Gestión.....	100
5.1.	Modelo de aplicación.	100
5.1.1.	Equipos informáticos y red informática del parque de la salud.	100
5.1.2.	Evaluación del tipo de aplicación.	102
5.1.3.	Requerimiento de software y hardware.	104
5.2.	Modelado de datos.	104
5.3.	Desarrollo de la aplicación software.	107
Resultados.....		115
6.	Resultados.....	116
6.1.	Rediseño de los procesos.....	116
6.2.	Estandarizar todas las actividades de mantenimientos y administración efectiva de los recursos.	118
6.3.	Diseño y desarrollo de una herramienta software.	119
6.4.	Disponer de información inmediata.	121
6.5.	Distribución de la metodología.	121
Conclusiones.....		127
7.	Conclusiones.....	128
7.1.	Principales contribuciones.....	128
7.2.	Desafíos derivados.	130
7.3.	Futuras líneas de investigación.....	130
Bibliografía.....		132

Índice de Figuras.

<i>Figura 1 – Datos para la toma de inventario.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 2 – Ciclo de gestión de tecnologías sanitarias.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 3 – Tipos de mantenimientos.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 4 – Componentes de un programa de mantenimiento.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 5 – Factores claves para la planificación del mantenimiento.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 6 – Ciclos de la metodología XP.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 7 – Organigrama del departamento "Bioingeniería".</i>	<i>65</i>
<i>Figura 8 – Esquema de generación de ticket para pedidos de reparación.</i>	<i>67</i>
<i>Figura 9 – Carga de alta de ticket.</i>	<i>68</i>
<i>Figura 10 – Visualización de Solicitud de reparación.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 11 – Departamento de “Bioingeniería”.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 12 – Planilla de distribución de horarios del personal.</i>	<i>71</i>
<i>Figura 13 – Mantenimientos preventivos – correctivos 2018.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 14 – Tabla de funciones.</i>	<i>78</i>
<i>Figura 15 – Tabla de riesgos.</i>	<i>79</i>
<i>Figura 16 – Tabla de requerimientos.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 18 – Diagrama del circuito de los ticket.</i>	<i>89</i>
<i>Figura 19 – Diagrama de causa-efecto.</i>	<i>91</i>
<i>Figura 20 – Tiempo Promedio de cierre de ticket mensual.</i>	<i>94</i>
<i>Figura 21 – Medición en la relación de mantenimientos preventivos/correctivos.</i>	<i>95</i>
<i>Figura 22 – Servicios realizados por cada personal del departamento.</i>	<i>95</i>
<i>Figura 23 – Equipos con mayor número de mantenimientos correctivos realizados.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 24 – Medición de Internet.</i>	<i>101</i>
<i>Figura 25 – Resultado de la medición de internet.</i>	<i>101</i>
<i>Figura 26 – Medición de latencia en la red.....</i>	<i>102</i>

<i>Figura 27 – Modelado de datos.</i>	105
<i>Figura 28 – Tabla de EQUIPOS.</i>	106
<i>Figura 29 – Tabla de Personal.</i>	106
<i>Figura 30 – Tabla de atenciones.</i>	107
<i>Figura 31 – Tabla de reparaciones.</i>	107
<i>Figura 32 – Ingreso al sistema.</i>	110
<i>Figura 33 – Maestro de equipos.</i>	111
<i>Figura 34 – Listado de tareas programadas.</i>	112
<i>Fuente: Elaboración propia.</i>	112
<i>Figura 35 – Programación de tareas de mantenimiento preventivo.</i>	112
<i>Figura 36 – Solicitud de atenciones.</i>	113
<i>Figura 37 – Mantenimientos año 2018.</i>	117
<i>Figura 38 – Mantenimientos año 2019.</i>	117
<i>Figura 39 – Comparativa porcentual de mantenimientos años 2018, 2019, 2020.</i>	118
<i>Figura 40 - Distribución geografía del centro de salud.</i>	122
<i>Figura 41 - Ubicación de las bases de datos.</i>	124
<i>Figura 42 - Interconexión de las bases de datos.</i>	125

Lista de abreviaciones

SGC	=	Sistema de Gestión de Calidad.
FAPS	=	Farmacia del parque de la salud.
U.Na.M.	=	Universidad Nacional de Misiones.
ANMAT	=	Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica.
OMS	=	Organización Mundial de la Salud.
IMP	=	Inspección de equipos.
XP	=	Programación extrema. (Sigla en inglés Extreme Programming)
MC	=	Mantenimiento correctivo de equipos.
ISO	=	Organización Internacional de Estandarización.
GTS	=	Gestión de Tecnologías Sanitarias.
ECRI	=	Instituto Europeo de Investigación Crediticia.
UML	=	Lenguaje Unificado de Modelado.
ETS	=	Evaluación de Tecnologías Sanitarias.
GEM	=	Gestión de Equipos Médicos.
BPR	=	Reingeniería de procesos (sigla en inglés Business Process Reengineering).
CMMS	=	Sistema Computarizado de gestión de mantenimientos.
MTS	=	Mantenimiento de Tecnologías Sanitarias.
UMDNS	=	Universal Medical Device Nomenclature System.
GBD	=	Gestor de Bases de Datos.

Capítulo 1

Introducción

1. Introducción.

En este capítulo se introducen los elementos que motivaron el trabajo de tesis, la descripción del problema, motivación y justificación, se detallan los objetivos planteados para el desarrollo del trabajo, el lugar donde se desarrolló el trabajo de tesis y la organización de la misma.

1.1. Descripción del problema.

El parque de la salud de la provincia de Misiones “Dr. Ramón Madariaga” es una institución médica de alta complejidad integrado por 16 instituciones de salud destinadas desde su creación a la prevención y diagnóstico de enfermedades, rehabilitación y recuperación de la salud.

Su objetivo es la atención de la salud de la población considerada un bien social de interés público en el cual el Estado Provincial garantiza el acceso al mejor nivel de salud y calidad de vida de todos los habitantes de la provincia.

El presente trabajo de tesis propone la realización de una reingeniería de los procesos de mantenimiento de equipos biomédicos del parque de la salud “Dr. Ramón Madariaga” orientándolos hacia una gestión de calidad superior y estandarizándolos en los requerimientos de las normas ISO 9001:2015 [1] y las directivas de la serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos.

Se distribuye la reingeniería de los procesos en otros centros de atención de la salud de la provincia de Misiones para su evaluación e intercambio de experiencias en los mantenimientos, integrándolas mediante una base de datos distribuida.

A partir del año 2003 el gobierno provincia se plantea a la salud como una política de estado elaborando un proyecto Integral de Salud para toda la provincia. Mediante la creación de la Ley XVII N° 70 en el año 2010 consolidando su normativa en el año 2020, en su artículo 3, punto 5 refiere a los procesos de Actualización y Mantenimiento de todos los bienes muebles e inmuebles, estructuras edilicias, aparatología, instrumental, software y hardware informático, materiales e insumos médicos, farmacológicos, hospitalarios, en condiciones adecuadas de funcionamiento, deposito, conservación y reserva [2].

El parque de la salud “Dr. Ramón Madariaga” se compone para su gestión por equipamientos biomédicos utilizados para la atención de la salud de los habitantes la provincia de Misiones, los cuales son de vital importancia para prevenir, diagnosticar, tratar y recuperar a los pacientes de enfermedades.

Los dispositivos médicos son bienes con un efecto directo sobre la vida humana. Exigen una inversión considerable y muchas veces tienen altos costos de mantenimiento. Por lo tanto, 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. Además, un programa de este tipo prolonga la vida útil de los equipos y minimiza los costos relacionados con su posesión [3].

Los equipos biomédicos desempeñan un papel importante ya que son de soporte vital o de diagnóstico del paciente, lo que requiere que estos equipos se encuentren en óptimas condiciones de uso para brindar un servicio de calidad. Son fabricados con materiales y componentes que requieren cumplir ciertas condiciones de uso, las cuales son establecidas por sus fabricantes y deben ser cumplidas con estrictas reglas establecidas. Además los equipos biomédicos se utilizan en todos los servicios de especialización de los sistemas de Salud y por su importancia constituyen la columna vertebral de los servicios médicos en cuanto a la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

Las instituciones que componen el parque de la salud disponen de una gran diversidad de equipamientos biomédicos utilizados para la atención y mantenimiento de la salud de los pacientes hospitalizados.

Actualmente las tareas de mantenimiento en el parque de la salud no cuentan con métodos ordenados y tampoco con un soporte TIC¹ que administre el mantenimiento preventivo y correctivo de todos los equipamientos biomédicos. Tampoco se cuenta con información del estado de los equipos biomédicos activos, equipos para reparación, equipos para baja por falta de repuestos u obsoleto.

¹ Tecnologías de la Información y la Comunicación.

1.2. Motivación y Justificación.

Los equipos biomédicos deben estar siempre disponibles para la realización de estudios, diagnósticos o soporte de vida de un paciente, siendo esto de suma importancia como también que los resultados de los estudios que se realizan con estos equipos brinden confianza y veracidad al personal que lo utilizan.

La calidad en la atención médica en los pacientes, es uno de los principales objetivos de las instituciones de salud, esto significa que se busca no sólo corregir o minimizar los defectos, sino prevenir que éstos sucedan, como se postula en el enfoque de calidad total [4]. Para ello, es necesario basarse en hechos y no guiarse solamente por el sentido común, teniendo en cuenta que la calidad no se controla sino se fabrica. En las instituciones médicas, el departamento de Ingeniería Biomédica debe mantener todos los equipos biomédicos en óptimas condiciones de funcionamiento, ya que esto incide en la calidad de la atención médica.

También se debe tener en cuenta que un trabajo de mantenimiento de equipos biomédicos no solo está supeditado a la cantidad de recursos o financiamiento que se le asigne al mismo, sino que depende de la capacidad y calidad con que se organice el servicio de mantenimiento [5].

La OMS en su informe del año 2016 determino sobre dirección, mantenimiento y reparación de equipos utilizados en la salud, indicando que: "... un país en desarrollo tendría raramente el 50% de sus equipos en estado de utilización... En algunos casos hasta el 80% pudieran estar inoperables" [6].

La "Gestión de equipos biomédicos" tiene como objetivo principal garantizar la operación segura, máximas prestaciones y costo efectivo de todos los equipos biomédicos en uso, mediante el mantenimiento orientado a riesgos, con el propósito de proporcionar un entorno seguro y funcional de los equipos y espacios [7].

El uso adecuado de los equipos biomédicos requiere de una capacitación por parte de los operadores que es de vital importancia para tener una vida útil prolongada y un excelente nivel de efectividad.

El historial de mantenimiento preventivo y correctivo de un equipo biomédico es imprescindible para determinar su estado actual, sus componentes más débiles y los repuestos con que se debe contar para su inmediata reparación, por lo que es

imprescindible tener un historial y que el personal pueda consultar en forma rápida desde cualquier soporte informático disponible.

En una institución de salud, la ausencia de estándares en el mantenimiento preventivo y la falta de capacitación de los usuarios dan lugar a:

- falta de limpieza y esterilización.
- calibración fuera de parámetros.
- mal uso de equipo.
- deterioro del equipo.
- equipos obsoletos.

La calibración fuera de los parámetros significa que la salud del paciente está en riesgo, pues si se están monitoreando variables fisiológicas del paciente, y no son adquiridas de manera correcta, se puede formular un diagnóstico, tratamiento, recuperación y/o rehabilitación erróneos [8].

El mal uso del equipo por parte del profesional médico puede causar daño al paciente; por otro lado, equipos en malas condiciones de uso y con poco mantenimiento genera desconfianza de que el equipo funcione correctamente y un equipo obsoleto significa que se ha excedido la vida útil establecida por el fabricante y no es recomendable seguir utilizándolo.

Los SGC ayudan a sistematizar operaciones y a hacer más eficientes los procesos y permite además generar ahorros, detectar recursos ociosos y redistribuirlos eficazmente.

El presente trabajo de tesis propone una reingeniería de los procesos de mantenimientos de equipos biomédicos mediante la implementación de un SGC con un enfoque basado en procesos en la gestión y mantenimiento de los equipos biomédicos aplicada en el parque de la salud “Dr. Ramón Madariaga” donde se comenzó con un plan de acción, reglamentación de los dispositivos médicos, gestión de tecnologías sanitarias, información relativa de los dispositivos biomédicos mediante la creación de un sistema computarizado de Gestión de Mantenimiento de equipamientos biomédicos para mejorar la gestión general de los mantenimientos contemplando la continua tarea de atenciones preventivas y registrando los requerimientos de atenciones correctivas.

Los beneficios que se pretenden con esta reingeniería de los procesos es diferenciar las actividades y metas, identificar oportunidades de mejora de acuerdo al desempeño de las actividades y generar un control continuo entre los procesos individuales dentro del sistema de procesos, como también su combinación e interacción.

Posteriormente y luego de la evaluación de las mejoras obtenidas en los procesos en ejecución en el parque de la Salud por los resultados obtenidos, se realiza la implementación de la reingeniería de procesos en otros centros de salud de la provincia que se encuentran en diferentes puntos geográficos integrándolos con el parque de la salud en el proceso de mantenimientos de equipos biomédicos mediante una base de datos distribuida para utilizarla como proveedores de experiencias y conocimiento en el mantenimiento de los equipos biomédicos.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general.

Este trabajo de tesis de maestría propone el análisis y rediseño radical de los procesos existentes para el mantenimiento de equipos biomédicos realizando una reingeniería de los procesos y el desarrollo de una herramienta software destinada a la gestión de calidad en los mantenimientos preventivos y correctivos de los equipamientos biomédicos en un parque de la salud reinventando sus procesos para obtener un alto nivel de disponibilidad de los equipos biomédicos para la atención de la salud cumplimentando las consideraciones indicadas en los documentos técnicos emitidos por la OMS² y los requisitos impartidos por la Norma ISO 9001:2015 para la implementación de un SGC.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Rediseñar los procesos o tareas haciendo uso de las mejores prácticas con el objetivo de simplificar y elimina todo aquello que no aporte valor alineándolos con los requisitos establecidos en la Norma ISO 9001.
- Estandarizar, mejorar y documentar todos los procesos que se realizan para el mantenimiento de equipos biomédicos, aprovechando el conocimiento que se obtiene en los mantenimientos realizados.

² OMS – Organización Mundial de la Salud.

- Administrar efectivamente los recursos con que se dispone para el mantenimiento de los equipos biomédicos.
- Hacer uso de las tecnologías de la información (TI) para facilitar la implementación de mejoras en las tareas de mantenimiento, tareas administrativas y de comunicación.
- Disponer de información inmediata sobre mantenimientos, reparaciones, historial de atenciones de todos los equipos biomédicos.
- Distribuir esta metodología en varios centros de salud interconectados mediante una base de datos distribuidos para su consulta.

1.4. Lugar de trabajo.

Este trabajo de tesis se desarrolló en el departamento de “Bioingeniería” dependiente de la Gerencia de infraestructura del parque de la salud “Dr. Ramón Madariaga” de la ciudad de Posadas, provincia de Misiones el cual está integrado por 16 instituciones prestadoras de salud.

El objetivo específico del parque es brindar una atención de calidad a la salud de la población a través de la atención en sus diferentes centros tal como se determinó en su creación "La salud de la población es un bien social de interés público y el Estado Provincial garantiza el acceso al mejor nivel de salud y calidad de vida a todos los habitantes de la Provincia de Misiones."

Cada centro de salud son instituciones que cuenta con un parque determinado de equipos biomédicos según la atención médica que brindan.

Los centros de salud que componen el parque “Dr. Ramón Madariaga” son:

- Hospital Escuela de Agudos Dr. Ramón Madariaga.
- Hospital de Pediatría Dr. Fernando Barreyro.
- Hospital Materno Neonatal.
- Unidad Central de Emergencias y Traslados.
- Banco de Sangre, Biológicos y Tejidos.
- Unidad Académica.

- Jardín Maternal Evita.
- Laboratorio Central.
- Farmacia del Parque de la Salud (FAPS).
- Hogar de Madres.
- Registro de las Personas.
- Escuela Especial.
- U.Na.M. (Enfermería- Bioquímica - Farmacia).
- Centro de Oncología y Terapia Radiante (en construcción).
- Consultorios de Especialidades Parque de la Salud.
- Capilla.

1.5. Organización de la tesis.

Este trabajo se presenta en siete capítulos cuyos contenidos son:

El capítulo uno se expone la problemática existente, la motivación y justificación que se brinda para realizar este trabajo de tesis, los objetivos que se pretende en el desarrollo de este trabajo, la presentación de la institución donde se desarrolló el trabajo de tesis y la organización de la tesis.

En el capítulo dos se presenta el marco teórico que da sustento al desarrollo del trabajo con criterios y fundamentos científicos que aclaran la investigación, describiendo el estado de la cuestión sobre el inventario de equipos biomédicos, mantenimiento de los equipos, reingeniería de los procesos, reingeniería de procesos en salud, metodología del desarrollo XP (Extreme Programming) utilizado para generación de la aplicación software, conceptos sobre bases de datos distribuidas y se describe las diferentes definiciones sobre equipos biomédicos, equipos médicos, dispositivos médicos, productos médicos.

En el capítulo tres se describe la situación actual de las tareas de mantenimiento, el funcionamiento del departamento de “Bioingeniería” encargado de los mantenimientos de los equipos y un resumen de los problemas detectados en las tareas de mantenimiento.

El capítulo cuatro presenta la realización del proceso de reingeniería iniciando un inventario y categorización actualizado del equipamiento existente, análisis de las tareas de mantenimiento de los equipos biomédicos de manera de lograr mejoras dramáticas en su rendimiento, la informatización del inventario, optimización de las tareas del departamento generando procesos informatizados, la aplicación de una metodología ágil para el desarrollo de la aplicación software y el diseño del SGC.

El capítulo cinco describe el modelado de la aplicación informática, la red informática existente en el parque de la salud sus ventajas y desventajas para la creación del tipo de aplicación software, modelado de datos y el desarrollo de la aplicación software.

En el capítulo seis se describen los resultados obtenidos en la aplicación de la reingeniería a los procesos de mantenimiento de equipos biomédicos mediante el rediseño de los procesos, estandarización de las tareas, el desarrollo de la aplicación software y la distribución de la reingeniería propuesta en otros dos centros de salud de la provincia interconectándolos mediante una base de datos distribuida explicando su implementación y requisitos a cumplir en las actualizaciones de la base de datos distribuida.

En el capítulo siete se exponen las conclusiones según los objetivos planteados, desafíos derivados de la reingeniería y se describen posibles líneas de investigación a futuro como un paso posterior en las mejoras continuas.

Capítulo 2

Marco Teórico

2. Marco Teórico.

En este capítulo se describen los fundamentos teóricos que se utilizaron para la realización de la reingeniería de procesos en el parque de la salud de la provincia de Misiones “Dr. Ramón Madariaga” centrando la atención en los procesos como núcleo principal.

En este marco, la gestión de los procesos orientados al cliente constituye una de las piezas claves para el funcionamiento de una organización excelente, con la máxima eficacia y eficiencia [9].

Se describen los conceptos sobre relevamiento e inventario de los equipos biomédicos cumplimentando las directrices documentadas por la OMS en “Introducción a la gestión de inventario de equipos médicos” [10].

Se expone el estado del arte referido a Mantenimientos de equipos en una empresa y se detallan los conceptos específicamente sobre mantenimientos de equipos biomédicos.

Se abarca las teorías de reingeniería de los procesos en las empresas y se realizaron búsquedas específicas sobre la reingeniería de los procesos en la salud.

Se describe la metodología utilizada para el desarrollo de la aplicación informática.

Se exponen las teorías de las arquitecturas de bases de datos distribuidas (BDD) que se utilizaron para la distribución de las mejoras obtenidas en otros centros de atención de la salud de la provincia de Misiones.

Finalmente se describen las diferentes definiciones existentes sobre equipos biomédicos, equipos médicos, dispositivos médicos y productos médicos.

2.1. **Inventario de equipos biomédicos.**

La mala gestión de los equipos biomédicos y de la infraestructura de atención de la salud es un problema de la mayoría de los sistemas de salud en los países de bajos ingresos [11].

Las razones más obvias son:

- Falta de información precisa:
 - Es difícil obtener información actualizada sobre el estado funcional, el historial de mantenimiento y la planificación del mantenimiento de equipos y edificios. Esta falta de información esencial dificulta la planificación, la gestión y el seguimiento adecuados de las principales inversiones públicas en equipos e infraestructura de atención de la salud [11].
- Ausencia de nomenclatura estandarizada y adaptada:
 - La ausencia de nomenclaturas estandarizadas nacionales o internacionales para la identificación de equipos biomédicos e infraestructura del sistema de salud se ha observado en múltiples países de bajos recursos [12].
- Escasez de técnicos biomédicos calificados.
 - Los presupuestos disponibles en instituciones públicas destinadas a los recursos humanos no es suficiente para cubrir el costo de Ingenieros Biomédicos.
- Falta de equipo de mantenimiento, talleres y asistencia adecuados
 - Las tareas necesarias de mantenimiento preventivo y reparaciones curativas no se realizan correctamente o en el tiempo debido, lo que resulta en una vida útil muy corta del equipo biomédico y, en consecuencia, la indisponibilidad frecuente y a largo plazo de servicios diagnósticos y / o terapéuticos a veces esenciales para los pacientes. [13].

Conocer los equipos biomédicos con que cuenta una institución es el primer paso para mejorar la gestión de mantenimientos de una institución. Los equipos biomédicos, en concreto, son cruciales para la prevención, el diagnóstico, el tratamiento y la rehabilitación de enfermedades.

Reconociendo esta importante función de las tecnologías sanitarias, la Asamblea Mundial de la Salud adoptó, en mayo de 2007, la resolución WHA60.29, que trata cuestiones derivadas de la instalación y el uso inadecuados de tecnologías sanitarias, así como la necesidad de establecer prioridades en la selección y la Gestión de Tecnologías Sanitarias (GTS) y, en particular, de los dispositivos médicos [14].

Un equipo médico, según la definición del ANMAT³ en la Argentina los define como:

Equipamiento, aparato, material, art Equipamiento, aparato, material, artículo o sistema de uso o aplicación médica, odontológica o laboratorial, destinada a la prevención, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación o anticoncepción y que no utiliza un medio farmacológico, inmunológico o metabólico para realizar su función principal en seres humanos, pudiendo entretanto ser auxiliado en su función por tales medios.

La ANMAT² es un organismo descentralizado de la Administración Pública Argentina creado en agosto de 1992 mediante decreto 1490/92 cuya función es colaborar con la protección de la salud humana garantizando que los medicamentos, alimentos y dispositivos médicos a disposición de los ciudadanos sean eficaces y es la autoridad de aplicación, responsable de fijar las normas para la aprobación y control que deben cumplir los fabricantes de insumos y equipos médicos.

Alrededor de 90% de la producción mundial de insumos y equipamiento médico se origina en las economías desarrolladas, con una participación de 50% de Estados Unidos, de 30% de la Unión Europea y de 10% de Japón. En menor medida, China, India, Corea, Taiwán, México y el MERCOSUR cuentan con fabricantes de insumos y equipamiento médico competitivos, con posibilidades de incrementar su inserción internacional [15].

Los equipos médicos se clasifican según Disposición de ANMAT N° 1285/04 [16] en función del riesgo intrínseco que representa para salud del consumidor, paciente, operador o terceros involucrados, en las clases I, II, III y IV.

³ ANMAT: Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica.

Esta clasificación tiene en cuenta:

- Grado de invasividad.
- Contacto con el cuerpo.
- Parte del cuerpo “afectada” por el uso del producto médico.

Según las directivas europeas 93/42/CEE [17], en su artículo 9 los dispositivos médicos se clasifican en 4 categorías en función del riesgo potencial para la salud. Cada clasificación se asocia a reglas de evaluación y controles específicos:

- Clase I (clase de riesgo más bajo), que incluye por ejemplo la gafas de prescripción, los vehículos para las personas con discapacidad, las muletas, etc.
- Clase IIa (riesgo potencial moderado/evaluado), que incluye por ejemplo las lentillas de contacto, los equipos de ecografía, las coronas dentales; los termómetros;
 - Clase IIb (riesgo potencial elevado/importante) que incluye sobre todo los preservativos, los productos desinfectantes de las lentillas,
 - Clase III (clase de riesgo más elevada), que incluye por ejemplo los implantes mamarios, los stents, las prótesis de cadera, etc.
- Clase I: Riesgo bajo.

Los fabricantes de los dispositivos médicos son los encargados de ubicar su producto según la clasificación indicada en función de la finalidad medica que abarca dicho equipo.

Dicha clasificación se encuentra establecida en el “Reglamento Técnico MERCOSUR⁴ de Registro de Productos Médicos- Resolución GMC 40/00” [18]. Internalizada a través Disposición ANMAT 2318/02 (TO 2004).

A nivel internacional, para la clasificación de los equipos biomédicos los fabricantes se apoyan en los textos normativos y guías de aplicación tomando como referencia la directiva europea 93/42/CEE [17] de productos sanitarios haciendo referencia a productos sanitarios y a sus accesorios.

⁴ MERCOSUR: Mercado Común del Sur.

Se entiende como producto sanitario cualquier instrumento, dispositivo, equipo o material u otro artículo, utilizado solo o en combinación, incluidos los programas informáticos que intervengan en su buen funcionamiento, destinado por el fabricante a ser utilizado en los seres humanos con fines de [19] :

- Diagnóstico, prevención, control, tratamiento o alivio de una enfermedad.
- Diagnóstico, control, tratamiento, alivio o compensación de una lesión o de una deficiencia.
- Investigación, sustitución o investigación de la anatomía o de un proceso fisiológico.
- Regulación de la concepción.

La OMS en su serie de documentos técnicos de referencia sobre dispositivos médicos” describe los pasos a seguir para realizar un inventario de equipos médicos en su documento “Introducción a la gestión de inventarios de equipos médicos” [14].

El inventario de equipos médicos es parte esencial de un sistema eficaz de gestión de tecnologías en salud (GTS). Para que resulte útil en las diferentes actividades de GTS, el inventario se debe actualizar de forma continua, de modo que ofrezca en todo momento un reflejo fiel de la situación de los equipos médicos en el centro de atención sanitaria.

El inventario se actualiza en tres tipos de ocasiones: en la obtención inicial de datos, cuando se modifica alguna información (por ejemplo, al recibir un equipo nuevo o al retirar del servicio uno usado) y en las auditorías anuales del inventario [14].

El correcto manejo del inventario de los equipos adquiridos en una institución garantiza un sistema eficaz de GTS, ya que permite disminuir los tiempos de búsqueda, reducir costos, generar cronogramas de mantenimiento preventivo y calibración basados en la prioridad de la tecnología y, asimismo, posibilita la selección oportuna de equipos para dirigirlos a un servicio, la enumeración de los accesorios y repuestos, la consulta de información asociada a un equipo, entre otros [14].

Según la OMS un inventario es una relación detallada de los activos que posee una institución u organismo. Debe mantenerse y actualizarse continuamente. Debe definirse el tipo de inventario que se realizara en un centro de salud dependiendo de la complejidad del mismo ya que puede involucrar equipos de medicina nuclear o que emiten radiaciones ionizantes.

Por lo que refiere a que cada inventario es único, adaptado a los registros de los activos del centro de salud y su tamaño y complejidad dependerá del nivel de detalle que se desea tener sobre los equipos médicos.

También refiere de los artículos que deben incluirse en un inventario teniendo especial atención en siempre incluir todos los equipos médicos.

Propone utilizar el método basado en los riesgos para determinar los equipos médicos a incluir en el inventario. Este método define una ponderación a cada equipo dependiendo en que clasificación se encuentra según el riesgo que representa para el ser humano según directivas europeas 93/42/CEE [17].

La información que debe incluirse en un inventario en principio refiere a que debe contener un número identificador único para cada equipo para su inequívoca identificación, y propone una serie de datos a inventariar en una tabla de referencia según se ve en la figura 1.

Elemento	Breve descripción / finalidad	Tipo de inventario
Datos mínimos incluidos en la ficha de inventario		
Número de identificación de inventario	Identificador único para cada equipo	Equipos médicos
Tipo de equipo/artículo	Informa sobre la naturaleza del artículo, utilizando una nomenclatura uniforme y estándar, por ejemplo el Universal Medical Device Nomenclature System (sistema universal de nomenclatura de dispositivos médicos, UMDNS) o la Global Medical Device Nomenclature (nomenclatura mundial de dispositivos médicos, GMDN)	Todos
Breve descripción del equipo/artículo	Describe el artículo y su función o finalidad	Todos
Fabricante	Identifica la empresa que fabrica el artículo, indicando su nombre, dirección y datos de contacto	Todos
Modelo / número de catálogo	Identificador único de la línea de productos (asignado por el fabricante)	Todos
Número de serie	Identificador único del artículo (asignado por el fabricante)	Todos
Ubicación física en el centro de atención sanitaria	Induye el número de habitación, o área; permite localizar el equipo médico cuando deba someterse a mantenimiento preventivo; puede incluir información sobre el lugar de almacenamiento del material fungible y las refacciones.	Todos
Estado / estatus operativo	Indica si el equipo está "en servicio" o "fuera de servicio", y en el segundo caso indica el motivo: por ejemplo, pendiente de calibración o de mantenimiento preventivo, en reparación, en espera de refacciones o dañado sin posibilidad de reparación.	Equipos médicos, equipos de medición
Alimentación eléctrica	Indica la alimentación eléctrica necesaria para el equipo, por ejemplo de 110 V, 220 V, 380 V o trifásica; puede ser útil para señalar los equipos que necesiten transformadores u otras medidas especiales.	Equipos médicos, equipos de medición
Requisitos de funcionamiento y mantenimiento	Describe cualquier requisito especial necesario para el funcionamiento o el mantenimiento del equipo.	Equipos médicos
Fecha inicial de registro en el inventario y de actualización	Fecha en la que se registró el equipo en el inventario y fecha de la actualización más reciente de la información	Todos
Proveedor del servicio de mantenimiento	Proporciona información sobre el proveedor incluyendo el nombre, contacto y, en caso de contar con una empresa o taller externo para el mantenimiento del equipo, incluir detalles del contrato (incluyendo vigencia de la garantía); información que indique fecha en que se realizó el mantenimiento.	Equipos médicos, equipos de medición
Proveedor de compra	Se usa como contacto para compras, pedidos de reposición, sustituciones en garantía, etc.	Todos

Figura 1 – Datos para la toma de inventario. Fuente:[14].

Se definen tres etapas para la realización del inventario que son:

- Recopilación inicial de datos.
 - Recomienda realizar la recopilación de datos recorriendo cada sector del centro de salud para detectar posibles equipos obsoletos u olvidados.
- Actualización de la información.
 - La actualización de la información de cada equipo médico debe siempre que cambie la información de un equipo, cambie su ubicación o sea dado de baja por obsolescencia o por imposibilidad de su reparación.
- Auditoria o revisión anual.
 - Se debe realizar anualmente una revisión de los equipos médicos para corroborar la información inventariada, o actualizarla en caso de diferencias.

La OMS recomienda la utilización de una aplicación informática para la registración del inventario ya que facilita su gestión integrándolo en un sistema computarizado de gestión de mantenimientos (CMMS) unificando los procesos de inventario, historial de reparaciones y mantenimiento y control de las órdenes de trabajo.

Además propone que mediante el CMMS se puedan generar informes sobre tendencias de mantenimiento y averías, y determinar soluciones como la sustitución de un equipo médico o la necesidad de capacitar a los técnicos y/o operadores.

Permite tener un historial de reparaciones y mantenimientos de cada equipo médicos, realizar un seguimiento de su utilización y activar los pedidos de reposición. Todos estos procesos deben identificar inequívocamente a cada equipo médico.

Un inventario es una herramienta poderosa para el departamento que debe realizar el mantenimiento de equipos biomédicos permitiendo:

- Previsión y elaboración de presupuestos.
- Planificación y equipamiento de un taller técnico.
- Determinación del personal necesario.
- Determinación de las necesidades de capacitación.
- Gestión de los contratos de servicios técnicos.

- Aplicación de un programa eficaz de gestión de un equipo médico.
- Planificación de pedidos de refacciones y material fungible.
- Evaluación de las necesidades.
- Establecimiento de políticas y objetivos de sustitución y eliminación.
- Establecimiento de objetivos de adquisición y donación.
- Análisis, gestión y mitigación de riesgos.
- Planificación para catástrofes y situaciones de emergencia.
- Fomento de la estandarización de los equipos.

El departamento de ingeniería clínica es responsable de crear y mantener el inventario. Para ello, debe verificar periódicamente que todos los equipos identificados en un establecimiento sanitario figuran en el inventario y que todos los incluidos en ese inventario se pueden localizar. El equipo puede considerar conveniente realizar tareas de inventario cuando realiza las inspecciones habituales o los trabajos de MP. Además, cuando llegan equipos nuevos se los debe inspeccionar y agregar al inventario [14].

Las nuevas tecnologías han transformado la medicina, estos hacen que la medicina de hoy sea mucho más avanzada que la practicada en siglos pasados. La utilización de las nuevas tecnologías tiene el potencial de mejorar la eficiencia, calidad y la seguridad de los servicios de salud. Hoy en día los equipos biomédicos son unidades que forman parte de uno o varios sistemas complejos.

La OMS propone un ciclo de vida de gestión de las tecnologías sanitarias como un marco para la política nacional de salud en relación a los equipos médicos como se visualiza en la figura 2. En este ciclo de vida ofrece una descripción del ciclo de vida desde la adquisición, mantenimiento y reparación, investigación, desarrollo, adquisición por parte de los usuarios, la utilización y el desmantelamiento de los equipos biomédicos.

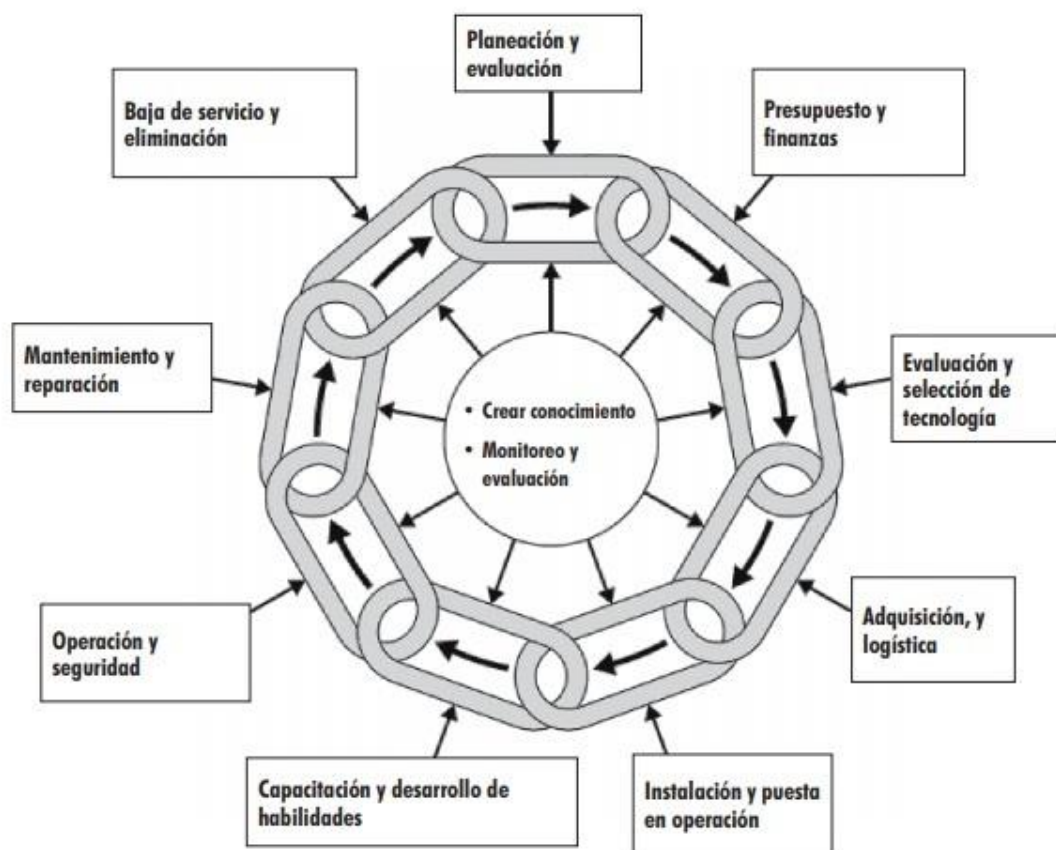


Figura 1 – Ciclo de gestión de tecnologías sanitarias. Fuente: [14].

2.2. Mantenimientos de equipos biomédicos.

El mantenimiento oportuno y eficiente maximiza el valor de los recursos de tecnología sanitaria, algo que es especialmente importante cuando los recursos son limitados. Si se examinan con atención los recursos financieros, materiales y humanos, es posible formular y ejecutar un programa exitoso acorde con las necesidades del contexto, incluso en situaciones en las que los recursos son limitados. No obstante, se debe considerar al programa parte integral de la prestación de atención sanitaria y asignar recursos básicos para las tareas definidas en él. Solo de este modo los pacientes tendrán acceso a equipos médicos en condiciones de realizar un diagnóstico preciso, un tratamiento eficaz o la rehabilitación adecuada [14].

En el 2018, la OMS exponen que los dispositivos médicos son bienes con un efecto directo sobre la vida humana. Exigen una inversión considerable y muchas veces tienen altos costos de mantenimiento [14].

En todo centro de salud es de vital importancia contar con un programa de mantenimiento que se adecue a sus necesidades, que sea planificado y gestionado, para que los equipos biomédicos sean confiables y estén disponibles cuando se los necesita para realizar procedimientos, diagnósticos y para el tratamiento y seguimiento de las enfermedades de los pacientes.

El poder gestionar el mantenimiento de los equipos biomédicos con un programa de este tipo eleva el rendimiento de los equipos y minimiza los costos relacionados con su adquisición. Por ello una estrategia de mantenimiento debe incluir procedimientos de inspección y también de mantenimiento preventivo y correctivo.

La norma europea EN 13306:2017 [20] que define al “mantenimiento” como *“Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida”*, la realización de un mantenimiento en un equipo debe cumplir con:

- Mantener un equipo a estándares aceptables de rendimiento operativo y confiabilidad haciendo un fuerte énfasis en los mantenimientos preventivos (MP).
- Optimizar la efectividad de la inversión en mantenimiento, mediante análisis de costo y planificación de vida útil.
- Maximizar la vida útil de los bienes de una empresa, la productividad y su eficiencia mediante planes pro-activos de planificación de mantenimientos y programación de recursos y control.

Según la norma europea EN 13306:2017 [20] existen diferentes tipos de mantenimientos de los equipos y cada tipo identifica las tareas que se deben realizar para el buen funcionamiento según se visualiza en la figura 3.

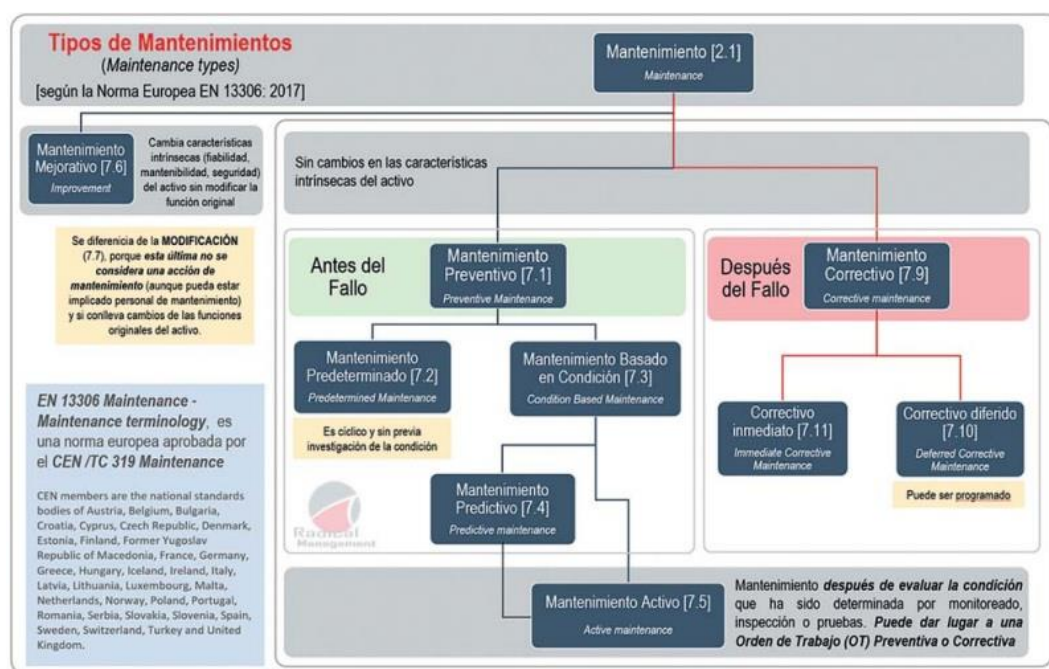


Figura 3 – Tipos de mantenimientos. Fuente: [20].

Los conceptos de cada tipo de mantenimientos son:

7.1 Mantenimiento preventivo: Mantenimiento llevado a cabo para evaluar y/o mitigar la degradación y reducir la probabilidad de fallo de un elemento.

7.2 Mantenimiento predeterminado: Mantenimiento preventivo que se realiza de acuerdo con intervalos de tiempo establecidos o con un número definido de unidades de funcionamiento, pero sin análisis previo de la condición del elemento.

NOTA 1: Los intervalos de tiempo o el número de unidades de funcionamiento se pueden establecer a partir del conocimiento de los mecanismos de fallo del elemento.

7.3 Mantenimiento basado en la condición: Mantenimiento preventivo que incluye una combinación de la evaluación de las condiciones físicas, el análisis y las posibles acciones de mantenimiento posteriores.

NOTA 1: La evaluación de la condición se puede realizar mediante la observación del operador y/o inspección, y/o pruebas, y/o monitorización de la condición de los parámetros del sistema, etc., realizada de acuerdo con un cronograma, bajo petición o en forma continua.

7.4 Mantenimiento predictivo: Mantenimiento basado en la condición que se realiza siguiendo una predicción obtenida del análisis repetido o de características conocidas y de la evaluación de los parámetros significativos de la degradación del elemento.

7.5 Mantenimiento activo: Parte del mantenimiento durante el cual las acciones se llevan a cabo directamente en un elemento para mantenerlo o restaurarlo a un estado en el que pueda realizar la función requerida.,

NOTA 1: El mantenimiento preventivo activo es la parte del mantenimiento preventivo donde se llevan a cabo acciones para restaurar un elemento directamente o bien siguiendo las degradaciones observadas a través de la monitorización de la condición, inspección o prueba.

NOTA 2: El mantenimiento correctivo activo es la parte del mantenimiento correctivo en el que se llevan a cabo acciones para restaurar el elemento.

7.6 Mejora; mantenimiento mejorado: Conjunto de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, destinadas a mejorar la fiabilidad intrínseca y/o la mantenibilidad y/o la seguridad de un elemento, sin cambiar la función original.

NOTA 1: También se puede introducir una mejora para evitar el uso indebido y evitar fallos.

7.9 Mantenimiento correctivo: Mantenimiento que se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en que pueda realizar una función requerida.

7.10 Mantenimiento correctivo diferido: Mantenimiento correctivo que no se realiza inmediatamente después de detectarse una avería, sino que se retrasa de acuerdo con reglas dadas.

7.11 Mantenimiento correctivo inmediato: Mantenimiento correctivo que se realiza sin dilación después de detectarse una avería, a fin de evitar consecuencias inaceptables.

7.12 Mantenimiento programado: Mantenimiento que se realiza de acuerdo con un programa de calendario establecido o un número establecido de unidades de utilización.

NOTA 1 El mantenimiento correctivo diferido también puede ser programado.

Se define como “Mantenimiento” al conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema y/o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorable, asegurando que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que haga. Es aquél que permite alcanzar una reducción de los costos totales y mejorar la efectividad de los equipos y sistemas [21].

En la industria y la ingeniería, el concepto de mantenimiento tiene los siguientes significados:

- A. Cualquier actividad – como comprobaciones, mediciones, reemplazos, ajustes y reparaciones necesarias para mantener o reparar una unidad funcional de forma que esta pueda cumplir sus funciones.
- B. Para materiales, Mantenimiento:
 - a. Todas aquellas acciones llevadas a cabo para mantener los materiales en una condición adecuada o los procesos para lograr esta condición. Incluyen acciones de inspección, comprobaciones, clasificación, reparación, etc.
 - b. Conjunto de acciones de provisión y reparación necesarias para que un elemento continúe cumpliendo su cometido.
 - c. Rutinas recurrentes necesarias para mantener unas instalaciones (planta, edificio, propiedades inmobiliarias, etc.) en las condiciones adecuadas para permitir su uso de forma eficiente, tal como está designado.

Según la OMS los mantenimientos de los equipos médicos se dividen en dos principales características como se visualiza en la figura 4:

- Inspección y mantenimiento Preventivo (IMP).
 - Inspección
 - Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo (MC).

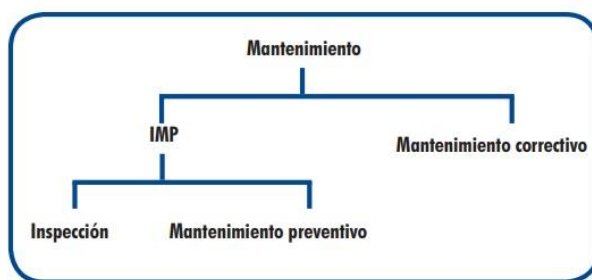


Figura 4 – Componentes de un programa de mantenimiento. Fuente: [14]

El Mantenimiento Preventivo (MP) es realizar una serie de inspecciones periódicas de los equipos, realizar tareas de limpieza, lubricación, ajuste, comprobación y reemplazo de componentes defectuosos, de manera de tener el equipo funcionando en las mejores condiciones.

El Mantenimiento Correctivo (MC) es el trabajo realizado sobre un equipo para volverlo a su estado normal de funcionamiento luego de haber presentado una falla. Este tipo de mantenimiento no es planificado, y solo se lleva a cabo a partir del requerimiento de operador del equipo o del personal que realiza el mantenimiento programado y detecta la falla.

“La seguridad de un puesto de trabajo y el mantenimiento que se lleve a cabo en los equipos de trabajo que lo componen están directamente relacionados. En función del alcance de los puntos comprobados, de la frecuencia con que se realiza el mantenimiento o de si se efectúa por avería o por revisión preventiva habrá más o menos posibilidades de que se produzca un accidente” [22].

Además, los mantenimientos no solo deben hacer intervención de conservación, sino que deben participar en la mejora continua de los procesos productivos teniendo en cuenta la evolución de la tecnología.

- Según la OMS para los equipos médicos se establece que los estándares de Mantenibilidad debe ser menor o igual a un 5% de la Confiabilidad y la Confiabilidad debe ser mayor o igual a un 95%.

La planificación del mantenimiento forma parte de un trabajo más amplio para establecer un programa integral de mantenimiento de la tecnología sanitaria (MTS). Este proceso incluye un examen de los factores clave, como se muestra en la figura 5. El reto para los planificadores es equilibrar estos factores para elaborar un programa de mantenimiento apropiado y costo-eficaz acorde con la situación [21].



Figura 5 – Factores claves para la planificación del mantenimiento. Fuente [23].

Un seguimiento de órdenes de servicio permite controlar todas las ordenes de servicio abiertas, también la aplicación informática puede generar automáticamente ordenes de servicio cuando sea necesario un mantenimiento preventivo y generar procedimientos de trabajo específico a cada dispositivo.

En los establecimientos sanitarios más modernos, la cantidad de equipos médicos y de incidentes es tan grande que solo se puede almacenar y organizar la información mediante un sistema informático. Por lo tanto, un sistema computarizado de gestión del mantenimiento (CMMS), que pueda funcionar en una sola computadora, puede ser sumamente útil para gestionar el programa de mantenimiento de equipos médicos. Para garantizar una gestión eficaz de un buen programa, un CMMS debe permitir [21]. :

- Inventariar todos los dispositivos en un establecimiento y agregar fácilmente información referente a un equipo, o modificar la que existe.

- Llevar un registro de los incidentes anteriores (por ejemplo, IMP, MC, devoluciones, actualizaciones del programa informático) y recuperarlo o imprimirlo si fuera necesario. –
- Almacenar procedimientos de IMP e información relacionada. –
- Programar procedimientos de IMP, cambiar la planificación de los procedimientos de IMP e imprimir una lista resumida de lo que se ha programado. –
- Imprimir formularios de IMP individuales con el procedimiento apropiado, los últimos servicios realizados (como referencia) y el tiempo/la fecha en que se prevé completar el procedimiento
- Registrar y almacenar los resultados de los procedimientos de IMP, de modo que el registro incluya las pruebas que salieron bien y las que fallaron, una descripción de las tareas realizadas y la lista de repuestos utilizados.
- Registrar los incidentes de MC, incluyendo el problema con el equipo, el tiempo de reparación, descripción de las tareas realizadas y la lista de repuestos utilizados.
- Obtener informes breves de:
 - Tasa de procedimientos de IMP completados; › procedimientos de IMP en los que se detectaron fallas y fueron necesarios trabajos de reparación;
 - Fecha prevista y fecha real de finalización de los procedimientos;
 - Lista de equipos inventariados por ubicación, propietario o tipo de dispositivo;
 - Reparaciones finalizadas en un periodo definido;
 - Lista de piezas utilizadas para reparar equipos en un periodo determinado.

2.3. **Reingeniería de los procesos.**

Para lograr un adecuado funcionamiento de las organizaciones la gestión por procesos puede ser un modelo a implementarse, el cual gana cada vez más prestigio, entre otras razones, por el hecho de que las empresas son tan eficientes como lo son sus procesos [24].

El enfoque de las actividades de una institución basada en procesos es un concepto de gestión básico y fundamental para obtener mejores resultados. Este enfoque es fundamental para un sistema de Gestión de Calidad y está implementado en la norma ISO 9001, el cual permite conocer mejor su interrelación y funcionamiento.

Entender a los centros sanitarios como organizaciones, permite apreciarlos como sistemas en el que actúan diferentes agentes, tanto internos como externos, que tienen una serie de objetivos variables en función del poder que se le haya asignado a cada uno. Organizativamente, tiene una estructura basada en recursos humanos y materiales que se conjugan entre sí para producir los bienes o servicios que precisan los usuarios. Analizando descriptivamente la estructura encontramos una serie de instrumentos como son las funciones, las relaciones, los organigramas, los ámbitos de supervisión y los órganos que son los encargados de organizar e informar sobre el funcionamiento de dicha estructura [25].

La aplicación de la gestión por procesos permite la transformación necesaria en organizaciones que estén funcionando inadecuadamente, el cambio no solo responde al motivo económico, sino también a la necesidad impostergable de alcanzar niveles superiores de eficiencia y calidad en toda la gestión hospitalaria [26].

Según la norma ISO 9001, un proceso es un conjunto de actividades que tienen relación entre sí o que interactúan para transformar elementos de entrada en elementos de salida. En los procesos pueden intervenir tanto partes internas como externas, teniendo en cuenta en todo momento a los clientes. Se podría decir que la parte más importante es la entrada, puesto que, a partir de esta, se crea la salida.

La norma ISO 9001:2015 define requisitos que debe cumplir una tarea para definirse como proceso y son:

- Entradas y salidas: Deben contar con entradas y salidas de otros procesos anteriores, recursos o servicios. Se trata de la forma en la que nos llegan los elementos y cómo salen tras el proceso.
- Secuencia e interacción: este es un requisito muy sencillo y lógico. Todas las empresas y organizaciones siguen múltiples procesos. La ISO 9001:2015 simplemente indica que deben ordenarse secuencialmente, pues en muchos casos un proceso depende de otro. Debemos tener en cuenta en este apartado la

interacción con los proveedores y cliente, pues podrían influir en la secuencia de los procesos.

- Criterios y métodos: los criterios sirven para determinar los requisitos del proceso que se desea cumplir. Los métodos son la forma en la que se van a intentar cumplir esos requisitos, es decir, los procedimientos.
- Recursos: son los recursos que la empresa va a necesitar para realizar la actividad. Se deben asignar correctamente para que el proceso se complete correctamente y no surjan problemas como falta de presupuesto.
- Responsabilidad y autoridad: consiste en designar un responsable del proceso. No es necesario que una sola persona se encargue de todos los procesos, sino que puede haber uno para cada proceso.
- Riesgo y oportunidades: consiste en evaluar los riesgos que conlleva el proceso y las oportunidades que pueden surgir de realizarlo.
- Evaluación: simplemente consiste en comprobar si el proceso cumple con lo previsto.
- Mejora: implica mejorar continuamente el proceso ya sea con costes más reducidos, optimización del tiempo, mayor satisfacción del cliente, etc.

“Las organizaciones son tan eficientes como lo son sus procesos” [27], esta frase define la necesidad de revisar y mejorar los procesos existentes en una organización buscando la optimización de los mismos.

La reingeniería de procesos es una herramienta administrativa la cual consiste en estudiar los procesos productivos de organizaciones de cualquier sector, y a través del cual se pueden rediseñar procesos productivos realizando modificaciones en dichos procesos, los cuales van a repercutir en el rendimiento medio de costes, tiempo de ciclo, calidad del servicio y calidad del producto.[28].

Es hacer lo que se está haciendo, pero mejor, con menor esfuerzo y con mejores resultados, con un pensamiento mejorado rediseñando los procesos operativos. No es un concepto fácil de entender, implica imponer cambios en la organización, derribar algo a lo que la gente está acostumbrada creando algo que requiere inicialmente un mayor esfuerzo, pero a la larga genera menor esfuerzo y mejores resultados.

El término de reingeniería de procesos se le atribuye a Michael Hammer y James Champy (1994) los que la definieron como “*Revisión fundamenta y rediseño radical en los procesos de negocios para producir una mejora espectacular en medicas criticas de rendimiento*” [29], plantean la importancia del rediseño y la simplificación de los procesos de gestión en toda compañía, de manera que esta se vuelva más eficiente y productiva. Según los autores las organizaciones que no se reestructuran de una forma drástica y revolucionaria serian desplazadas fuera de la arena competitiva en los nuevos mercados globales.

En esta definición de Hammer y Champy se define cuatro conceptos fundamentales de la reingeniería de los procesos que son:

- *Fundamental*: La reingeniería determina primeramente que se debe hacer y cómo se debe hacer. No considera lo que es y se concentra en lo que debe ser.
- *Radical*: del origen de esta palabra del latín “radix” que significa *raíz*, implica rediseñar radicalmente es llegar hasta la raíz de las cosas, no significa efectuar cambios superficiales sino dejar de lado lo viejo, descartar todas las estructuras existentes y crear nuevas formas de hacer el trabajo.
- *Espectacular*: La reingeniería no es hacer mejoras superficiales, sino de generar grandes cambios en rendimiento de toda la organización.
- *Proceso*: es un conjunto de actividades planificadas que implican la participación de un número de personas y de recursos materiales coordinados para conseguir un objetivo previamente identificado. Este concepto no es fácil de entender por los gerentes corporativos ya que muchos están orientados a tareas individuales que son importantes en un proceso, pero no tienen valor para el cliente si el proceso completo no funciona.

Los trabajos de Davenport y Short (1990) [30], Hammer y Champy establecieron y desarrollaron los fundamentos de la reingeniería y en los cuales hace referencia explícita a una serie de factores considerados críticos para el éxito del BPR que son:

- El compromiso de la Alta Dirección
- El Liderazgo.
- La comunicación.

- La participación de los empleados.
- Los equipos de trabajo.

Estos factores críticos se deben considerados detalladamente y por ello se describe brevemente cada factor.

Compromiso de la Alta Dirección: Los cambios originados por la reingeniería de procesos deben ser apoyados por la alta dirección para que sean implementados por el personal asignando los recursos y creación de la estructura necesaria para el proceso de cambio organizativo, la validación de las directrices y la eliminación de barreras [31].

Liderazgo: Las nuevas actividades surgida de la reingeniería de procesos deben ser impartidas por un alto directivo de la organización, aunque esto no impide que pueda ser una persona externa contratada por la empresa para lidera el proceso de reingeniería. .

Comunicación: Es primordial que los cambios que surjan de la reingeniería sean transmitidos principalmente a las personas afectadas directamente, obteniendo su aprobación.

Participación de los empleados: Los empleados encargados de la ejecución de los procesos son los que pueden aportar ideas, comentarios y recomendaciones sobre los nuevos procesos y realizar ajustes oportunos.

Equipo de trabajo: Son equipos que se crean para rediseñar cada proceso. Pueden estar conformados por personal interno de la organización como también por personal externo.

Las características básicas de la reingeniería de procesos (BPR) es que visualiza a las instituciones en términos de procesos. Esto se consigue observando internamente el funcionamiento de los departamentos y sus relaciones con las demás áreas que conforma la empresa creando cambios directos y radicales para adoptarse con éxito.

El BPR persigue una mejora drástica del rendimiento a través del rediseño de los procesos basado en las tecnologías de la información [32] [33] [34].

Los pasos a seguir para implementar una BRP según los autores consiste en:

- *Inducción a la reingeniería*: La alta dirección debe persuadir al personal la necesidad de realizar cambios a los procesos.
- *Identificación y análisis de oportunidades de rediseño*: Identificar los procesos que deben ser rediseñados, realizar un análisis de los procesos y clasificarlos según la urgencia de los objetivos de mejoras planteados.

Al aplicar la reingeniería en los procesos de una institución ocurren cambios que se pueden identificar como:

- Cambios en las unidades de trabajo.
- Las tareas cambian: de simples a trabajo multidimensional.
- El papel del trabajador cambia: de controlado a facultado.
- La preparación para el trabajo cambia: de entrenamiento a educación.
- El enfoque de medidas de desempeño y compensación se desplaza: de actividad a resultados.
- Cambian los criterios de ascenso: de rendimiento a habilidad.
- Los valores cambian: de proteccionistas a productivos.
- Los jefes cambian: de supervisores a entrenadores.
- Las estructuras organizacionales cambian: de jerárquicas a planas.

Pero en su aplicación se pueden producir errores como, por ejemplo:

- Tratar de corregir un proceso en vez de cambiarlo.
- No concentrarse en los procesos.
- No hacer caso de los valores y los conocimientos de los empleados.
- Conformarse con resultados de poca importancia.
- Abandonar esfuerzo antes de tiempo.
- Limitar de antemano la definición del problema y el alcance del esfuerzo de reingeniería.

- Dejar que las culturas y las actitudes de la corporación impidan que empiece la reingeniería.
- Tratar que la reingeniería se haga de abajo hacia arriba.
- Confiar el liderazgo a una persona que no entiende reingeniería.
- Disipar la energía en un gran número de proyectos.
- No distinguir la reingeniería de otros programas de mejora.
- Concentrarse exclusivamente en diseño.
- Dar marcha atrás cuando se encuentra resistencia.
- Prolongar demasiado el esfuerzo.

Para una correcta reingeniería se debe inicialmente analizar los procesos y a partir de ahí trabajar con los conceptos de mejora continua.

Al realizar una reingeniería de procesos es importante comprender que "el modelo de cambio de procesos, muestra como varias actividades funcionales en un proceso de negocios pueden ser reconfiguradas dado que el proceso de reingeniería toma lugar en el contexto de la gente y la organización, el riesgo a fracasar puede ser alto si no se diseña un plan apropiado de trabajo para llevar a cabo el cambio organizacional" [35].

Según el autor A. Champy indica que el cambio organizacional puede compararse como un viaje que nunca termina y a consecuencia se deben tomar las siguientes precauciones [29]:

1. Cualquier cambio importante debe empezar por describir el destino del viaje: mejoras en la productividad, eficiencia y eficacia. Reducir costos de producción. Mejoras en la calidad del servicio. Crecimiento, innovación, diversificación, agregar valor al resultado final para los clientes.
2. El camino a seguir en una organización es el enfoque hacia los procesos, caracterizada por el reconocimiento de que la organización del trabajo en los procesos debe superar los límites existentes empezando desde cero en lugar de cambiar lo ya existente. Estos objetivos son el sello distintivo de lo que se conoce como reingeniería.

Estos cambios en los procesos deben llevarse a cabo de arriba hacia abajo impulsados por una visión con amplia participación de todos los implicados en las fases de diseño y de ejecución [36].

La incorporación de las nuevas tecnologías de la información ha permitido dar una redefinición a los procesos alcanzando grados de eficacia y eficiencia inimaginables hace algunos años. Aquellas organizaciones que son capaces de descubrir estas posibilidades e implantarlas correctamente, pueden conseguir grandes ventajas competitivas debido a la minimización de costes y el incremento de flexibilidad frente a los requerimientos de los clientes [37] .

La conocida gestión de procesos coexiste con la administración funcional, asignando «propietarios» a los procesos clave, haciendo posible una gestión interfuncional generadora de valor para el cliente. Establece qué procesos necesitan ser mejorados o rediseñados, determina prioridades y provee de un contexto para iniciar y mantener planes de mejora que permitan alcanzar objetivos establecidos. Es decir, permite la comprensión del modo en que están configurados los procesos de negocio, de sus fortalezas y debilidades [37].

Es de conocimiento amplio que un gran número de organizaciones han dejado de ser competitivas debido a la baja productividad que generalmente va ligada a una gerencia ineficiente de sus procesos, fallos en la trazabilidad de la información procesos que obstaculizan el funcionamiento de la organización [38].

La estrategia a realizar es adecuar las estructuras y procesos de una era industrial existente a una era tecnológica de manera de obtener procesos eficientes, sistemas informativos efectivos y poder medir los resultados a partir de la incorporación de las mejoras.

Las instituciones de salud deben estar fuertemente normadas para asegurar la excelente atención a los pacientes, por ello, todas las modificaciones a los procedimientos, incluyendo los de mantenimiento de equipos biomédicos, deben estar acordes con la filosofía de la institución y con las normas internacionales aplicables por lo que se debería orientar las modificaciones a los procesos cumplimentando la norma ISO 9001:2015.

2.4. Reingeniería de procesos en la salud.

La reingeniería en las instituciones de salud es un proceso de cambio creativo, de reinventar y renovar las estructuras, los procesos, los sistemas y las maneras de medir los resultados (*outcome*) y el desempeño (*performance*) de la organización [39].

Las gestiones sanitarias en definitiva es una empresa que desarrolla su actividad con menos posibilidades que cualquier empresa en muchas dimensiones críticas:

- Efectividad.
- Adecuación de las indicaciones y productos.
- Seguridad.
- Costes.
- Valores ofertados.

El incremento de la complejidad de cuidados ofertados en sanidad probablemente aumentará los problemas en las dimensiones mencionadas, a menos que se desarrollen reformas que van más allá de la financiación y que implican cambios significativos en la cultura, la práctica diaria y la forma de hacer efectiva la atención sanitaria [40].

En el sector sanitario los procesos clave se centran en la atención al paciente; las mejoras de los procesos necesitan la implicación de todos los profesionales y la toma autónoma de decisión, consensado entre los mismos, utilizando la evidencia científica a través de documentos prácticos de uso (guías, vías de práctica clínica), y todo esto desarrollado dentro de un sistema integrado [41].

A partir de la resolución WHA60.29(1) adoptada por la Asamblea Mundial de la Salud en mayo del 2007, la OMS ha trabajado en la arquitectura y confección de 19 documentos interrelacionados, de los cuales 8 han sido publicados en Febrero de 2012(2) abordando las siguientes áreas temáticas: Formulación de Políticas, Evaluación y Gestión de Equipamiento Médico [42].

En Diciembre de 2013 se promulgó la Ley 26.906 “Régimen de trazabilidad y verificación de aptitud técnica de los productos médicos activos de salud en uso” [43], la cual propone tres objetivos:

- Establecer el régimen de trazabilidad de los productos médicos activos.
- La trazabilidad metrológica de los mismos.
- La creación o fortalecimiento de los Servicios de Tecnología Biomédica en todo el territorio nacional.

Los procesos aplicados para el mantenimiento de equipos biomédicos muchas veces deben ser orientados a la aplicación de una metodología de gestión de procesos porque aportan las herramientas necesarias para diseñar el proceso de acuerdo con el entorno de trabajo y de los recursos disponibles.

De acuerdo con Claveranne y Pascal [44], la gestión por procesos en un servicio de salud pública, a partir del reconocimiento y el análisis de todos los procesos, para a partir de su descripción y características mejorarlos o rediseñarlos. Esto significaría orientar los servicios hospitalarios y funciones dentro de un hospital, desde una perspectiva de procesos. La inserción de este enfoque fue el resultado de una evolución en la gestión hospitalaria.

El desarrollo del enfoque de procesos en la gestión de organizaciones de salud, como en el mundo empresarial, ha evolucionado hacia la aplicación de una teoría en franco ascenso: el Business Process Management (BPM), que se considera una herramienta competitiva para las organizaciones, a la que los gerentes apelan, generalmente, cuando buscan el rediseño de procesos para mejorarla eficiencia operativa, incrementar la conformidad de los productos o servicios o propiciar la innovación [45].

Existen dos tendencias principales, relacionadas en su inicio con esta herramienta: la gestión total de la calidad (TQM) y la reingeniería de procesos (BPR) y este vínculo se basa en la idea de que tienen como elemento central de análisis a los procesos [46].

2.5. Metodología de desarrollo XP.

La metodología XP es un marco de desarrollo de software ágil que tiene como objetivo principal producir un software de mayor calidad. Está diseñada para entregar el software que los clientes necesitan en el momento que lo necesitan adaptándose a los requerimientos cambiantes del cliente, aun en fases tardías del ciclo de vida del desarrollo manteniendo una alta calidad en el producto final [47].

La construcción de software dentro de un marco metodológico ágil ofrece la posibilidad de contar con procesos livianos y simples, aplicando técnicas de programación que permiten expresar el concepto de agilidad, garantizando código de calidad desde el inicio del proceso de desarrollo [48].

Esta metodología ha demostrado ser efectiva proporcionando un gran valor al individuo, a la participación activa con el cliente y al desarrollo incremental del software con iteraciones muy cortas.

La metodología de desarrollo XP es una metodología ágil centrada en potenciar las relaciones interpersonales como clave para el éxito en desarrollo de software, promoviendo el trabajo en equipo, preocupándose por el aprendizaje de los desarrolladores, y propiciando un buen clima de trabajo. XP se basa en realimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo, comunicación fluida entre todos los participantes, simplicidad en las soluciones implementadas y coraje para enfrentar los cambios. XP se define como especialmente adecuada para proyectos con requisitos imprecisos y muy cambiantes, y donde existe un alto riesgo técnico [49].

Una de las características más eficiente de esta metodología es la de permitir obtener resultados rápidos en proyectos con requisitos muy cambiantes y cuando se exige reducir drásticamente los tiempos de desarrollo.

Esta metodología ágil propone la aplicación de las siguientes técnicas:

- Diseño simple.
 - Hay que utilizar el diseño más simple posible mientras solucione el problema.
- Pruebas intensivas.
 - Las pruebas se escriben antes que el propio código. Esto obliga a los programadores a pensar en lo que puede fallar antes de escribir el código. Además, se verifica continua y automáticamente que el código supere todas las pruebas definidas hasta después de cada cambio.

- Refactorización.
 - Mejora continua del código. Incluso el código que ya se ha considerado bueno se tiene que mejorar si vemos la oportunidad de ello. A la larga eso mejora la calidad de toda la aplicación software.
- Programación por parejas.
 - Conseguir una mejor calidad trabajando en parejas. Uno de los miembros de la pareja escribe el código y el otro lo revisa, los papeles se intercambian al cabo de un rato.



Figura 6 – Ciclos de la metodología XP. Fuente: [50].

Los ciclos de vida de una metodología XP permiten añadir en cada ciclo nuevas funcionalidades al software lo que es especialmente adecuada para proyectos de desarrollo con requisitos imprecisos y muy cambiantes. En un desarrollo utilizando la metodología XP, la documentación del proyecto es reemplazada inicialmente por la comunicación entre el cliente y el grupo de desarrollo.

Esta metodología tiene como base la utilización de una serie de prácticas y principios que se han estado utilizando siempre en el desarrollo del software, son de sentido común pero utilizado al extremo. Las prácticas y principios que se utilizan en forma conjunta definen a una metodología que se la puede llamar como una metodología ágil.

El desarrollo de una aplicación software utilizando una metodología XP se basa en una serie de cuatro valores y principios que la definen [43]. Estos valores son fundamentales para el éxito del desarrollo ya que permiten obtener diseños y códigos simples, métodos eficientes de desarrollo software y clientes satisfechos.

Estos cuatro valores son:

- *Comunicación:* La comunicación cara a cara entre el cliente y los desarrolladores, se considera un método ágil.
- *Simplicidad:* El desarrollo debe ser tan simple que permita cumplir lo solicitado por el cliente, mantenerlo en forma rápida, adecuarlo a futuros problemas.
- *Realimentación:* Se mantiene continúa hacia el cliente (feedback). Permite llevar el proyecto hacia donde el cliente decida. Respuestas rápidas, constantes e iterativas hacia el cliente.
- *Coraje:* Los desarrolladores deben tener coraje para producir el cambio en el código, ya que es inevitable en el desarrollo, pero estar preparado con una metodología es lo que ayuda.

De los elementos usados en esta metodología tiene mucha importancia la historia de los usuarios, ya que el tener procesos funcionando permite obtener la historia de esos procesos, sus buenas costumbres y las cosas a mejorar.

La historia de los usuarios se trata de confeccionar tarjetas de papel en las cuales el cliente detalla brevemente las características que desea que el sistema debe poseer, sean requisitos funcionales o no funcionales.

El tratamiento de las historias de usuario es muy dinámico y flexible, en cualquier momento historias de usuario pueden romperse, reemplazarse por otras más específicas o generales, añadirse nuevas o ser modificadas. Cada historia de usuario es lo suficientemente comprensible y delimitada para que los programadores puedan implementarla en unas semanas [44].

2.5.1. Roles definidos en una programación XP.

Los roles que se definen para un ambiente de desarrollo con esta metodología en otras fuentes tiene ciertas variaciones. Estos son los roles de acuerdo con la propuesta original de Beck:

Cliente: Escribe las historias de usuarios y es el encargado de realizar las pruebas funcionales. También define las prioridades de las historias de usuarios estableciendo cuales se implementarían en cada iteración.

Programador: Es el encargado de escribir el código del software. Realiza las pruebas con el código y debe tener mucha comunicación con los demás roles.

Encargado del Testeo (tester): En conjunto con el cliente, realizan las pruebas del sistema, muestra los resultados.

Encargado del seguimiento (tracker): Establece el camino que se sigue en el desarrollo, determinando la calidad del software obtenido y si es lo establecido por el cliente. Determina también los tiempos a futuro para los siguientes puntos del desarrollo.

Entrenador (coach): Es el responsable de todo el equipo. Debe conocer a fondo la metodología XP para guiar al equipo y mantenerse en segundo plano cuando el equipo desarrolla el software en forma correcta.

Consultor: Es una persona externa al equipo, generalmente el usuario final del software.

Gestor (Big boss): Es el coordinador general del equipo y la comunicación con el cliente.

Un proyecto XP tiene éxito cuando el cliente selecciona el valor de negocio a implementar basado en la habilidad del equipo para medir la funcionalidad que puede entregar a través del tiempo. El ciclo de desarrollo consiste (a grandes rasgos) en los siguientes pasos [51]:

- 1- El cliente define el valor que tiene dentro de la empresa la herramienta-software a desarrollar.
- 2- El programador estima el esfuerzo que se requiere para su desarrollo e implementación.

- 3- El cliente define los puntos a desarrollar según los tiempos y esfuerzos requeridos.
- 4- Se vuelve al paso 1.

En las iteraciones que se realizan en el ciclo de la metodología según se visualiza en la figura 6, tanto el cliente como el programador aprenden. No es aconsejable presionar al programador a acelerar el trabajo según lo estimado ya que esto generara pérdida de calidad en la aplicación obtenida o no se cumplirán los plazos establecidos.

Esta metodología de programación pone énfasis en la adaptabilidad del sistema en desarrollo que en la previsibilidad determinada en las metodologías tradicionales, además contempla que los cambios de requisitos sobre la marcha son acciones comunes e inevitables en el proceso de desarrollo. Considera que es más factible adaptarse a los cambios que puedan surgir en cualquier punto del ciclo de vida de un proyecto que definir todos los requisitos en un principio y que no tengan variaciones.

2.6. Base de datos distribuidos.

Una base de datos (BD) es una colección organizada de información estructurada, o datos, típicamente almacenados electrónicamente en un sistema de computadoras. Una base de datos es usualmente controlada por un sistema de gestión de base de datos (DBMS). En conjunto, los datos y el DBMS, junto con las aplicaciones que están asociados con ellos, se conocen como un sistema de base de datos, que a menudo se reducen a solo base de datos [52].

Existen numerosas definiciones para enunciar el concepto de una BD, dada por diferentes autores y en diferentes épocas:

- “Colección o depósito de datos, donde los datos están lógicamente relacionados entre sí, tienen una definición y descripción comunes y están estructurados de una forma particular. Una base de datos es también un modelo del mundo real y, como tal, debe poder servir para toda una gama de usos y aplicaciones”, (Conference des Statisticiens Européens, 1977).
- “Conjunto estructurado de datos registrados sobre soportes accesibles por ordenador para satisfacer simultáneamente a varios usuarios de forma selectiva y en tiempo oportuno”, (Delobel, 1982).

- “Colección no redundante de datos que son compartidos por diferentes sistemas de aplicación”, (Howe, 1983).
- “Colección integrada y generalizada de datos, estructurada atendiendo a las relaciones naturales de modo que suministre todos los caminos de acceso necesarios a cada unidad de datos con objeto de poder atender todas las necesidades de los diferentes usuarios”, (Deen, 1985).
- “Conjunto de ficheros maestros, organizados y administrados de una manera flexible de modo que los ficheros puedan ser fácilmente adaptados a nuevas tareas imprevisibles”, (Frank, 1988).
- “Colección de datos interrelacionados”, (Elsmani y Navathe, 1989).
- Base de Datos (BD): *f* “Colección o depósito de datos integrados, almacenados en soporte secundario (no volátil) y con redundancia controlada. Los datos, que han de ser compartidos por diferentes usuarios y aplicaciones, deben mantenerse independientes de ellos, y su definición (estructura de la base de datos) única y almacenada junto con los datos, se ha de apoyar en un modelo de datos, el cual ha de permitir captar las interrelaciones y restricciones existentes en el mundo real. Los procedimientos de actualización y recuperación, comunes y bien determinados, facilitarán la seguridad del conjunto de los datos”, Piattini et al. (2006)

Los sistemas de bases de datos pueden ser centralizados, o cliente-servidor, donde una máquina que hace de servidor ejecuta trabajos de múltiples máquinas clientes. Los sistemas de bases de datos también pueden diseñarse para explotar las arquitecturas paralelas de computadoras. Las bases de datos distribuidas abarcan muchas máquinas separadas geográficamente [53].

La arquitectura de un sistema de bases de datos está influenciada en gran medida por el sistema informático subyacente en el que se ejecuta, en particular por aspectos de la arquitectura de la computadora como la conexión en red, el paralelismo y la distribución [53]:

- La conexión en red de varias computadoras permite que algunas tareas se ejecuten en un sistema servidor y que otras se ejecuten en los sistemas clientes. Esta división de trabajo ha conducido al desarrollo de sistemas de bases de datos cliente-servidor.

- El procesamiento paralelo dentro de una computadora permite acelerar las actividades del sistema de base de datos, proporcionando a las transacciones unas respuestas más rápidas así como la capacidad de ejecutar más transacciones por segundo. Las consultas pueden procesarse de manera que se explote el paralelismo ofrecido por el sistema informático subyacente. La necesidad del procesamiento paralelo de consultas ha conducido al desarrollo de los sistemas de bases de datos paralelos.
- La distribución de datos a través de las distintas sedes o departamentos de una organización permite que estos datos residan donde han sido generados o donde son más necesarios, pero continuar siendo accesibles desde otros lugares o departamentos diferentes. El hecho de guardar varias copias de la base de datos en diferentes sitios permite que puedan continuar las operaciones sobre la base de datos aunque algún sitio se vea afectado por algún desastre natural como una inundación, un incendio o un terremoto. Se han desarrollado los sistemas distribuidos de bases de datos para manejar datos distribuidos geográfica o administrativamente a lo largo de múltiples sistemas de bases de datos.

Se define [54] una base de datos distribuida como una colección de múltiples bases de datos interrelacionadas lógicamente en una red de computadoras.

Un sistema de Bases de Datos Distribuida (BDD) se define como un sistema de software, mediante el cual se puede acceder a sus datos desde cualquier lugar en una red como si estos datos estuvieran almacenados en forma local. El BDD gestiona en forma transparente el acceso siendo esto totalmente transparente al usuario.

En un sistema distribuido de bases de datos se almacena la base de datos en varias computadoras. Varios medios de comunicación, como las redes de alta velocidad o las líneas telefónicas, son los que pueden poner en contacto las distintas computadoras de un sistema distribuido. No comparten ni memoria ni discos. Las computadoras de un sistema distribuido pueden variar en tamaño y función pudiendo abarcar desde las estaciones de trabajo a los grandes sistemas. Dependiendo del contexto en el que se mencionen existen diferentes nombres para referirse a las computadoras que forman parte de un sistema distribuido, tales como sitios o nodos [53].

Una BDD es una base de datos construida sobre una red de computadoras. La estructura de la base de datos esta almacenada en diferentes puntos de la red interconectada mediante y el sistema que va a utilizar la BDD accede a la información sin saber dónde se encuentra físicamente.

Las características básicas de una BDD son:

- 1- Los datos deben estar almacenados en más de un nodo de la red.
- 2- Los nodos deben estar interconectados mediante una red de comunicaciones.
- 3- Los datos de la BDD deben estar lógicamente integrados en una única estructura o esquema lógico global común.
- 4- Los usuarios deben tener acceso a los datos propios (locales) y a los datos de otros nodos en forma transparente según sus perfiles.
- 5- Cada nodo puede realizar procesos locales, no puede realizar procesos de otros nodos a no ser que sea el nodo CENTRAL.

Una base de datos distribuida se compone de un conjunto de sitios o nodos, cada uno de los cuales cuenta con una base de datos local. Cada nodo puede procesar transacciones locales accediendo a datos exclusivamente locales. Además cada nodo puede ejecutar transacciones globales accediendo a datos de varios nodos a la vez.

Tiene las siguientes características:

- Cada nodo cuenta con una base de datos propia.
- Los nodos pueden trabajar en conjunto de manera de que los datos de cada nodo sea accesible como si estuvieran almacenados en forma local.
- Se debe cumplir con: compartir información, fiabilidad, disponibilidad.
- Los nodos deben estar conectados mediante una red de comunicación.

Tiene los siguientes beneficios:

- Autonomía local.
- Independencia de otro nodo.
- Operación continua.
- Independencia de fragmentación.
- Independencia de replicación.
- Procesamiento de consultas distribuidas.
- Administración de procesos distribuidos.

La necesidad de implementar una base de datos distribuida para ser accedida por una aplicación informática puede tener los siguientes factores:

- **Naturaleza distribuida de unidades organizacionales.** Muchas organizaciones actuales se dividen en varias unidades que se distribuyen físicamente por el mundo. Cada unidad requiere su propio conjunto de datos local. Así, la base de datos global de la organización se convierte en una base de datos distribuida.
- **Necesidad de intercambio de datos.** Cuando hay múltiples unidades organizativas, a menudo necesitarán comunicarse entre sí y compartir sus datos y recursos. Esto requiere bases de datos comunes o bases de datos replicadas que deberían ser utilizadas mediante sincronización.
- Soporte para procesamiento de transacciones online (OLTP) y procesamiento de analítica online (OLAP). OLTP y OLAP funcionan con sistemas diversificados que pueden tener datos comunes. Los sistemas de bases de datos distribuidas ayudan a ambos procesos proporcionando datos sincronizados.
- **Recuperación de base de datos.** Una de las técnicas comunes utilizadas en un sistema de gestión de base de datos distribuida es la replicación de datos a través de los diferentes sitios. Esta replicación de datos, automáticamente ayuda a la recuperación de datos si una base de datos fuera dañada en algún sitio. Los usuarios podrían acceder a los datos desde otros sitios mientras que la base de

datos dañada se reconstruye. Por lo tanto, un fallo en la base de datos puede llegar a ser casi imperceptible por los usuarios.

- **Soporte para múltiple aplicaciones.** La mayoría de organizaciones utilizan una gran variedad de aplicaciones de software, cada una con su base de datos específica. Un sistema de gestión de base de datos distribuida proporciona una funcionalidad uniforme al utilizar los mismos datos entre las diferentes plataformas.

Para la implementación de una base de datos distribuida es necesario contar con un gestor de base de datos distribuidas. Un sistema de administración de bases de datos distribuidas (DDBMS) es un sistema de software centralizado que gestiona y administra una base de datos distribuida como si estuviera almacenada en una sola ubicación.

Las características de una DDBMS son:

- Se usa para crear, recuperar, actualizar y eliminar bases de datos distribuidas.
- Sincroniza la base de datos periódicamente y proporciona mecanismos de acceso en virtud de los cuales la distribución se vuelve transparente para los usuarios.
- Asegura que los datos modificados en cualquier sitio se actualicen universalmente.
- Se utiliza en áreas de aplicación donde numerosos usuarios procesan y acceden grandes volúmenes de datos simultáneamente.
- Está diseñado para plataformas de bases de datos heterogéneas.
- Mantiene la confidencialidad y la integridad de los datos de las bases de datos.

Los datos distribuidos en una BDD se pueden dividir en cinco tipos básicos, como se detalla a continuación:

Datos duplicados: la replicación de datos se usa para crear instancias adicionales de datos en diferentes partes de la base de datos. Usando esta

táctica, una base de datos distribuida puede evitar el tráfico excesivo porque se puede acceder a los datos idénticos localmente.

En este tipo de sistema de datos distribuidos, las actualizaciones pueden configurarse según la importancia de que la base de datos tenga los detalles correctos momento a momento (o durante cualquier período de tiempo). Tenga en cuenta que la replicación es especialmente valiosa cuando no necesita revisiones para que aparezcan en todo el sistema de datos distribuidos en tiempo real.

Este tipo de datos facilita el suministro de datos desde cualquier sección a cualquier otra sección de la base de datos más grande si los datos de la última sección se ven comprometidos por cualquier tipo de error. Tenga en cuenta, sin embargo, que con la replicación, pueden producirse colisiones.

Datos fragmentados horizontalmente: esta categoría de distribución de datos implica el uso de claves primarias (cada una de las cuales se refiere a un registro en la base de datos). La fragmentación horizontal se usa comúnmente para situaciones en las que ubicaciones específicas de una empresa generalmente solo necesitan acceso a la base de datos correspondiente a su rama específica.

Datos verticalmente fragmentados: con la fragmentación vertical, las claves primarias se utilizan nuevamente. Sin embargo, en este caso, las copias de la clave primaria están disponibles dentro de cada sección de la base de datos (accesible para cada rama). Este tipo de formato funciona bien para situaciones en las que una sucursal de una empresa y la ubicación central interactúan con las mismas cuentas, pero quizás de diferentes maneras (como cambios en la información de contacto del cliente frente a cambios en las cifras financieras).

Datos reorganizados: la reorganización significa que los datos se han ajustado de una manera u otra, como es típico en las bases de datos de soporte de decisión. En algunos casos, hay dos sistemas distintos que manejan las transacciones y el soporte de decisiones.

Si bien los sistemas de soporte de decisiones pueden ser más difíciles de mantener técnicamente, el procesamiento de transacciones en línea

(OLTP) a menudo requiere una reconfiguración para permitir grandes cantidades de solicitudes.

Datos de esquema separado: esta categoría de datos divide la base de datos y el software utilizado para acceder a diferentes departamentos y situaciones, por ejemplo, datos de usuario frente a datos de productos. Por lo general, existe una superposición entre las diversas bases de datos dentro de este tipo de distribución.

2.7. **Equipos biomédicos, equipos médicos, dispositivos médicos, productos médicos, sus conceptos.**

Se describen las diferentes definiciones sobre equipos biomédicos, equipos médicos, dispositivos médicos, productos médicos que por su utilización en diferentes publicaciones se podrá suponer que se refieren al mismo objeto.

Equipo biomédico: Dispositivo médico operacional y funcional que reúne sistemas y subsistemas eléctricos, electrónicos o hidráulicos, incluidos los programas informáticos que intervengan en su buen funcionamiento, destinado por el fabricante a ser usado en seres humanos con fines de prevención, diagnóstico, tratamiento.

Un **equipo médico** es cualquier dispositivo usado para diagnosticar, curar o tratar una enfermedad o para prevenirla. Van desde pequeños y simples, como un medidor de glucosa en la sangre, a grandes y complejos, como un ventilador mecánico.

El equipo médico se utiliza para fines específicos de diagnóstico y tratamiento de enfermedades o rehabilitación después de una enfermedad o lesión; Se puede utilizar solo o en combinación con cualquier accesorio, consumible u otra pieza de equipo médico.

Así también, la OMS define el equipo médico como: “el dispositivo médico que exige calibración, mantenimiento, reparación, capacitación del usuario y desmantelamiento; usados para diagnosticar y tratar las enfermedades, para rehabilitar al paciente después de una enfermedad o lesión” [8].

Es de vital importancia que los equipos médicos se encuentren en óptimas condiciones para la atención del paciente, su mantenimiento oportuno, eficaz y eficiente maximiza el valor de los dispositivos médicos y es especialmente importante cuando los recursos son limitados.

Dispositivo Médico: Se entiende por dispositivo médico para uso humano, cualquier instrumento, aparato, maquina, software, equipo biomédico u otro artículo similar o relacionado, utilizado solo o en combinación, incluyendo sus componentes, partes, accesorios y programas informáticos que intervengan en su correcta aplicación, propuesta para el fabricante para su uso en [4]:

- Diagnóstico, prevención, supervisión, tratamiento u alivio de enfermedad.
- Diagnóstico, prevención, supervisión, tratamiento, alivio o compensación de una lesión o de una deficiencia.
- Investigación, sustitución, modificación o soporte de la estructura anatómica o de un proceso fisiológico.
- Cuidado durante el embarazo, el nacimiento o después del mismo, incluyendo el cuidado del recién nacido.
- Productos para desinfección y esterilización de dispositivos médicos.

La OMS (2012) indica que un dispositivo médico es un producto, instrumento, aparato o máquina usada para la prevención, el diagnóstico o el tratamiento de enfermedades y dolencias, o para identificar, medir, restaurar, corregir o modificar la anatomía o función del organismo con fines sanitarios.

Producto Medico: según la ANMAT un *producto medico* es un producto para la salud tal como equipamiento, aparato, material, artículo o sistema de uso o aplicación médica, odontológica o laboratorial, destinada a la prevención, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación o anticoncepción y que no utiliza medio farmacológico, inmunológico o metabólico para realizar su función principal en seres humanos, pudiendo entretanto ser auxiliado en su función, por tales medios.

Capítulo III

Mantenimiento de equipos biomédicos.

3. Mantenimiento de equipos biomédicos.

3.1. Situación actual en los mantenimientos.

En este capítulo se describe la organización del departamento encargado de los mantenimientos de los equipos biomédicos, y las tareas de mantenimiento que se realizan, como también los informes y resúmenes que se confeccionan para su presentación a la dirección del parque de la salud.

Se exponen los inconvenientes detectados relacionados a las tareas que se realizan y las propuestas de mejoramiento.

3.2. Funcionamiento del departamento.

La Ley de Creación del Parque de la Salud “Dr. Ramón Madariaga” sancionada en 2010, apuesta a fortalecer el nivel de alta complejidad. Propone una nueva figura jurídica que combina el sector público de salud (en su carácter de Organismo Descentralizado, tiene dependencia funcional del Poder Ejecutivo por medio del Ministerio de Salud Pública) con el sector privado (el gobierno y la administración lo ejerce una Fundación). Propone un modelo inédito en el ámbito de la salud pública en la provincia, incorporando nuevas herramientas de gerenciamiento público [55].

Los equipos biomédicos son una herramienta fundamental en todas las instituciones prestadoras de servicios de salud, para ello es necesario que los equipos se encuentren en óptimo funcionamiento de manera continua.

El mantenimiento de un equipo biomédico es un conjunto de acciones y/o intervenciones que es llevado a cabo por técnicos para conservarlos en condiciones óptimas de productividad y seguridad.

Los equipos biomédicos se encuentran distribuidos en todo el parque de la salud, contando con un total aproximado de 3.300 equipos de diferentes complejidades los cuales por su uso continuo, manejo inadecuado o por falta de mantenimientos preventivos sufren

fallas, quedan en espera de repuestos o no son reparables por falta de repuestos o por costos de reparación elevados con respecto a la reposición de dicho equipo.

En diciembre del año 2013 se promulgo la Ley 26.906 [43] que refiere a “Régimen de trazabilidad y verificación de aptitud técnica de los productos médicos activos de salud en uso” y se establecen tres objetivos que son:

- Establecer el régimen de trazabilidad de los productos médicos activos.
- La trazabilidad metrológica de los mismos.
- La creación o fortalecimiento de los servicios de tecnología Biomédica en todo el territorio de la República Argentina.

Además, se fijan las definiciones de cada categoría; los tipos, clasificación e identificación de los productos médicos activos.

Para el mantenimiento de los equipos biomédicos existentes en el parque de la salud se contrató una empresa externa que funciona dentro del parque de la salud, denominada “Bioingeniería”, que depende directamente del Ministerio de Salud de la provincia de Misiones.

Este departamento es el encargado de gestionar y controlar la totalidad de los equipos biomédicos instalados en el parque, realiza el mantenimiento de los equipos y para esto cuenta con personal especializado que se encuentra organizado funcionalmente según se puede observar en la figura 7.

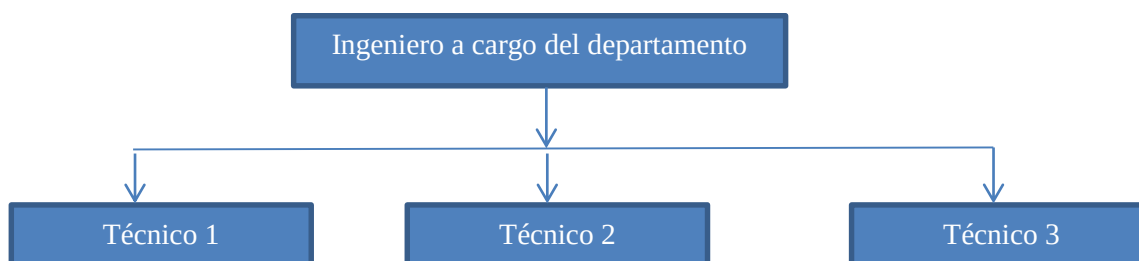


Figura 7 – Organigrama del departamento "Bioingeniería". Fuente: Elaboración propia.

Las funciones del personal son las siguientes:

- Ingeniero encargado del departamento:
 - Encargado de dirigir y organizar las tareas de los técnicos en los procesos de mantenimiento de equipos biomédicos.
 - Indicar el procedimiento correcto para la reparación de un equipo biomédico.
 - Asesorar en las áreas administrativas sobre los cuidados que se deben tener al operar cada equipo.
 - Controlar la asistencia y disponibilidad del personal a su cargo.
 - Solicitar repuestos a los proveedores de los equipos.

- Técnicos electrónicos:
 - Conocimiento de las operaciones de cada equipo biomédicos y sus funciones en los servicios donde se encuentran.
 - Enseñar el funcionamiento de los equipos a los operadores y/o médicos.
 - Realizan las tareas de mantenimientos preventivos y correctivos a todos los equipos biomédicos del parque de la salud.
 - Registrar en planillas las reparaciones realizadas.

El proceso de mantenimientos de los equipos biomédicos se realiza como se visualiza en el diagrama de flujo indicado en la figura 8 registrando en cada punto la fecha y hora de realización.

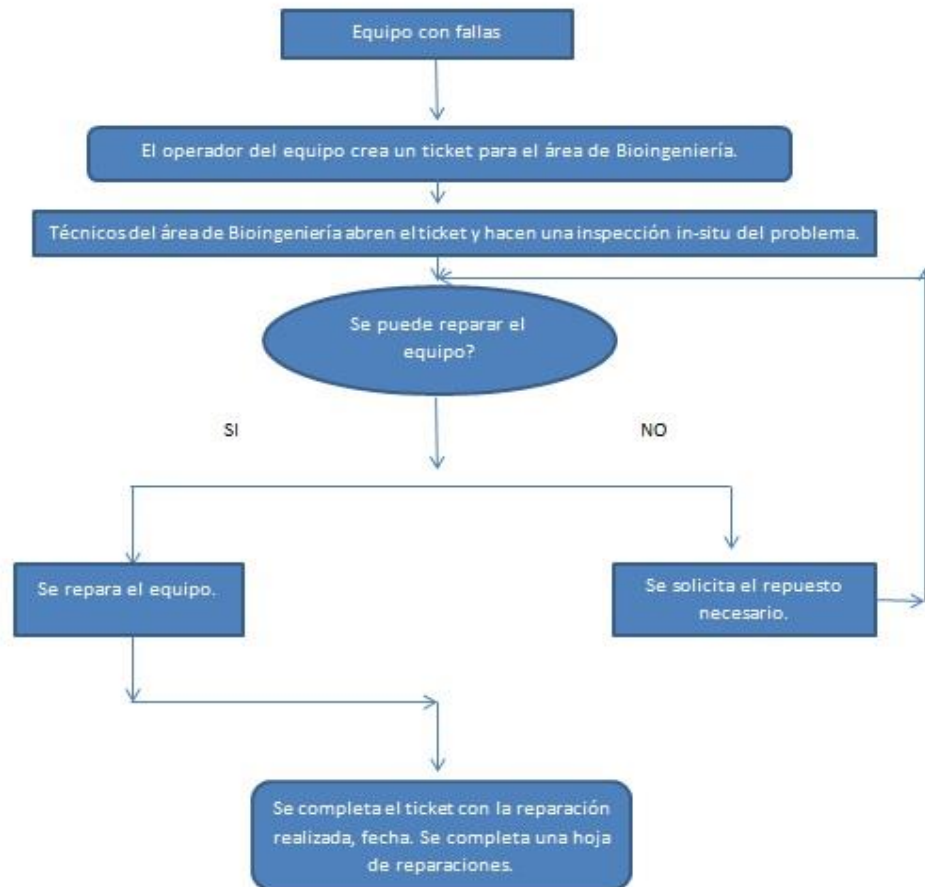


Figura 8 – Esquema de generación de ticket para pedidos de reparación.

Fuente: Elaboración propia.

Los pasos que se realizan desde la solicitud de mantenimiento hasta su reparación y registro de reparación son los que se describen a continuación:

- Paso 1: El medico u operador del equipo biomédico detecta una falla en el mismo o detecta su no funcionamiento, a continuación crea un ticket mediante un software intranet cerrado (empaquetado) llamado “GTICKET”, el cual genera una solicitud de mantenimiento o reparación para el departamento de “Bioingeniería” en una pantalla como se ve en la figura 9.

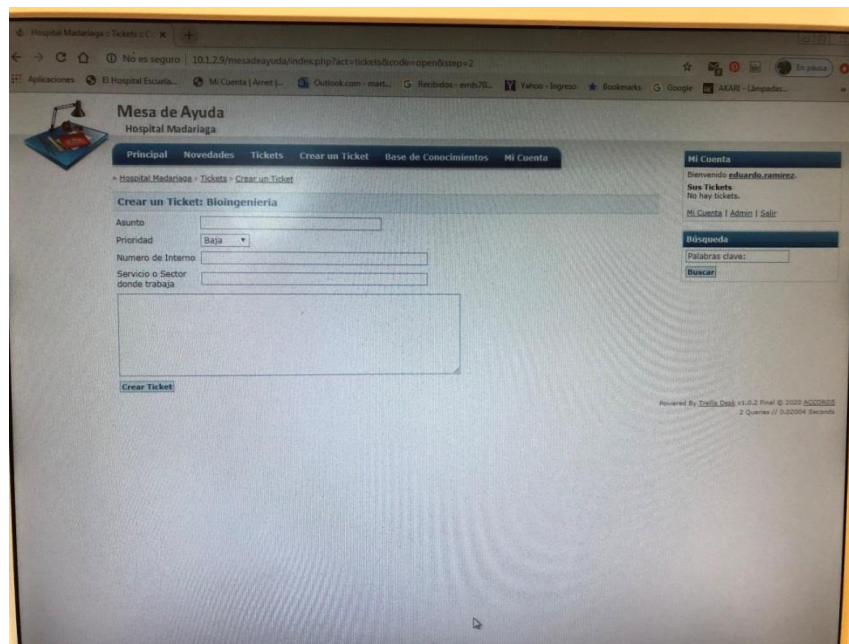


Figura 9 – Carga de alta de ticket. Fuente: Elaboración propia.

- Paso 2: El departamento de “Bioingeniería” mediante el software “GTICKET” visualiza los tickets nuevos que ingresan al sistema mediante una pantalla como se ve en la figura 10.
- Paso 3: Un técnico del departamento de “Bioingeniería” analiza el ticket recibido con los datos aportados en el mismo y realiza en caso necesario una llamada telefónica al departamento que genere el ticket para que le detallen el tipo de falla y en qué equipo específico es el problema pues no existe una relación entre el ticket y el equipo específico dentro del parque de equipos del centro de salud.

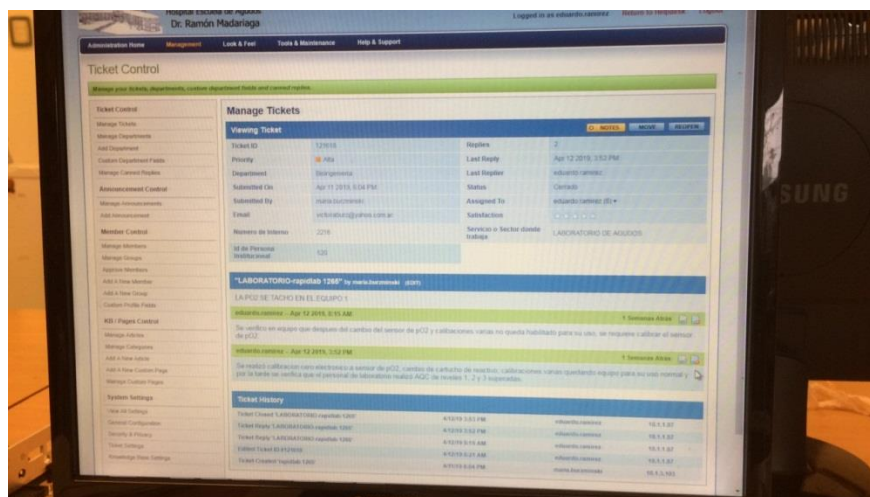


Figura 10 – Visualización de Solicitud de reparación. Fuente: Elaboración propia.

- Paso 4: El mismo técnico que visualizó el ticket se dirige al departamento donde se encuentra el equipo y realizan una revisión del mismo. Si puede repararlo realiza la reparación o en caso de necesitar un repuesto para su reparación retira el equipo con falla, lo etiqueta con la falla detectada dejándolo en el departamento de “Bioingeniería” como se ve en la figura 11 y solicita al Ing. encargado del departamento para que realice el pedido al proveedor del equipo.
- Paso 5: Recibido el repuesto requerido, se realiza la reparación del equipo y se lo lleva al departamento de donde fue traído para su utilización.
- Paso 6: A partir de la reparación del equipo, el técnico completa el ticket con la reparación realizada detallando en una hoja de reparaciones:
 - Identificación del equipo.
 - Falla detectada.
 - Fecha de detección de falla.
 - Fecha de reparación.
 - Técnico que atendió.
 - Repuestos utilizados.
 - Estado en cómo queda el equipo.



Figura 11 – Departamento de “Bioingeniería”. Fuente: Elaboración propia.

- Paso 7: El técnico registra en el sistema “GTICKET” la reparación realizada y cierra el ticket de solicitud de reparación indicando fecha y hora de reparación.
- Paso 8: Se rellena una hoja de reparación con todos los datos referidos a la reparación realizada y se guarda la hoja en carpetas organizadas por año vigente.

Mensualmente el departamento de “Bioingeniería” debe presentar un informe estadístico sobre los mantenimientos preventivos y correctivos asociados a los números de ticket de solicitud realizadas, ubicación del equipo atendido, nombre del equipo y fecha de realización como una condición establecida por contrato para el mantenimiento de los equipos biomédicos.

El parque de la salud “Dr. Ramón Madariaga” en los últimos años ha aumentado la adquisición de equipos biomédicos, lo cual ha aumentado los riesgos de fallas de funcionamiento de los equipos por su uso incorrecto o fallas de fábrica.

3.3. Resumen de los problemas detectados.

A cargo del departamento se encuentra un ingeniero electrónico, el cual tiene toda la responsabilidad de las tareas técnicas como las tareas administrativas, evidenciando una sobrecarga en las tareas y una mínima planificación diaria y futura de los trabajos a realizar, de la identificación de los procesos y las responsabilidades y funciones de cada técnico del departamento.

Las reparaciones de los equipos biomédicos las realizan los técnicos electrónicos del departamento de “Bioingeniería”, los cuales se distribuyen las tareas según se visualiza en la figura 12, en la cual se indican los rangos de horarios que cubren los técnicos según el día de la semana, y se aprecia un horario donde solamente se cuenta con una guardia telefónica que permite en caso de urgencias, movilizarse hasta el parque de la salud para realizar la reparación requerida.

horario	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
0 hs. a 6 hs.	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica
7 hs.	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1 / GRUPO 2	Guardia Telefonica
8 hs.	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1 / GRUPO 2	Guardia Telefonica
9 hs.	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1 / GRUPO 2	Guardia Telefonica
10 hs.	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1 / GRUPO 2	Guardia Telefonica
11 hs.	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1	GRUPO 1 / GRUPO 2	Guardia Telefonica
12 hs.	GRUPO 1 / GRUPO 2	GRUPO 1 / GRUPO 2	GRUPO 1 / GRUPO 2	GRUPO 1 / GRUPO 2	GRUPO 1 / GRUPO 2	GRUPO 1 / GRUPO 2	Guardia Telefonica
13 hs.	GRUPO 1 / GRUPO 2	GRUPO 1 / GRUPO 2	GRUPO 1 / GRUPO 2	GRUPO 1 / GRUPO 2	GRUPO 1 / GRUPO 2	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica
14 hs.	GRUPO 1 / GRUPO 2	GRUPO 1 / GRUPO 2	GRUPO 1 / GRUPO 2	GRUPO 1 / GRUPO 2	GRUPO 1 / GRUPO 2	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica
15 hs.	GRUPO 1 / GRUPO 2	GRUPO 1 / GRUPO 2	GRUPO 1 / GRUPO 2	GRUPO 1 / GRUPO 2	GRUPO 1 / GRUPO 2	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica
16 hs.	GRUPO 2	GRUPO 2	GRUPO 2	GRUPO 2	GRUPO 2	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica
17 hs.	GRUPO 2	GRUPO 2	GRUPO 2	GRUPO 2	GRUPO 2	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica
18 hs.	GRUPO 2	GRUPO 2	GRUPO 2	GRUPO 2	GRUPO 2	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica
19 hs.	GRUPO 2	GRUPO 2	GRUPO 2	GRUPO 2	GRUPO 2	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica
20 hs.	GRUPO 2	GRUPO 2	GRUPO 2	GRUPO 2	GRUPO 2	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica
21 hs. a 24 hs.	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica	Guardia Telefonica

Figura 12 – Planilla de distribución de horarios del personal.

Fuente: Elaboración propia.

Las solicitudes de reparación de equipos se realizan mediante la creación de un ticket en una aplicación específica como se explicó anteriormente, las reparaciones de los equipos se registran en planillas electrónicas internas del departamento y en planillas en hojas de papel, luego se debe realizar el cierre del ticket de solicitud de reparación en la aplicación inicial. Todas estas registraciones de solicitud y reparación de los equipos no se encuentran integradas una unidad de información, por lo que obtener un estado actual o historial de los equipos requiere rescatar información de varias fuentes de registración.

Para confeccionar el informe mensual de mantenimientos y reparaciones se debe extraer la información de las planillas en papel confeccionadas en cada mantenimiento

preventivo y correctivo lo que conlleva un tiempo considerable y una tarea administrativa que requiere aproximadamente 10 horas hombre mensualmente.

Tomando la información de las planillas de mantenimientos correctivos realizadas en el año 2018 se confecciono un gráfico de porcentajes del índice de mantenimientos preventivos y correctivos obteniéndose el grafico de la figura 13.

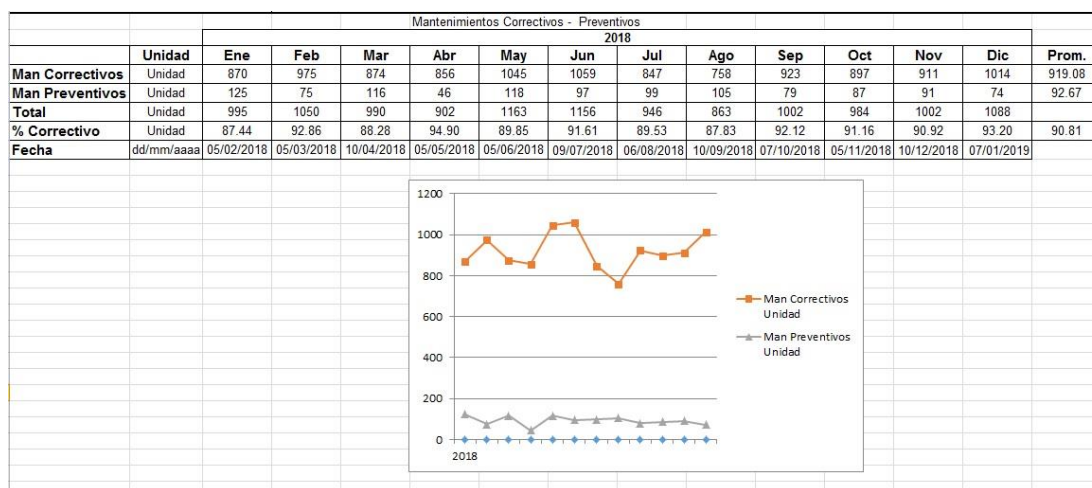


Figura 13 – Mantenimientos preventivos – correctivos 2018.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede visualizar en la figura 13 que la cantidad de mantenimientos correctivos supera ampliamente a los mantenimientos preventivos en el transcurso de un año indicando que los equipos sufren averías frecuentes, disminuyendo su vida útil, generando mayores gastos en adquisición de repuestos y en tiempo ocioso del equipo.

Las inspecciones de funcionamiento aseguran que el equipo funciona correctamente; las inspecciones de seguridad, que el equipo es seguro tanto para los pacientes como para quienes los manejan, y el mantenimiento preventivo (MP) se realiza con el fin de prolongar la vida útil de los equipos y reducir la frecuencia de desperfectos. Además, en una inspección programada pueden salir a la luz algunos problemas ocultos [14].

Bajo estas premisas y evaluando los mantenimientos preventivos y correctivos que se realizan en el departamento según se visualiza en la figura 13, se evidencia que los

mantenimientos correctivos son tal elevados por la correspondiente falta de mantenimientos preventivos necesarios para disminuir las fallas en los equipamientos y esto es por no tener una programación de mantenimientos preventivos y por no tener suficiente tiempo en mano de obra para realizarlos ya que los mantenimientos correctivos son los requeridos conocido también por mantenimiento reactivo o “funcionar hasta que se rompa”.

El objetivo del mantenimiento preventivo es proporcionar una metodología del mantenimiento que permita el tiempo máximo de funcionamiento de los equipos biomédicos, con un costo y un esfuerzo mínimos y con la máxima calidad. Con un programa de mantenimiento preventivo se deben asegurar que se cumplan los mantenimientos preventivos y las reparaciones rápidas.

En la actualidad se hace necesario que la gestión de una organización en Salud debe comprender la gestión de la calidad entre otras disciplinas de gestión. La implementación de un SGC en Ingeniería en Salud es una necesidad que trae muchos beneficios para los pacientes [56].

La importancia de implementar un SGC en el mantenimiento de los equipos biomédicos es incrementar la producción, reducir tiempos de falla y los costos de reparación o reemplazo de los activos del parque de la salud, por lo cual esto puede lograr llegar a reducir hasta un 80% del costo.

Para la prestación de servicios y productos con altos estándares de calidad, se genera el SGC, definido por la norma ISO 9001:2015. Un SGC comprende actividades mediante las cuales la organización identifica sus objetivos y determina los procesos y recursos recorridos para lograr los resultados deseados.

Un SGC proporciona los medios de identificar las acciones para abordar las consecuencias previstas y no previstas en la provisión de productos y servicios.

Se pretende diseñar un sistema de gestión de la calidad basándose en el análisis de la norma ISO-9001:2015, de tal forma se garantice la futura integración de la certificación que permita avalar excelencia en sus servicios, dando seguridad y confianza a los usuarios de los equipos médicos y a los pacientes.

La gestión de calidad es la forma como una empresa u organización administra la calidad mediante varias normas, así como la información existente ya sea procedimientos, registros, instrucciones etc. Por lo que el término está relacionado con lo que la empresa

haya decidido para controlar sus procesos y de esta manera basándose en las normativas y leyes vigentes para el desarrollo óptimo de sus procesos [57].

Capítulo IV

Proceso de reingeniería

4. Proceso de reingeniería.

Con las normas establecidas en la Ley XVII N° 70 del año 2010, consolidada su normativa en el año 2020, que en su artículo 3, punto 5 refiere a los procesos de Actualización y Mantenimiento de todos los bienes muebles e inmuebles, estructuras edilicias, aparatología, instrumental, software y hardware informático, materiales e insumos médicos, farmacológicos, hospitalarios, en condiciones adecuadas de funcionamiento, deposito, conservación y reserva [2], en este capítulo se exponen los pasos a seguir para realizar una reingeniería de los procesos que se realiza en el parque de la salud “Dr. Ramón Madariaga” en las tareas de mantenimiento de los equipos biomédicos de manera de cumplimentar las normativas.

4.1. **Inventario y categorización de equipos existentes.**

Como primera medida y para presentar un estado actual de los equipos biomédicos existentes, se procedió a realizar un inventario de todos los equipos en cada departamento del parque de la Salud, cumplimentando la directiva de la OMS en el ciclo de gestión de las tecnologías sanitarias como se ve en la figura 2 sobre inventarios de equipos biomédicos. Para que el inventario sea eficaz debe mantenerse y actualizarse continuamente reflejando la situación actual de cada equipo.

Las metas definidas por la OMS en el marco de una GTS a cumplir son:

- 1- Un inventario de equipos médicos ofrece una evaluación técnica de la tecnología disponible, con información sobre el tipo, cantidad, y sobre su situación operativa actual.
- 2- El inventario proporciona la base para una gestión eficaz de los activos, facilitando la programación del mantenimiento preventivo y el seguimiento de las tareas de mantenimiento, reparaciones, alertas y órdenes de baja de equipos.
- 3- El inventario puede aportar información financiera para respaldar evaluaciones económicas y presupuestarias.

- 4- El inventario es la base imprescindible para organizar un departamento eficaz de GTS. En el marco general del inventario de equipos se crean, gestionan y mantienen elementos como historiales y cuadernos de uso de los equipos, manuales de uso y reparación, y procedimientos e indicadores de análisis y aseguramiento de la calidad. Por otra parte, los inventarios de accesorios, material fungible y repuesto se vinculan directamente con el inventario principal de equipo médico.

A partir del inventario de los equipos biomédicos existentes se puede determinar que equipos deben ser considerados para la realización de mantenimientos, para ello se debió registrar e identificar cada equipo con su información relevante, utilizando la nomenclatura UMDNS establecida por el ECRI⁵ Institute y los datos que se deben incorporar como son:

- Institución donde se encuentra.
- Sector que utiliza el equipo.
- Marca
- Modelo
- Ubicación física
- Servicio donde se utiliza
- Descripción del equipo/función/finalidad.
- Nro. De inventario institucional.
- Nro. de catálogo o modelo otorgado por el fabricante.
- Nro. De serie del fabricante.
- Numero de control interno.
- Fecha de fabricación.
- Fecha de compra.
- Fecha de vencimiento de la garantía del fabricante.
- Fecha de instalación.
- Responsable patrimonial.
- Fabricante del equipo.
- Proveedor del equipo.
- Estado operativo actual del equipo.

⁵ ECRI: Emergency Care Research Institute.

- Tipo de alimentación eléctrica.

Se categorizó a cada equipo dándole la pertenencia a:

- Institución a la que pertenece.
- Grupos según nivel de riesgo del equipo.
- Servicio donde se encuentra.
- Sector del servicio donde se encuentra.
- Prioridad en su disponibilidad.

Se categorizo a todos los equipos biomédicos para establecer su inclusión en el inventario, y para ello se utilizó el modelo de Fennigkoh y Smith para el establecido en el Apéndice A del manual “Introducción a la gestión de inventarios de equipos médicos” de la OMS [29].

Este modelo utiliza una fórmula para determina el Número de Gestión (GE) basado en la función del equipo (F) figura 14, riesgo sobre el paciente (R) figura 15 y los requerimientos de mantenimiento (M) figura 16 que se expresa:

$$GE = \text{función (F)} + \text{riesgo (R)} + \text{mantenimiento requerido (M)}$$

Los dispositivos con un numero GE de 12 o más se incluyen en el inventario.

Los dispositivos con un numero GE inferior a 12 no se incluyen en el inventario.

La figura 14 refleja las diversas áreas en los que se usan los equipos terapéuticos, diagnósticos, analíticos y otro tipo.

Categoría	Función del equipo	Puntos
Terapéutico	Soporte de vida	10
	Cirugía y cuidados intensivos	9
	Terapia física y tratamiento	8
Diagnóstico	Monitoreo quirúrgico y de cuidados intensivos	7
	Otros equipos para el monitoreo de variables fisiológicas y el diagnóstico	6
Analítico	Laboratorio analítico	5
	Accesorios de laboratorio	4
	Sistema de cómputo y equipos asociados	3
Varios	Equipos relacionados con los pacientes y otros equipos	2

Figura 2 – Tabla de funciones. Fuente: [14]

La figura 15 refleja las posibles consecuencias para el paciente, usuarios y/o el equipo durante su uso.

Descripción del riesgo de uso	Puntos
Posible muerte del paciente	5
Posible lesión del paciente o el usuario	4
Terapia inapropiada o falso diagnóstico	3
Daños en el equipo	2
No se detectan riesgos significativos	1

Figura 3 – Tabla de riesgos. Fuente:[14].

La figura 16 describe el grado y frecuencia de mantenimiento necesario en base a las indicaciones del fabricante o de su experiencia.

Requerimientos de mantenimiento	Puntos
Extensivo: calibración de rutina y reemplazo de partes	5
Superiores al promedio	4
Promedio: verificación del desempeño y pruebas de seguridad	3
Inferiores al promedio	2
Mínimos: inspección visual	1

Figura 4 – Tabla de requerimientos. Fuente:[14].

Mediante esta categorización se obtuvo una lista de 2971 equipos biomédicos del total del parque de la salud que son considerados de importancia para el mantenimiento preventivo y correctivo a cargo del departamento “Bioingeniería”.

4.2. Análisis de las tareas de mantenimiento y reparación.

Un programa eficaz de mantenimiento de equipos médicos exige planificación, gestión y ejecución adecuadas. En la planificación se toman en cuenta los recursos financieros, materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente las tareas de mantenimiento. Una vez definido el programa, se examinan y gestionan continuamente los aspectos financieros, relativos al personal y operativos para garantizar que el programa se

mantiene sin interrupciones y que se realizan las mejoras necesarias. En última instancia, la ejecución apropiada del programa es esencial para garantizar el funcionamiento óptimo de los equipos [3].

El programa de mantenimiento debe esforzarse por llevar registros exactos tanto en lo que hace a la lista completa de equipos que requieren mantenimiento como a la información detallada del trabajo específico que se realizó. Dos buenos métodos para llevar los registros son: usar un sistema computarizado de gestión del mantenimiento bien organizado para imprimir los procedimientos correctos para cada tarea programada, y un buen sistema de anotaciones y codificación para registrar los resultados de la inspección y el mantenimiento preventivo (para el control de la calidad y el análisis de productividad) [3].

En principio para realizar un análisis y mejoramiento de los procesos debemos entender que es un proceso, de acuerdo a la norma ISO 9001 un proceso es un conjunto de actividades interrelacionadas que se ejecutan para transformar elementos de entrada en resultados. Apoyándose en esta definición, se concluye que el enfoque basado en procesos recalca que los resultados deseados se logran más eficientemente ejerciendo simultáneamente control sobre el conjunto de actividades. Al entender cómo el sistema de gestión de la calidad produce los resultados, incluyendo todos sus procesos, recursos, controles e interacciones, la organización logra optimizar su desempeño [58].

El enfoque a procesos implica:

- Definir de forma sistemática las actividades que componen el proceso.
- Identificar la interrelación con otros procesos.
- Definir todas las responsabilidades con respecto al proceso.
- Analizar y medir los resultados de la capacidad y eficiencia del proceso.
- Centrarse en los recursos y métodos que permiten la mejora del proceso.

El tener un control sobre los procesos individuales y sus relaciones dentro del sistema de procesos se puede inferir que resultados se obtienen en cada uno de los mismos y cómo influyen cada uno al logro de los objetivos generales de la empresa. A raíz del análisis de los resultados de los procesos, se permite, además, central y priorizar las oportunidades de mejora.

Para determinar la funcionalidad del sistema utilizado para solicitar la reparación de un equipo biomédico y cumplimentando las directivas de la OMS en su documento técnico “Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos” Anexo H.4 donde indica: “Trabajar en estrecha colaboración con el personal clínico y realizar encuestas de satisfacción del cliente”, se realizó una encuesta de satisfacción sobre el proceso de solicitudes de reparación a los directores de las diferentes áreas y a los operadores de los equipos biomédicos.

La encuesta se dividió en base a los tres factores claves para la planificación del mantenimiento según se visualiza en la figura 5 que son:

- Inventario.
- Metodología de la gestión.
- Recursos.

Los resultados y conclusiones obtenidas de la encuesta realizada se pueden destacando los siguientes puntos que se consideraron a mejor:

- La expresión de la falla que presenta el equipo a ser reparado es subjetiva a la visión del operador que realiza la solicitud de reparación.
- Luego de emitido el ticket de solicitud de reparación, el operador no es informado y no sabe el tiempo en que el equipo estará nuevamente disponible.
- Reparado el equipo, el operador no revisa el ticket finalizado para ver la causa del problema o si tiene que tener cuidado en algunas de las tareas que realiza con el equipo para evitar futuras fallas.
- El técnico que realiza el mantenimiento de los equipos no siempre es el mismo y no conoce a fondo los problemas específicos del equipo en reparación y los problemas anteriores de dicho equipo.
- Los operadores de los equipos no cuentan con capacitación suficiente para el buen uso del equipo.

Se analizó la forma de trabajo que realiza el personal del departamento de “Bioingeniería” encargada de las tareas de mantenimientos preventivos y correctivos de los equipos biomédicos en base a los resultados de la encuesta realizada.

Los puntos a mejorar en la tarea de mantenimiento son:

- Un equipo específico no tiene asignado un personal técnico encargado, sino que lo realiza el técnico que recibe ese requerimiento sin considerar la experiencia que puede tener el técnico sobre ese equipo específico por fallas y reparaciones anteriores.
- Los equipos biomédicos no cuenta con procesos y procedimientos en la gestión de mantenimientos preventivos programados en los periodos recomendados por los fabricantes, estos se realizan cuando es posible y no cuando deberían ejecutarse y los mantenimientos se realizan sin tener claras las especificaciones físicas y funcionales con actividades de mantenimiento que en ocasiones no corresponde.
- El personal técnico no dispone de suficiente capacitación referida específicamente a los diferentes equipos biomédicos que deben mantener.
- Los mantenimientos preventivos no se realizan en tiempo y forma y no se tiene ningún control de la periodicidad de los mantenimientos requeridos por el proveedor del equipo.
- En caso de realizar un mantenimiento preventivo, cada mantenimiento se registra en una planilla en papel y se guarda en una carpeta de mantenimientos con muchas dificultades para poder consultar un historial de mantenimientos a lo largo del tiempo, las fallas más frecuentes, los equipos que presentan más fallas, los técnicos que atendieron, cantidad atendida mensualmente, la periodicidad de las fallas recurrentes, inclusive no se registra la necesidad de los repuestos más frecuentemente utilizados.
- Se cuenta con un listado de equipos del parque de la salud en planillas Excel identificados por su ubicación, marca y modelo sin tener acceso rápido a esta información.

En conclusión el trabajo de mantenimiento no se lleva a cabo en forma adecuada y ordenada, no se aprovecha la experiencia que adquiere el técnico al realizar el mantenimiento de los equipos que tienen similares características, se realizan reparaciones que podrían haberse detectado con su correspondiente mantenimiento preventivo.

Esto conlleva a tener al personal médico descontento e inseguro con los equipos biomédicos que utiliza lo que provoca que la calidad de atención al paciente tienda a ser deficiente y no cumplir con los estándares de habilitación de los servicios.

4.3. Informatización del inventario.

Un inventario es una descripción detallada de los activos que posee una organización o institución identificando todos los equipos que la conforman, pero existen otros eventos que aportan información muy relevante y útil a la hora de realizar los mantenimientos como ser mantener un inventario de las refacciones es también un componente importante para garantizar el funcionamiento seguro y eficaz de los equipos biomédicos. Este tipo de inventario proporciona información sobre los repuestos que se debe disponer ya que sufren desgaste continuo y deben ser sustituidos periódicamente.

Se realizaron charlas con el ingeniero encargado del departamento y con los técnicos que realizan las tareas de mantenimiento solicitándole sus consideraciones para mejorar las tareas en base a la experiencia adquirida referida a las necesidades de información de los equipos biomédicos se obtuvo una serie de requerimientos necesarios como elementos utilizables para la creación de un SGC.

Los requerimientos obtenidos son:

- Que contenga la información completa de cada equipo biomédico estableciendo un padrón de equipamientos biomédicos que permita:
 - Administración del padrón de equipos biomédicos.
 - Altas-Modificaciones-Bajas inventariadas.
 - Listado de repuestos de cada equipo.
 - Stock de repuestos.
 - Manuales en línea de cada equipamiento.
 - Estadísticas de equipos reparados.
- Que contenga todo el personal asignado al mantenimiento de equipos biomédicos.
- Que se pueda realizar una programación anual del mantenimiento por equipo y que el software informe diariamente los manteamientos que se deben realizar según la programación establecida.

- Que rescate y visualice los tickets recibidos para reparaciones de equipos biomédicos de los diferentes departamentos emitidos por los operadores de los equipos.
- Que permita asignar en los tickets los equipos del padrón de equipos que requieren reparación identificando inequívocamente.
- Que contenga un padrón de los proveedores de los equipos biomédicos con toda la información necesaria de los proveedores.
- Que emita planillas exigidas para el cumplimiento de la Norma ISO 9001: 2015 para su acreditación e información.
- Documentar todos los procedimientos de mantenimiento y reparación de equipos.
- Permita la entrega de reportes mensuales con la información solicitada por la Alta Dirección del Parque de la Salud, lo que no sólo permitirá una adecuada organización, administración y toma de decisiones según la información, sino también influenciar positivamente en la imagen institucional de la organización.
- Que tenga un sistema de mensajería interna para transmitir necesidades diarias no cumplidas en el horario destinado y compartir experiencias entre los usuarios de la aplicación informática.
- Que la aplicación informática permita integrar los ticket emitidos por los operadores de los equipos, los mantenimientos preventivos realizados y las reparaciones realizadas a cada equipo biomédico.

Estas premisas serán consideradas para el desarrollo de una herramienta TIC⁶ en apoyo a las tareas de mantenimiento dentro de la reingeniería de los procesos.

4.4. Optimización del departamento.

El departamento de “Bioingeniería” en el parque de la salud “Dr. Ramón Madariaga” es el encargado de la planificación, organización, dirección, control y ejecución de las actividades y recursos necesarios para la realización del mantenimiento de los equipos biomédicos, es un área de suma importancia y su gestión requiere constantes optimizaciones en sus procesos de planeación, incorporación, instalación, puesta en

⁶ TIC: Tecnologías de la información y la comunicación.

marcha, uso, mantenimiento, control y bajas de equipos biomédicos, lo que en su conjunto y desarrollo sistemático se define como Gestión de Equipos Médicos (GEM).

La Gestión de Mantenimiento en los equipos médicos se hace cada vez más importante en el mundo debido al aumento en la demanda de servicios médicos hospitalarios, los altos costos de la tecnología médica, su constante crecimiento y evolución, la necesidad de mejorar procesos para ser más competitivos y los requerimientos de aumentar la seguridad del paciente y del usuario del equipo [59].

La OMS reconoce la importancia de la implementación de las Evaluaciones de Tecnologías Sanitarias (ETS) en la gestión de tecnología biomédica debido al impacto de carácter económico en la adquisición de los equipos y la seguridad del paciente en mantener en óptimo funcionamiento la tecnología biomédica por parte de las instituciones prestadoras de salud.

El proceso de optimización no se basa solamente en mayor inversión en los equipos biomédicos disponibles, se debe evitar subutilización, se debe supervisar la instalación para evitar vicios ocultos, contemplar recursos para las tareas de mantenimiento programadas y reparaciones, capacitar al personal técnico, generar inventarios funcionales, dar de baja los equipos biomédicos cuya reparación requiere mayor erogación que la compra de un nuevo equipo, todo estos conceptos conllevan a mejorar la atención médica, la seguridad y eficacia que el paciente requiere.

La reingeniería realizada en el departamento “Bioingeniería” para la optimización de sus procesos se realizó cumplimentando las siguientes fases:

- Análisis de los recursos humanos utilizados para las tareas del departamento.
- Recopilar información y observar formas de trabajo.
- Identificar actividades que se realizan en forma manual.
- Identificar los procesos y sub-procesos que se realizan para el mantenimiento de los equipos biomédicos:
 - ¿Cómo se reciben los pedidos de mantenimiento?
 - ¿Quiénes realizan los mantenimientos?
 - ¿Qué información se registra sobre los mantenimientos?

- Análisis de la información que se tiene al momento de iniciar una tarea de mantenimiento preventivo.
- Análisis de la información que se tiene al momento de iniciar una tarea de mantenimiento correctivo.
- Desarrollo e implementación de una herramienta TIC en apoyo a las tareas de mantenimiento.
- Incorporación a la herramienta TIC de informes detallados sobre las tareas que se realizan diariamente.

En el estudio de las gestiones realizadas por el departamento de “Bioingeniería” primeramente se analizó los recursos humanos disponibles para las tareas diarias y en base a que la mayor parte de las tareas se centran en el mantenimiento correctivo de los equipos biomédicos, el personal disponible es aceptable, pero se descuida la realización de los mantenimientos preventivos.

Cuando se habla de activos físicos, es fundamental establecer una verificación que conlleve la observación, la predicción, las recomendaciones de fabricante, la legislación y la seguridad del paciente, ya que de esta manera se puede definir una periodicidad de mantenimiento preventivo para estos elementos y lograr una reducción de fallas y sus derivaciones [59].

Los mantenimientos que se realizan en el parque de la salud, que en su mayoría son correctivos, se registran en planillas en papel que son guardadas en carpetas, no disponiendo de información rápida referente a las reparaciones.

Las planillas de reparaciones fueron analizadas, y se detectó que la registración de los mantenimientos presenta las siguientes dificultades:

- Identificación de los equipos atendidos en forma errónea.
- Desconocimiento las reparaciones anteriores realizadas a los equipos.
- No se realizan mantenimientos preventivos basados en una programación establecida por el fabricante del equipo.
- Desconocimiento de la vida útil de los equipos.
- Falta de establecimiento de normas operativas para el mantenimiento diario de la información.
- Los técnicos no adquieren experiencia en grupos específicos de equipos biomédicos ya que las reparaciones las realiza el técnico que recibe el pedido.

Un problema que se ha evidenciado de que la industria suele delegar la responsabilidad gerencial de su función mantenimiento en ingenieros técnicos (mecánicos, eléctricos, instrumentales, civiles...) dependiendo de la infraestructura y los procesos que caracterizan cada organización, el problema es que la formación técnica excluye, en sus perfiles, el conocimiento administrativo que les permitiría aprovechar esas herramientas que brindan los modelos gerenciales hace tanto tiempo y en constante evolución y que de alguna manera operan en cada organización y deben conversar gerencialmente con la función mantenimiento, pero que son desconocidas por sus actuales gerentes. [60]

Se identificó una carencia de tiempo y organización administrativa en las tareas diarias por parte del Ingeniero a cargo del departamento ya que su principal atención se centra en los aspectos técnicos de las reparaciones por lo que se propuso modificar el organigrama funcional incorporando al staff un Gerente administrativo quien se encargaría de organizar y controlar las tareas administrativas, controlar y agilizar las gestiones para el mantenimiento preventivo y gestionar los tiempos de los técnicos para las reparación de los equipos biomédicos.

Se realizó un análisis del proceso de solicitud de reparaciones por parte de los operadores de los equipos, específicamente se observó que el software “GTICKET” utilizado para realizar las solicitudes presenta las siguientes carencias:

- Identificación específica de cada equipo biomédicos.
- No cuenta con procesos de mantenimientos preventivos programados.
- No cuenta con un historial de reparaciones por equipo.
- No cuenta con estadísticas de reparaciones por personal.

En los establecimientos sanitarios más modernos, la cantidad de equipos médicos y de incidentes es tan grande que solo se puede almacenar y organizar la información mediante un sistema informático [14].

En la actualidad, para optimizar los recursos disponibles en un hospital es necesario contar con herramientas que ayuden a mejorar la gestión de tecnología médica debido a los grandes avances que están ocurriendo en el campo de la medicina.[61]

Por lo expuesto se estableció desarrollar una aplicación informática que incorpore estas carencias detectadas.

Debido a que el software “GTICKET” es utilizado en todo el parque de la salud para diferentes gestiones administrativas y se continuara usándolo para generar las solicitudes de reparaciones. Se comenzando con la capturar de los ticket emitidos en el

software “GTICKET” e incorporarlos a la aplicación informática de manera de tener integrado en un solo sistema las solicitudes de reparación emitidos por los operadores y las atenciones de mantenimiento preventivo y correctivo realizadas a los equipos de manera de que se pueda contar con todas las solicitudes en forma integrada, los mantenimientos preventivos y las reparaciones logrando un historial de atenciones de cada uno de los equipos del parque de la salud.

Para integrar las solicitudes que crean los operadores de los equipos con la aplicación informática se utilizó una opción disponible del software “GTICKET” que envía un correo a un destinatario seleccionado al momento en que se genera el ticket, la cual serviría para incorporar en forma automática todos los tickets emitidos a una tabla de manera de poder consultar dichos tickets desde la aplicación informática a desarrollar, para lo cual se creó un correo destino nuevo llamado:

Email: bioingeniería_misiones@gmail.com

Se reenvió los tickets enviados al departamento de “Bioingeniería” al correo creado al efecto para poder capturarlos e integrarlo a la aplicación software.

Se creó un servicio “GTATABLA” que trabajara en segundo plano y se encargara de incorporar a una tabla llamada “CORREO_RECIBDO”, los correos enviados al departamento donde se reciben todos los tickets de solicitudes de reparación como se ve en la figura 17.

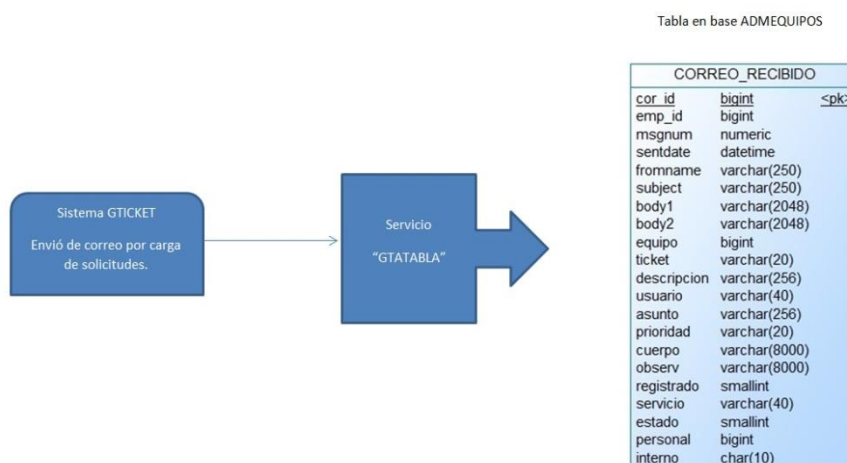


Figura 5 – Modelado de tabla de correos recibidos. Fuente: Elaboración propia.

El circuito de las solicitudes de reparación emitidas por los operadores de los equipos biomédicos con los agregados propuestos quedo dispuesto según se visualiza en la figura 18.

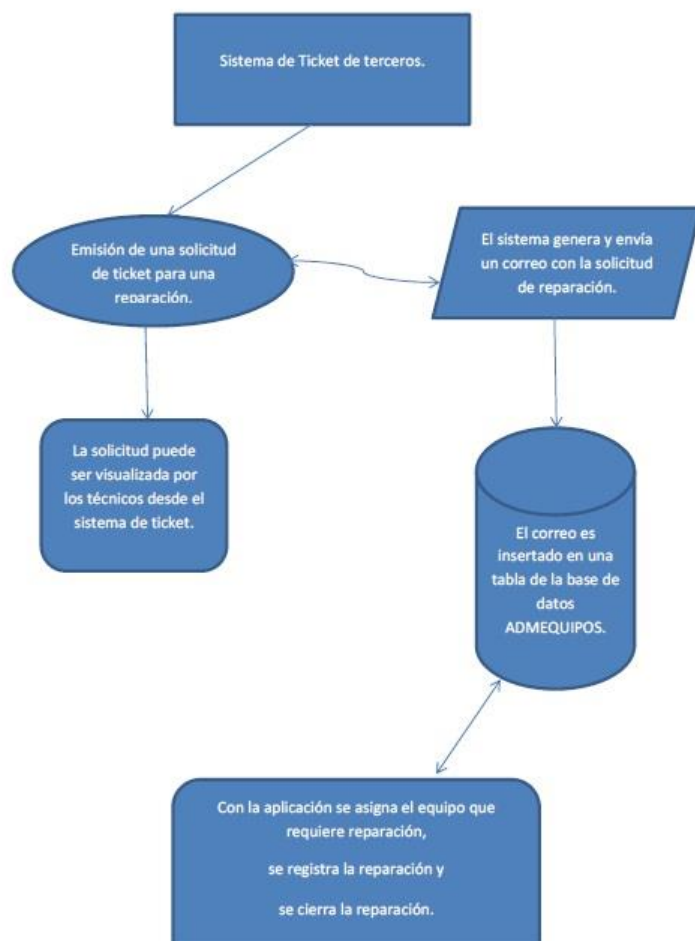


Figura 68 – Diagrama del circuito de los ticket. Fuente: Elaboración propia.

Se determinó diseñar un modelo Entidad/Relación (E/R) que refiera a las relaciones de los equipos biomédicos, médicos y operadores de los equipos, personal técnico que realiza los mantenimientos basado en las premisas establecidas en el apartado sobre Informatización del inventario.

En base a las premisas indicadas se realizó el diseño conceptual de una Base de Datos destinada al almacenamiento de todas las tareas que se realizan en el departamento de “Bioingeniería”.

Para realizar el diseño conceptual se utilizaron los diagramas de clases del UML⁷.

Este diseño conceptual se convertirá en un diseño lógico, que consistirá en un modelo relacional donde se obtendrá un conjunto de relaciones con los atributos, las claves primarias y las claves foráneas correspondientes.

Por último, se transformará el diseño lógico en un modelo físico, que nos permitirá crear tablas, restricciones, índices, secuencias, disparadores, procedimientos, etc.

Este proceso se realizó con el software de diseño de base de datos Power Designer versión 15, perteneciente a la empresa SAP.

Con el análisis y el software utilizado se crea una base de datos física llamada “ADMEQUIPOS” que se montó sobre un administrador de bases de datos “SQL SERVER 2012” gestionado por un sistema operativo Windows Server 2008 R2 obteniéndose el repositorio de datos que se utilizara para la gestión mediante un software que se desarrolló.

4.5. Informatización del proceso de mantenimiento y reparación.

Un plan de mantenimiento es el instrumento gerencial que abarca los objetivos, metas, programación de actividades, recursos humanos, físicos, tecnológicos y financieros.

Por lo que un plan de mantenimiento debe proporcionar un enfoque sistemático del trabajo del departamento de mantenimientos. Debe concebirse como un proyecto de trabajo que comprenda actividades y tareas concretas, fechas de inicio y terminación de las tareas, disponer de recursos, con fronteras definidas en el tiempo y espacio.

Se analizaron los procesos de requerimiento de reparaciones mediante entrevistas a las diferentes áreas que cuentan con equipos biomédicos y que son atendidas por el departamento de “Bioingeniería” para evaluar la satisfacción de los operadores y médicos de los equipos biomédicos, localizar las tareas inadecuadas o faltantes y con esta información se confecciona un diagrama de causa-efecto para su tratamiento y mejoras que se visualiza en la figura 19.

⁷ UML: Lenguaje Unificado de Modelado.

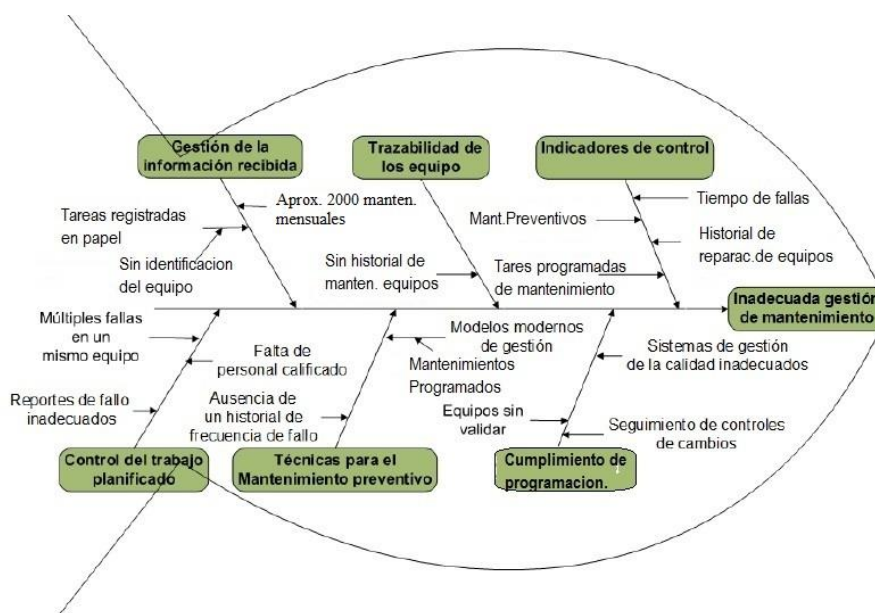


Figura 79 – Diagrama de causa-efecto. Fuente: Elaboración propia.

Se determinó los siguientes puntos a mejorar.

- La información brindada en el ticket de solicitud de reparación no es información suficiente para identificar el equipo con problemas y cuál es específicamente el problema del equipo ya que se cuenta solo con la descripción de la falla según la visión del operador del equipo. Se requiere realizar un llamado al operador para identificar exactamente el equipo en cuestión y el problema específico o dirigirse al sector donde se encuentra el equipo y verificar in-situ.
- Luego de la reparación del equipo, se debe cargar en el ticket, mediante el software “GTICKET”, la reparación realizada indicando: motivo de la reparación, fecha, hora, estado del equipo, quien realizó la reparación pero no se cuenta con ningún historial de reparaciones de equipos.
- No se cuenta con un historial de mantenimientos por equipo, sin poder identificar fallas frecuentes, equipos sin reparación, etc.
- No se cuenta con una programación de mantenimientos preventivos establecida.

Estos puntos a mejorar indicados deberán ser incorporados en la aplicación informática a desarrollar dada la necesidad de contar con información integrada y de rápido acceso en el proceso de mantenimientos de los equipos biomédicos.

Se estableció el desarrollo de una aplicación informática que cubra estas necesidades y que permita una mejor administración de los procesos de mantenimiento de los equipos biomédicos.

4.6. Aplicación de Metodología Ágil.

La aplicación informática se desarrolló utilizando la metodología ágil Extreme Programming o XP, que por su metodología se ajusta al desarrollo que se plantea, genera un gran impacto y jerarquía en el desarrollo del software ya que consta de pocas fases en el desarrollo y cuya metodología se usa en áreas en donde sus procesos están semi-establecidos y pueden ser mejorados a medida que se va desarrollando la aplicación, siendo esa una de las principales razones para ser utilizada.

Aplicando esta metodología en el desarrollo de la aplicación informática, se establecieron pautas de desarrollo con las siguientes consideraciones obtenidas de las entrevistas realizadas a los directores sobre información requerida y necesaria de los equipos biomédicos y consultas a los técnicos que realizan el mantenimiento de estos equipos y que son:

Las pautas establecidas son:

- Que contenga todo el padrón de equipamientos biomédicos.
 - Administración del padrón. Altas-Modificaciones-Bajas inventariadas.
 - Manual es en línea de cada equipamiento.
 - Listado de repuestos de cada equipo, stock de repuestos.
- Que contenga todo el personal asignado al mantenimiento de equipos biomédicos.
- Que se pueda realizar una programación anual del mantenimiento por equipo y que la aplicación informática permita indicar diariamente los manteamientos que se deben realizar.
- Que se pueda copiar en forma idéntica o con ciertas modificaciones de las programaciones de un año a un nuevo año.
- Que rescate, visualice los tickets recibidos por reparaciones de equipos biomédicos de los diferentes departamentos. Que permita

asignar en los tickets los equipos del padrón de equipos que requieren reparación.

- Que contenga un padrón de los proveedores de los equipos biomédicos con toda la información necesaria de los proveedores.
- Que emita planillas exigidas para el cumplimiento de la Norma ISO 9001: 2015 para su acreditación.
- Documentar los procedimientos de mantenimiento y reparación de equipos.
- Permita la entrega de reportes mensuales con la información solicitada para la Alta Dirección del Parque de la Salud, lo que no sólo permitirá una adecuada organización, administración y toma de decisiones según la información, sino también influenciar positivamente en la imagen institucional de la organización.
- Que tenga un sistema de mensajería interna para transmitir necesidades diarias no cumplidas en el horario destinado y compartir experiencias entre los usuarios del sistema.
- Que integre la aplicación informática creada para la visualización y administración de tickets recibidos desde los diferentes departamentos.

La aplicación informática como herramienta software permitirá administrar en forma eficiente las actividades que se realizan en los equipamientos biomédicos para lograr calidad en el estado de los equipos y ofrecer un servicio eficiente en los mantenimientos preventivos-correctivos en tiempo y forma según las especificaciones de los fabricantes.

Así también permitirá en forma rápida la entrega de reportes mensuales, semestrales o anuales con información altamente sensible a la alta dirección de las diferentes áreas del parque de la salud.

La incorporación del sistema informático ayudara al uso de manuales de buenas prácticas para la Gestión de Mantenimiento de Equipos Biomédicos y la incorporación de normas internacionales de estandarización llamadas Normas ISO, las cuales mejoran la ejecución de tareas diarias de trabajo y permiten crear conocimiento y su gestión en el futuro formando la Gestión del Conocimiento.

4.7. Diseño del sistema de Gestión de Calidad.

La norma ISO 9001:2015 sigue el enfoque basado en procesos en sinergia con un pensamiento basado en riesgos, se tiene en cuenta las expectativas que los clientes colocan en la empresa, se valora el contexto en el que la empresa se desenvuelve, hay mayor participación de la Alta Dirección que permite agregar mayor valor a las organizaciones, reconoce su integración con otros sistemas de gestión sin duplicidades y la documentación se caracteriza por ser flexible.

Para el cumplimiento de los indicadores establecidos en la norma ISO 9001: 2015 se crearon opciones en la aplicación informática donde se puede exportar planillas de control con información de:

- Tiempo Promedio de cierre de tickets mensual – figura 20.
- Relación de mantenimientos correctivos-preventivos – figura 21.
- Servicios realizados por cada personal del departamento, visualizado en figura 22.
- Equipos con mayor número de mantenimientos correctivos realizados – Figura 23.



FICHA DE INDICADOR

REG-18 VER 00

Nombre del Indicador:		Cierre de tickets										Número Indicador:			
Objetivo:		Establecer el tiempo promedio de cierre de los tickets													
Formula:		Promedio de los servicios realizados													
Fuente de Datos:		Sistema de tickets													
Fecha de Creación:		01/08/2019													
Frecuencia de medición:		Mensual													
Responsable de Medida:		Responsable de Calidad													
Comentarios:		Se toma los tickets cerrados en el mes													
	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PROMEDIO	
Medición	Día	2.72	2.67	3.5	2.5	1.17	1.8								
Cantidad d	Nº	365	200	254	261	367	220			260					
Standard	Día	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
Diferencia	Día	-7.3	-7.3	-6.5	-7.5	-8.8	-8.2								
Fecha	dd/mm/aaaa	05/02/2019	05/03/19	05/04/2019	05/05/19	05/06/19	05/07/2019								

Figura 20 – Tiempo Promedio de cierre de ticket mensual.

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE INDICADOR

REG-18 VER 00

Nombre del Indicador:		Mantenimiento correctivo										Número Indicador:	03	
Objetivo:		Medir la relación de mantenimientos correctivos y preventivos												
Formula:		Sumatoria de mantenimientos correctivos/sumatoria de mantenimientos preventivos												
Fuente de Datos:		Sistema de tickets/Sistema interno												
Fecha de Creación:		01/08/2019												
Frecuencia de medición:		Mensual												
Responsable de Medida:		Responsable de Calidad												
Comentarios:														
		2019												
	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
Man Correctivos	Unidad	355	200	254	261	367	220	211						
Man Preventivos	Unidad	834	613	705	1390	1099	1069							
Total	Unidad	1189	813	959	1651	1466	1289							
% Correctivo	Unidad	29	24	30	15.8	25								24.76
Fecha	dd/mm/aaaa	05/02/2019	05/03/2019	10/04/2019	05/05/2019	05/06/2019								

Figura 8 – Medición en la relación de mantenimientos preventivos/correctivos.

Fuente: Elaboración propia.

Nombre del Indicador:			Mantenimientos por persona										Número Indicador:		05	
Objetivo:			Establecer la cantidad de servicios realizadas por cada personal													
Formula:			Sumatoria de mantenimientos por persona													
Fuente de Datos:			Sistema informático interno													
Fecha de Creación:			01/09/2019													
Frecuencia de medición:			Mensual													
Responsable de Medida:			Responsable de Calidad													
Comentarios:																
</																

Figura 22 – Servicios realizados por cada personal del departamento.

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE INDICADOR

REG-18 VER 00

Nombre del Indicador:

Mantenimientos correctivos y preventivos por equipos

Número Indicador:

06

Objetivo:

Identificar los equipos con mayor número de mantenimientos correctivos realizados

Formula:

Sumatoria de mantenimientos de cada equipo

Fuente de Datos:

Sistema informático interno

Fecha de Creación:

01/04/2016

Frecuencia de medición:

Semestral

Responsable de Medida:

Responsable de Calidad

Comentarios:

Hasta el

01-mar-19

EQU_ID	EQU_IDENTIFICAD	EQU_UBICACION	EQU_DESCRIPCION	1-2016		2-2016		1-2017		2-2017		1-2018		2-2018		Prom.
				Corr	Prev	Corr	Prev	Corr	Prev	Corr	Prev	Corr	Prev			
713	TE0500001	Aislados	Laringoscopio	1	0	0	0	0	0	3	3	1	1	0		
1133	TE0500084/2	AISLADOS CAMA 14	PSM Monitor GE B650 TE0500084/2	1	2	0	0	2	0	2	0	1	0	0	1	
1207	TE0340050	Anatomia Patologica	Soporte p/cassettes	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	
1094	NN	Anatomia Patologica	Micromicroscopio	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
314	TE0280001	Anatomia Patologica	Dispensador de Paraf	2	2	1	2	0	2	1	4	2	0	1	1	
223	TE0150001	Anatomia Patologica	Centrifuga	2	3	0	0	0	0	0	4	1	1	0	1	
1078	TE0270003	Anexo Bio sangre genetica	Plancha calefactora	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
1099	TD036000	Bacteriologia	AUTOCLAVE DE ESTERILIZACION	4	14	0	0	1	0	0	13	5	2	8	1	
1212	TD0250002	BACTERIOLOGIA	MICROSCOPIO DE INMUNOFLOURESCENCIA	1	5	1	1	5	1	1	4	1	1	2	0	
167	TE0050051	BIOINGENIERIA	Monitor Multiparametros TE0050051	4	9	1	11	0	0	1	8	3	1	5	0	
166	TE0050052	BIOINGENIERIA	Monitor Multiparametros TE0050052	1	8	0	0	0	0	0	6	1	1	0	1	
16	TE0010016	BIOINGENIERIA	Respirador TE0010016	1	1	1	8	0	1	0	0	1	1	2	0	
1258	TE0360030	Camara gama	Activimetro medidor de radiactividad curie (Ci)	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	
1049	TE0050101	Camara Gamma	Equipo de Ergonomia	2	1	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	
786	TE0370001	Camara Gamma	Tensiometro de mano	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	
546	TE0360012	Camara Gamma	Camara Gamma	1	1	1	0	1	0	0	0	2	0	1	0	
105	TE0040006	Cardiologia	Electrocardiografo TE0040006	7	2	14	18	7	12	4	12	5	1	7	2	
106	TE0040007	Cardiologia	Electrocardiografo TE0040007	3	2	3	14	2	11	4	13	2	1	5	1	
856	TE0900001	Cardiologia	Equipo de Ergonomia	2	1	1	0	0	1	1	0	1	0	2	1	
668	TE0900001	Cardiologia	Equipo de Ergonomia	1	2	0	0	0	0	0	2	1	0	2	0	
602	TE0320002	Cardiologia-Consultorios Externos	Holter	4	2	3	1	1	0	1	1	3	1	1	1	
464	TE0360010	oemis	Autoclave a vapor de agua TE0360010	21	14	20	30	16	26	21	25	15	11	18	10	
429	TE0360007	oemis	Autoclave a vapor de agua TE0360007	16	26	14	36	8	10	15	20	19	10	22	5	
465	TE0360011	oemis	Autoclave de oxido etileno TE0360011	15	36	7	21	3	2	2	3	8	7	5	1	
463	TE0360009	oemis	Autoclave a vapor de agua TE0360009	13	31	8	27	13	8	15	24	12	8	15	7	
462	TE0360008	oemis	Autoclave a vapor de agua TE0360008	9	30	12	21	9	10	14	20	17	7	22	4	
470	TE0360016	oemis	ortadora De Telas Circular De 5 Pulgadas TE0360016	6	4	2	0	3	3	1	5	4	1	2	0	

Figura 9 – Equipos con mayor número de mantenimientos correctivos realizados.

Fuente: Elaboración propia.

La implementación de la norma ISO 9001:2015 inicia con “la determinación de riesgos, lineamientos estratégicos, desarrollar el enfoque a procesos y elaboración de documentos”.

Por ello, recomendamos que toda organización que se proyecte a implementar un SGC bajo normas ISO 9001:2015 deba iniciar con:

1. Planeamiento estratégico.
2. Análisis del contexto organizacional.
3. Establecer una cultura de enfoque basado en riesgos.
4. Mantener información documentada de sus procesos dirigidos a mejorar la administración de los recursos, considerando las necesidades de los clientes externos e internos, bajo un concepto de mejora continua.

La aplicación informática que se desarrollará deberá además permite las siguientes opciones:

- Visualizar el ticket recibido tal como lo emite el operador que es importado desde la aplicación “GTICKET” utilizada por el operador como se indicó en la figura 18.
- Asignarle el equipo específico según la tabla de equipos existentes a que hace referencia el ticket, ya que el ticket indica simplemente el nombre del equipo en forma textual.
- Registrar la fecha de solicitud de reparación y el detalle específico del problema que presenta el equipo biomédico.
- La asignación del equipo se realiza en la aplicación informática sobre el ticket que identifica el personal técnico encargado de dicho equipo, agrupando todas las tareas de reparación por personal técnico.
- Identificar a cada equipo biomédico mediante las normativas indicadas por la OMS.
- Programar los mantenimientos preventivos anuales de cada equipo biomédicos según los requerimientos exigidos por el fabricante.
- Ubicar y almacenar los manuales de los equipos existentes en archivos PDF para su consulta mediante la aplicación informática a desarrollar y que sea de fácil acceso.
- Mediante la clasificación de los equipos en grupos según tipo, asignar a cada técnico uno o varios grupos de equipos el cual sería el responsable principal del mantenimiento de esos equipos que forman el grupo asignado.

La incorporación del gerente administrativo al departamento para el ordenamiento de las tareas de mantenimiento, el análisis de las tareas que se deben realizar más la carga de reparaciones mensuales se determinó ampliar la cantidad de técnicos para una mejor distribución de los responsables de mantenimiento de los equipos existentes, quedando el departamento conformada con el siguiente plantel:

- 1- Ingeniero Electrónico encargado del departamento.
- 2- Un gerente administrativo.
- 3- Seis técnicos electrónicos.

Para organizar y controlar las tareas sobre los equipos biomédicos y poder distribuir el parque de equipos entre los técnicos encargados y que no sea una tarea difícil de cumplir en el tiempo diario de trabajo, se incorporó al departamento un reloj de registro de ingresos-egresos por huella digital, administrado y gestionado por la computadora del gerente administrativo de manera de poder tener on-line:

- La asistencia de los técnicos.
- La disponibilidad diaria de los técnicos.
- La distribución de trabajo diario.
- Controlar los mantenimientos preventivos y correctivos de los equipos.
- Los retrasos en ingresos.
- Los tiempos de trabajo.
- Las ausencias diarias.

Esto permitirá reorganizar las tareas de mantenimiento con los técnicos presentes en caso de ausencia de uno de los técnicos en su horario de trabajo y redistribuir las solicitudes de atención diaria y los mantenimientos preventivos programados a fin de cumplimentarlos en fecha y forma.

CAPITULO V

Software de Gestión

5. Software de Gestión.

5.1. Modelo de aplicación.

La creación de una aplicación informática para administrar en forma eficiente las solicitudes y mantenimientos de equipos biomédicos que será utilizada en los diferentes departamentos del parque de la salud, nos llevó al planteo de qué tipo de aplicación sería la más aplicable en su funcionamiento para el parque de la salud “Dr. Ramón Madariaga” dada su estructura edilicia y su red informática instalada, por lo que se hizo un relevamiento de los equipos informáticos disponibles, del funcionamiento de la red informática instalada en el parque, la administración de la red informática, de la disponibilidad de internet en las áreas de utilización de la aplicación informática y se analizó las ventajas y desventajas de cada tipo de aplicación.

5.1.1. Equipos informáticos y red informática del parque de la salud.

Los equipos informáticos utilizados por el departamento “Bioingeniería” son de tecnología de quinta generación permitiendo la utilización de las aplicaciones existentes actualmente.

La red informática instalada en el parque de la salud es utilizada por todos los departamentos que conforman el parque, utilizándola para los sistemas administrativos como también para los sistemas de atención de pacientes con servicios de turnos de pacientes, seguimiento de pacientes antes y durante su turno, tele-diagnósticos, consultas de estudio realizados disponibles en las historias clínicas lo que implica transporte de datos e imágenes a través de la red informática generando una baja latencia en respuestas a las solicitudes.

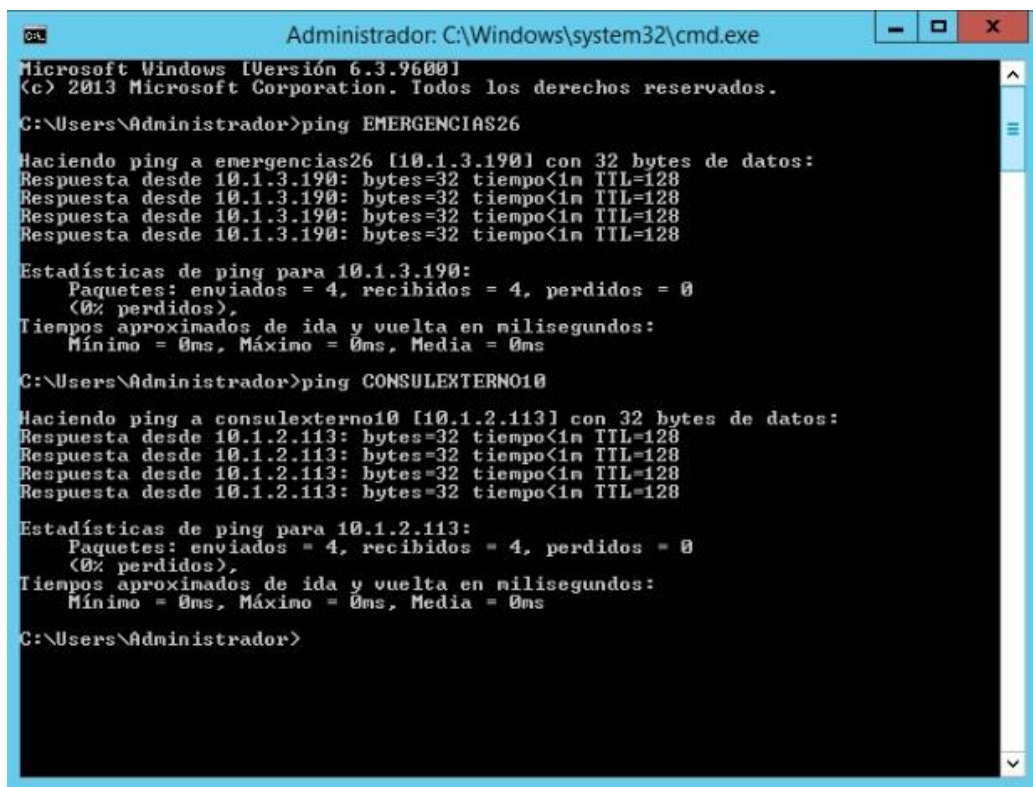
La red informática se encuentra administrada por un departamento de Informática del parque que atiende los requerimientos y problemas de todos los sectores del parque de la salud. Para determinar qué velocidad se dispone en la red se realizaron pruebas de latencia entre dos computadoras de la red y latencia de accesos a internet con los resultados como se ven en las figuras 24,25 y 26.



Figura 24 – Medición de Internet. Fuente: Elaboración propia.

#	VELOCIDAD BAJADA	VELOCIDAD SUBIDA	SERVIDOR	LATENCIA
1	3.83	4.57	Jazztel	259

Figura 25 – Resultado de la medición de internet. Fuente: Elaboración propia.



```
Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.3.9600]
(c) 2013 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\Administrador>ping EMERGENCIAS26

Haciendo ping a emergencias26 [10.1.3.190] con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 10.1.3.190: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 10.1.3.190: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 10.1.3.190: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 10.1.3.190: bytes=32 tiempo<1m TTL=128

Estadísticas de ping para 10.1.3.190:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
        (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

C:\Users\Administrador>ping CONSULEXTERNO10

Haciendo ping a consulexterno10 [10.1.2.113] con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 10.1.2.113: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 10.1.2.113: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 10.1.2.113: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 10.1.2.113: bytes=32 tiempo<1m TTL=128

Estadísticas de ping para 10.1.2.113:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
        (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

C:\Users\Administrador>
```

Figura 26 – Medición de latencia en la red. Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver la latencia obtenida en internet es muy alta = 259 ms, mientras que en la latencia en la red es de < 1ms indicándonos que se tiene mejor respuesta en envío de paquetes dentro de la red informática interna del parque de la salud.

5.1.2. Evaluación del tipo de aplicación.

El desarrollo de una aplicación informática requiere analizar varios factores que influyen en el producto final como ser en que plataforma se va a desarrollar, no existe un proceso de desarrollo único, el mismo debe ser lo suficientemente eficaz y rápido para que su uso sea aceptado por las personas que lo van a utilizar.

Por esto se analizó el tipo de aplicación en el que se va a desarrollar. Los tipos de aplicación informática que se analizaron son:

- Aplicación de escritorio.
- Aplicación web.

Aplicación de escritorio.

Las aplicaciones de escritorio son las aplicaciones que se deben instalar en una computadora dependiendo del sistema operativo y de la configuración de hardware que tiene para hacer uso de ellas.

Ventajas

- Son aplicaciones más completas que su versión web.
- Tiempos de respuesta más rápidos.
- Utiliza en forma más eficiente los recursos del hardware y software.
- Ofrece mayor estabilidad y posibilidad de recuperación de fallos.
- Facilita el uso de teclas calientes (ejemplo CTRL-C, CTRL-G).

Desventajas.

- Vinculadas al sistema operativo.
- Ocupación de almacenamiento.
- Ejecución solo en equipos instalados.

Aplicaciones web.

Ventajas.

- Abstraída del sistema operativo.
- Siempre disponibles mientras se tenga conectividad.
- No requiere instalación previa de ningún programa.
- No requiere actualizaciones en el cliente.

Inconvenientes

- Dependen de la conectividad para su ejecución.
- Aplicaciones livianas, no pueden ser aplicaciones muy extensas.
- Funciones más reducidas que las aplicaciones de escritorio.

La comparación de aplicaciones de escritorio sobre las aplicaciones web, sus ventajas y desventajas fueron analizadas como también se incluyó en el análisis el parque de computadoras y red informática instalada en el parque de la salud “Dr. Ramón Madariaga”.

Se determinó que una aplicación de escritorio sería lo más conveniente debido a sus tiempos de respuesta más rápido, mayor estabilidad y como contraposición la lentitud en la conectividad de internet existente en el parque de la salud.

A continuación, se describe los pasos realizados para el desarrollo e implementación de la aplicación informática que se la llamó “SGEQUIPOS”, los puntos principales contenidos en esta aplicación fueron acordados con los directivos del parque de la salud.

5.1.3. Requerimiento de software y hardware.

Para la implementación del sistema informático se utilizó un servidor virtualizado con las siguientes características:

- Procesador: Intel® Xeon®
- CPU E5520 de 2.27 Ghz.
- RAM de 2.00 Gbytes.
- Sistema Operative: Windows Server 2008 R2 Standard Edition.
- BD: SQL Server 2008 R2.

5.2. Modelado de datos.

El modelado de datos permite construir gráficamente una estructura de datos que facilitan la comunicación entre el diseñador de la base de datos y los usuarios de los datos mediante la definición de cómo se almacena, organiza y accede a los datos. También se define las operaciones que se pueden realizar con los datos. Se utilizó un modelado de base de datos relacional.

Este modelado de base de datos relacional ordena los datos en tablas (relaciones) compuestas por columnas y filas. Cada columna contiene un atributo de la entidad.

Se utilizó como herramienta para el modelado de datos el software “Sybase Power Designer (R)”, versión 16.1.0 obteniendo un esquema de datos como se ve en la figura nro. 27.

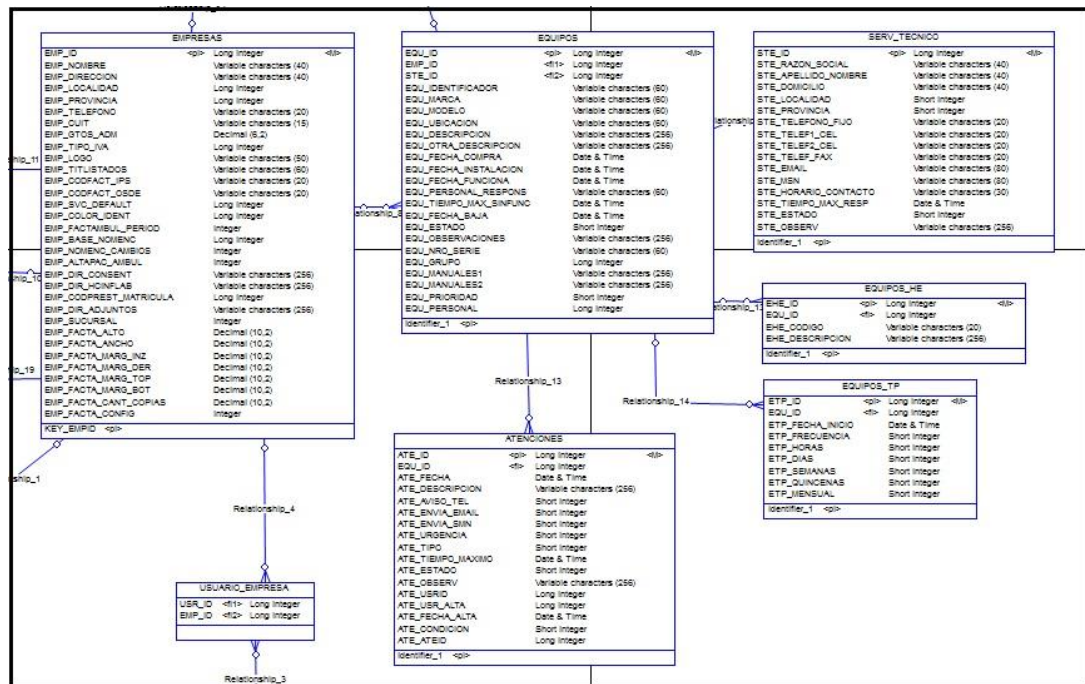


Figura 27 – Modelado de datos. Fuente: Elaboración propia.

Las principales tablas definidas en el modelado de datos son:

- Tabla EMPRESAS.
- Tabla EQUIPOS.
- Tabla PERSONAL.
- Tabla ATENCIONES.
- Tabla REPARACIONES.

Las vistas generadas son:

- EQU_HISTORIAL.
- V_SOLICATEN_REPARACION.
- PERS_ASIS_ENTRA.
- PERS_ASIS_SALE.
- PERS_ENTRA_SALE.

Las tablas principales del sistema las cuales son EQUIPOS, PERSONAL, ATENCIONES, REPARACIONES, se describen brevemente a continuación.

Tabla EQUIPOS:

Tabla EQUIPOS	
Atributo	Descripcion
equipo id	Identificador del equipo
marca	Marca de fabricacion
modelo	Modelo del equipo
ubicación	Ubicación dentro del parque de la salud
descripcion	Descripcion del equipo biomedicos
fecha compra	Fecha de compra del equipo biomedico
fecha instalacion	Feca de instalacion del equipo biomedicos
fecha fabricacion	Fecha de fabricacion del equipo biomedico
personal responsable	Tecnico responsable del equipo biomedico
estado actual	Estado de funcionamiento actual
nro. serie	Nro. de serie del fabricante
fecha baja	Fecha de baja del equipo biomedico

Figura 28 – Tabla de EQUIPOS. Fuente: Elaboración propia.

Tabla PERSONAL.

Tabla PERSONAL	
Atributo	Descripcion
Personal ID	Identificador del personal
Apeynombre	Apellido y nombre
Tipodoc	Tipo de documento
Nrodoc	Nro. de documento
Fecnac	Fecha de Nacimiento
Nrolegajo	Nro. de legajo
Categoria	Categoria del personal dentro del departamento
Fecingreso	Fecha de ingreso del personal
Nivelcapac	Nivel de capacitacion del personal
Huelladig	Huella digital para el reloj de ingreso-egreso

Figura 29 – Tabla de Personal. Elaboración propia.

Tabla de ATENCIONES.

Tabla ATENCIONES	
Atributo	Descripcion
Atencion_ID	Identificador de la atencion
Equipo_ID	Identificador del equipo atendido
Fechaaten	Fecha de atencion
Descripcion	Descripcion de la atencion
Tipoatenc	Tipo de atencion
Tiempoutiliz	Tiempo utilizado para la atencion
Estadoequipo	Estado en que queda el equipo.
Fechaalta	Fecha de alta de este registro
Nroticket	Nro. de ticket de solicitud de atencion
atenfinal	Atencion finalizada

Figura 30 – Tabla de atenciones. Fuente: Elaboración propia.

Tabla de REPARACIONES.

Tabla REPARACIONES	
Atributo	Descripcion
Reparacion_ID	Identificado de reparacion
Equipo_ID	Identificador del equipo
Personal_ID	Identificador del personal
Fecrepara	Fecha de reparacion
Descripcion	Descripcion de la reparacion realizada.
Estadorep	Estado del equipo luego de la reparacion
Fechafinal	Fecha de finalizacion de la reparacion
CantHoras	Cantidad de horas utilizadas

Figura 31 – Tabla de reparaciones. Fuente: Elaboración propia.

5.3. Desarrollo de la aplicación software.

La aplicación software se desarrolló utilizando una herramienta de desarrollo de clase empresarial que trabaja con gestión de base de datos desarrollada por la empresa PowerSoft llamada Power Builder versión 9.0.3 actualización 8836, utilizando la metodología de desarrollo XP (Extreme Programming) que pertenece a las conocidas metodologías ágiles cuyo objetivo es el desarrollo y gestión de proyectos con eficacia, flexibilidad y control.

Ambos conceptos de desarrollo están muy relacionados y son compatibles entre sí, pero guardan diferencias que se describen a continuación.

Una metodología Agile es el marco de trabajo para el desarrollo del software, se hace mediante un proceso iterativo y define las prácticas y roles del equipo, y la programación XP es una metodología basada en la comunicación, la reutilización del código desarrollado y la realimentación.

La herramienta Power Builder está orientada a objetos, incluye un lenguaje de programación llamada Powerscript que se usa para programar los eventos, utiliza un objeto nativo llamado “DataWindow” para la gestión de datos liberando al desarrollador de las diferencias entre distintos gestores de bases de datos (GBD), trabaja en un ambiente cliente-servidor y tiene la particularidad de promover la reutilización del código.

La utilización de la metodología de desarrollo XP para este proyecto proporciono resultados positivos, principalmente en términos de satisfacción del cliente por el cumplimiento de los plazos y requerimientos establecidos. Como puntos a destacar de la metodología que permitieron obtener resultados satisfactorios son:

- Entregas frecuentes.

Las entregas o iteraciones deben realizarse en no más de 2 semanas, y deberían ser totalmente funcionales. Inicialmente se establecieron iteraciones de 2 semanas, pero luego con el proyecto avanzado se establecieron iteraciones de 1 semana de duración. Esto permitió tener mayor satisfacción del cliente en cada entrega abriéndose a ideas para las próximas entregas.

- Comunicación fluida entre equipo de trabajo y el cliente.

Un intercambio o historial del cliente mediante una comunicación activa con el grupo de desarrollo permitió minimizar los ajustes para las futuras entregas.

- Ajustes inmediatos a requerimientos cambiantes.

El proyecto fue ajustado constantemente ya que el cliente tomaba idea de los beneficios que le brindaría el proyecto final en cada entrega entregando nuevos requerimientos que eran incorporados.

- Equipo de desarrollo pequeño.

Este proyecto fue desarrollado por un equipo de trabajo conformado por 2 personas, lo que requirió algunos cambios en la metodología XP pero se fortalecieron la integración, comunicación, y cumplimiento de los plazos.

Como puntos a considerar y rever para futuros proyectos son:

- Cliente – Operadores del sistema y desarrolladores.

El cliente tiene una visión general de la aplicación que necesita y el operador de la aplicación es el que va a utilizarla. La metodología XP no hace distinción de estos papeles. En este proyecto se debió registrar el historial del cliente y el historial del operador como puntos a considerar para el desarrollo lo que demando mayor tiempo y coordinación de ambos historiales.

- Integración con desarrollos existentes.

La existencia funcional de desarrollos de terceros es un punto fuerte a considerar ya que suele ser necesario mantener esos desarrollos generando un tiempo adicional para realizar la integración con el proyecto en desarrollo.

- Programación en parejas.

La experiencia y conocimientos de los programadores que conforman una pareja deben ser similares para que sea eficiente este tipo de programación. En este caso uno de los programadores contaba con mucha experiencia con el lenguaje de programación y el otro integrando se estaba iniciando en la programación lo que produjo retrasos en cada tiempo de trabajo.

A continuación, se describe las opciones principales que se desarrollaron en la aplicación informática denominada “SGEQUIPOS”.

- Ingreso al sistema con identificación de usuario y contraseña según se visualiza en figura nro. 32.
 - Cada usuario tiene especificadas las opciones habilitadas del sistema según su nivel de acceso definidas por el Gerente administrativo e Ingeniero encargado del área.

- Esta identificación permite registrar auditorias de todas las opciones utilizadas por cada usuario, fecha de utilización.

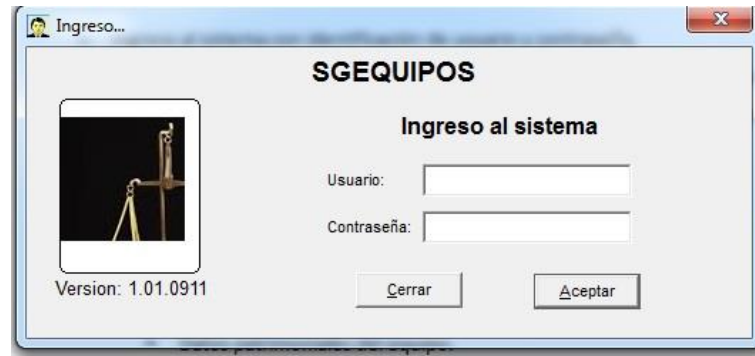


Figura 32 – Ingreso al sistema. Fuente: Elaboración propia.

- Tablas de usos generales en el sistema.
 - Todas las tablas utilizadas en las diferentes opciones del sistema están administradas en esta opción.
 - Tipos de documentos.
 - Nacionalidad.
 - Provincias.
 - Localidades.
 - Estado civil.
 - Sexo.
 - Categoría de I.V.A.
 - Tipos de comprobantes.
 - Equipos.
 - Grupos.
 - Servicios.
 - Sectores.
 - Prioridades.
 - Piezas – Categorías.
 - Piezas – Ubicación.
 - Atenciones.
 - Tipos de solicitud.

- Urgencias.
 - Tipos de reparaciones.
 - Personal.
 - Categorías.
 - Sectores.
-
- Maestro de equipos: Corresponde al padrón de equipos biomédicos que se categorizaron según su importancia de atención como se demostró en el apartado 3.2 Inventario y categorización de equipos existentes, según se visualiza en figura nro. 33.
- Datos particulares del equipo biomédico.
 - Proveedor del equipo.
 - Datos patrimoniales del equipo.
 - Personal del servicio técnico encargado del equipo.
 - Tareas programadas para el equipo por año.
 - Historial de mantenimiento del equipo.
 - Piezas que componen el equipo.
 - Herramientas utilizadas para el mantenimiento del equipo.
 - Stock de repuestos para el equipo.
 - Imagen del equipo.

Figura 33 –Maestro de equipos. Fuente: Elaboración propia.

- Maestro de programación de mantenimientos preventivos.

Esta opción del sistema es una parte esencial en el proceso de mantenimiento de los equipos biomédicos ya que permite programar las tareas de mantenimiento según la planificación determinada por el fabricante del equipo y dispara la generación de la tarea de mantenimiento preventivo en las órdenes de trabajo diario según la frecuencia establecida. Esta tarea no desaparece de las órdenes de trabajo diario hasta que sea cumplida.

The screenshot shows the 'Actualización Maestro de Equipos' window. It has a tabbed interface with 'Tareas Programadas' selected. The window displays fields for 'Equipo ID' (655) and 'Empresa' (BIOINGENIERIA). Below these is a table of programmed tasks.

Fecha/hora Inicio	Fecha/hora Fin	Frecuencia	Dias	Semanas	Quinc.	Mensual	Descripción
09/03/15 00:00	31/12/15 00:00	Por Mes				1	Control de funcionamiento
11/08/16 00:00	31/12/16 00:00	Por Mes				1	Control general de equipo y a
19/01/17 00:00	31/12/17 00:00	Por Mes				1	Control general de equipo y a
11/01/18 00:00	31/12/18 00:00	Por Mes				1	Control general de equipo y a
02/01/19 00:00	31/03/19 23:59	Por Mes				1	Control general de equipo y a
07/02/19 00:00	28/02/19 23:59	Por Mes				1	Control general de equipo y a
29/03/19 00:00	31/12/19 00:00	Por Mes				1	Control estado general de equ
29/03/19 00:00	29/03/19 00:00	Por Dia	1				Control estado general de equ

Buttons on the right: Alta, Consulta, Baja. Buttons at the bottom: Grabar, Borrar, Historial de Atenciones, Buscar, Cerrar.

Figura 34 – Listado de tareas programadas.

Fuente: Elaboración propia.

The screenshot shows the 'Actualización de tareas programadas para Equipos' window. It has a tabbed interface with 'Equipo' selected. The window displays fields for 'Equipo ID' (655) and 'Empresa' (BIOINGENIERIA). Below these is a form for configuring a task.

Fields in the form:

- Fecha Inicio: 09/03/15 00:00:00
- Fecha final: 31/12/15 00:00:00
- Frecuencia: Por mes
- Descripción: Control de funcionamiento
- Horas: hs.
- Dias: dias
- Semanas: semanas
- Quincenas: quincenas
- Mensual: 1 meses
- Dia de preferencia: Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes, Sabado, Domingo
- Envia aviso por Email?: ☐
- Tipo de Solicitud: PREVENTIVO
- Tipo de Urgencia: MEDIA

Buttons at the bottom: Grabar, Ver registros generados, Cerrar.

Figura 35 – Programación de tareas de mantenimiento preventivo.

Fuente: Elaboración propia.

- Maestro de piezas.
- Maestro de herramientas del departamento.
- Maestro de Proveedores.
- Maestro del Personal técnico.
- Maestro de Usuarios de la aplicación.
- Atenciones solicitadas: Toda solicitud de reparación de un equipo biomédico ya sea a través del sistema “GTICKET” o mediante la carga de la solicitud en la aplicación se registran en la opción de Atenciones solicitadas según se visualiza en la figura nro. 36.

The screenshot shows a software window titled "Actualización de Atenciones". It contains the following fields and controls:

- Empresa:** SGEQUIPOS
- Atención ID:** 69729
- Equipo:** TE0020001 (selected from a dropdown menu)
- BIOINGENIERIA** (text field)
- Detalle del equipo** and **Historial del equipo** (buttons)
- Fecha:** 06/12/2020 (selected from a date picker)
- Tipo de solicitud:** PREVENTIVO (selected from a dropdown menu)
- Descripción:** Control de estado general de equipos y accesorios
- Nro. de Ticket:** (empty text field)
- Usuario Ticket:** (empty text field)
- Usuario que solicita:** (empty dropdown menu)
- Historial del usuario** (button)
- Tipo de Urgencia:** ALTA (selected from a dropdown menu)
- Tiempo Maximo de espera:** 00:00:00 hs.
- Envia aviso Telefonico ?:** (checkbox)
- Envia aviso por email ?:** (checkbox)
- Envia aviso por Msn ?:** (checkbox)
- Estado actual:** (empty dropdown menu)
- Observaciones:** *GENERADO AUTOMATICAMENTE POR EL SISTEMA - DIARIO*
- Buttons at the bottom:** Grabar, Borrar, Reenviar avisos, Buscar, Cerrar

Figura 36 – Solicitud de atenciones. Fuente: Elaboración propia.

- Ordenes de trabajo del día: Se agrupan las tareas diarias a realizar según las solicitudes recibidas desde el sistema “GTICKET”, los mantenimientos programados establecidos y las solicitudes cargadas en la opción de Atenciones Solicitadas.
- Ordenes de trabajos pendientes.
- Registro de reparaciones realizadas.
- Registro de reparaciones múltiples.
- Reparaciones realizadas sin finalización.
- Planillas de inspección de equipos.
- Informe técnico por equipo.

- Registro de consumibles.
- Planilla de cierres de ticket
- Planilla mensual de reparaciones.
- Planilla mensual de Solicitudes/Reparación.
- Planilla mensual de Solicitudes de Atención/Reparaciones.
- Planilla mensual de tiempos promedios de Solicitudes de Atención/Reparaciones.
- Estadísticas de reparaciones por equipos biomédicos.
- Estadísticas de reparaciones por personal.
- Estadísticas de reparaciones por equipos.

Capítulo VI

Resultados

6. Resultados.

En este capítulo se describen los resultados obtenidos de los objetivos planteados para la realización de este trabajo de tesis.

6.1. Rediseño de los procesos.

La realización del inventario de los equipos biomédicos identificándolos a cada uno y registrando información relevante mediante la utilización de la nomenclatura UMDNS permitió tener una visión real de los equipos existentes en el parque de la salud, sus especificaciones técnicas, ubicación física, información del proveedor del equipo, datos patrimoniales, fechas de instalación y su situación operativa actual.

Mediante la inclusión de equipos biomédicos en el inventario utilizando el modelo de Fennigkoh y Smith obteniendo el riesgo que representa hacia el paciente explicado en el apartado 4.1, determino específicamente los equipos que debían ser controlados y atendidos por el departamento de “Bioingeniería” permitiendo iniciar correctamente una GEM propiciando el uso eficiente y racional de los recursos.

La nueva organización de los recursos humanos dentro del departamento “Bioingeniería” demostró a través del tiempo las mejoras obtenidas en la disponibilidad operativa de los equipos biomédicos por la distribución correcta de las tareas.

La metodología de gestión de calidad aplicada en los mantenimientos de equipos biomédicos tiene por objetivo provocar un mejoramiento en los procesos de mantenimiento de los equipos generando menores fallas, menores tiempos de indisponibilidad de los equipos y mayor información sobre el estado actual de cada uno.

En el año 2018 se realizaban mantenimientos correctivos a un promedio de 919 equipos biomédicos y mantenimientos preventivos a un promedio de 92 equipos biomédicos mensualmente. Esto da una relación de 91% de mantenimientos correctivos y un 9% de mantenimientos preventivos en el año como se muestra en la figura 37.



Figura 37 – Mantenimientos año 2018. Fuente: Elaboración propia.

En el año 2019 y luego de realizada la reingeniería de los procesos en las tareas de mantenimiento se obtuvo una disminución de los mantenimientos correctivos del 77.2 % y un aumento del 87.6 % en mantenimientos preventivos según se visualiza en la figura 38.

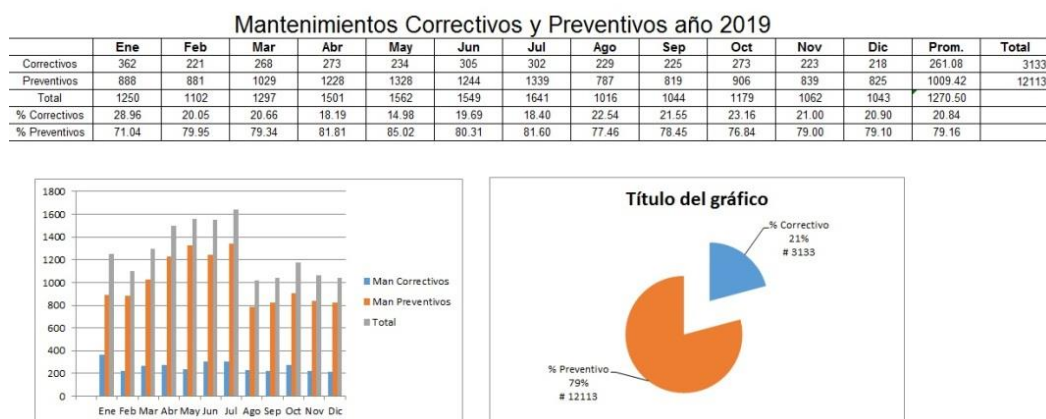


Figura 38 – Mantenimientos año 2019. Fuente: Elaboración propia.

Luego de transcurrido dos años de utilización de los cambios radicales en el departamento de “Bioingeniería” mediante la reingeniería de sus procesos, los estudios comparativos de los mantenimientos realizados en el año 2018 en donde se realizaban las tareas de mantenimiento con el esquema de trabajo anterior, y los mantenimientos realizados en el año 2019 y 2020 donde ya se encontraba aplicada la reingeniería de los procesos, demostró un aumento del 78% de disponibilidad de los equipos biomédicos para la atención de la salud cumplimentando con el objetivo principal de esta tesis.



Figura 39 – Comparativa porcentual de mantenimientos años 2018, 2019, 2020.

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Estandarizar todas las actividades de mantenimientos y administración efectiva de los recursos.

Los mantenimientos que se realizaban en el departamento “Bioingeniería”, como se explicó en el capítulo III, eran principalmente por desperfectos o fallas de los equipos biomédicos por lo que se realizaba un mantenimiento correctivo no teniendo una planificación para la realización de los mantenimientos preventivos.

El Mantenimiento preventivo de equipos médicos es un proceso que se hace de forma periódica para minimizar el riesgo de fallo y continuar la óptima operación de los equipos médicos logrando de esta forma extender su vida útil.

Las tareas de mantenimientos de equipos biomédicos en el departamento “Bioingeniería” no contemplaban la realización de todos los mantenimientos preventivos indicados por los fabricantes, no se disponía de la organización y control para efectuar dichos mantenimientos preventivos, esto provocaba que los equipos tuvieran frecuentes fallas o roturas dando como resultado muestras defectuosas, desconfianza de los profesionales médicos en la realización de estudios y daños irreparables en los equipos.

La incorporación del gerente administrativo para el control de las tareas de mantenimiento organizó dichas tareas con el apoyo de la aplicación informática desarrollada generando una alta disponibilidad de los equipos.

La aplicación informática desarrollada y puesta en ejecución en el departamento como apoyo a todas las tareas de mantenimiento descrita en el capítulo IV, permitió el control de la realización de los mantenimientos preventivos mediante la incorporación de una programación de tareas de mantenimiento preventivo a cada equipo biomédico. Esta programación que se realiza anualmente, agrega automáticamente a las tareas diarias de mantenimientos correctivos, las tareas de mantenimiento preventivo y en caso de no ser realizada en el día programado, continúa agregándose a los días siguientes hasta su realización.

Los requerimientos de mantenimientos correctivos por parte de los médicos y operadores de los equipos biomédicos y los mantenimientos correctivos y preventivos realizados por los técnicos del departamento son guardados en la aplicación informática generando un historial de mantenimientos por cada equipo, dando un conocimiento de la criticidad y estado de cada equipo realizando consultas interactivas permitiendo alta disponibilidad de dicha información desde cualquier equipo informático.

Como principal objetivo de la estandarización de los procesos de mantenimiento es prolongar la vida útil de los equipos biomédicos mediante acciones controladas del funcionamiento del equipo, reducir las paradas inesperadas dando exactitud y confianza en la utilización de los mismos por parte del personal médico los resultados obtenidos en los años 2019 y 2020 como se visualiza en la figura 39 demostrando una mayor disponibilidad en los equipos biomédicos.

6.3. Diseño y desarrollo de una herramienta software.

Como es descrito en el capítulo V, se desarrolló una aplicación informática que permitió automatizar los procesos de mantenimiento de todos los equipos biomédicos inventariados y que cumplieran con las condiciones para controlarlos haciendo que los datos obtenidos se conviertan en información relevante para la toma de decisiones para mejoramiento continuo.

La aplicación informática desarrollada y su puesta en funcionamiento no tuvieron inconvenientes operativos y funcionales basados en la ejecución, visión y funcionalidades definidas previamente para esta aplicación.

La seguridad establecida en dicha aplicación software fue verificada por el gerente administrativo y el gerente técnico, los que lograron constatar que los permisos otorgados a cada usuario del sistema funcionaban correctamente y que solo tienen acceso a los permisos otorgados.

Esta aplicación software permitió:

- Disponer de toda la información referente a cada equipo biomédico inventariado.
- Gestión de inventario de equipos.
- Programación anual de mantenimientos preventivos a cada equipo.
- Asignación de técnicos responsables a grupos afines de equipos.
- Ordenes de trabajo diario de mantenimientos correctivos y preventivos.
- Ordenes de trabajo pendiente.
- Redistribución de órdenes de trabajo en función del personal técnico disponible.
- Controlar las actividades de mantenimiento preventivo
- Controlar las actividades de mantenimiento correctivo.
- Control de disponibilidad del personal técnico.
- Disponibilidad de capacidad instalada.
- Maestro de proveedores de equipos biomédicos.

La aplicación informática permitió que todas las tareas de mantenimiento se realicen en tiempo y forma en cada equipo biomédico mediante el control de las ordenes de trabajo. Toda orden de trabajo tanto de mantenimiento preventivo como mantenimiento correctivo debe ser completada con información del trabajo realizado y realizar un cierre de dicho mantenimiento. Toda orden de trabajo no cerrada permanece como una tarea pendiente en las órdenes de trabajo diario hasta tanto se la complete y se realice su cierre.

Con esta aplicación informática se incorporó al personal del departamento con una cultura del registro necesaria para optimizar los procesos.

6.4. Disponer de información inmediata.

Mediante la carga de todas las tareas de mantenimiento en la aplicación informática desarrollada e implementada en el departamento “Bioingeniería”, permitió disponer de información en forma inmediata de:

- Estado actual de cada equipo biomédico.
- Historial de reparaciones de cada equipo biomédico.
- Planillas mensuales de reparaciones.
- Planillas de tiempos entre ticket y reparación.
- Estadísticas de mantenimientos por personal técnico.
- Estadísticas de mantenimiento por equipo biomédico.
- Estadísticas de mantenimiento por servicios.

La confección de las planillas mensuales de mantenimiento exigidas por la dirección del parque de la salud por convenio de contrato ahora es obtenida en forma inmediata y sin gastos de horas hombre como ocurría anteriormente.

6.5. Distribución de la metodología.

El Ministerio de Salud de la Provincia de Misiones tiene organizado los servicios de salud en la provincia en 6 zonas sanitarias y 19 Áreas Programáticas en las cuales funcionan 42 hospitales y 340 Centros de Atención Primaria de la salud según se visualiza en la figura 40.

Fuente: Ministerio de Salud Publica.- Misiones.

Los resultados obtenidos en la aplicación de esta metodología para el mantenimiento de los equipos biomédicos en el parque de la salud “Dr. Ramón Madariaga” impulsaron a que el Ministerio de Salud de la provincia determine distribuir dicha metodología en otros centros de salud para adecuar la misma metodología de gestión de la calidad en todos los centros de atención de la salud.

Luego de un análisis en conjunto con los directivos de la salud de la provincia de Misiones, y en base a los requerimientos en cada centro se determinó implementarlo en dos hospitales dado sus equipamientos de alta complejidad y la cantidad de habitantes que atienden mensualmente que son:

- Centro de referencia de la Zona, cuenta con servicios de Diagnósticos por imágenes, Internaciones pediátricas, Servicio de Mamografía, Tomografía Computadas.

- Hospital SAMIC de la ciudad de Puerto Iguazú “Dra. Marta Schwarz”.

En el año 2002 se adquirió equipamientos Médicos-Hospitalarios de última generación y se invirtieron \$ 17 millones de pesos y de este modo el nosocomio paso a integrar la Red Nacional de Hospitales de Alta Complejidad.

Para la implementación de esta metodología y tener integrados los servicios de mantenimiento de los equipos en los diferentes centro de salud se determinó implementar el sistema de gestión de mantenimientos de equipos médicos sobre el mismo diseño de base de datos del parque de la salud “Dr., Ramón Madariaga” segmentando la base de datos en forma vertical y distribuir el mismo diseño en forma local en cada uno de los nodos obteniendo una base de datos distribuidas homogénea ya que ofrecen diversas ventajas entre las más importantes es la independencia de los procesos operacionales, la transparencia en el acceso y la localización de información.

El diseño y administración de esta base de datos distribuida debe tener especial consideración en la sincronización de la información, el manejo de consultas, y los mecanismos de control de concurrencia y confiabilidad.

Se estableció como condición para la implementación de la base de datos distribuida:

- Descentralización de datos.
- Eficiencia de acceso a los datos.
- Redundancia.
- Transparencia al usuario.

El funcionamiento de la base de datos distribuida implementada tiene tres tipos de uso:

- Base Central.
 - El sistema informático se conecta a la base de datos central donde se cuenta con la información de mantenimientos locales y además con la información de todos los mantenimientos en cada nodo existente.
- Base Local (fragmento).
 - El sistema informático funciona normalmente conectado a una base de datos local que es una réplica de la base de datos central para el almacenamiento de datos sin requerir de una conexión continua a la base de datos central.

- Integración de la información.
 - El sistema se conecta con la base de datos central y con cada uno de los nodos para sincronizar toda la información generada en forma local en cada nodo con la base de datos central en un horario fuera de las horas picos.

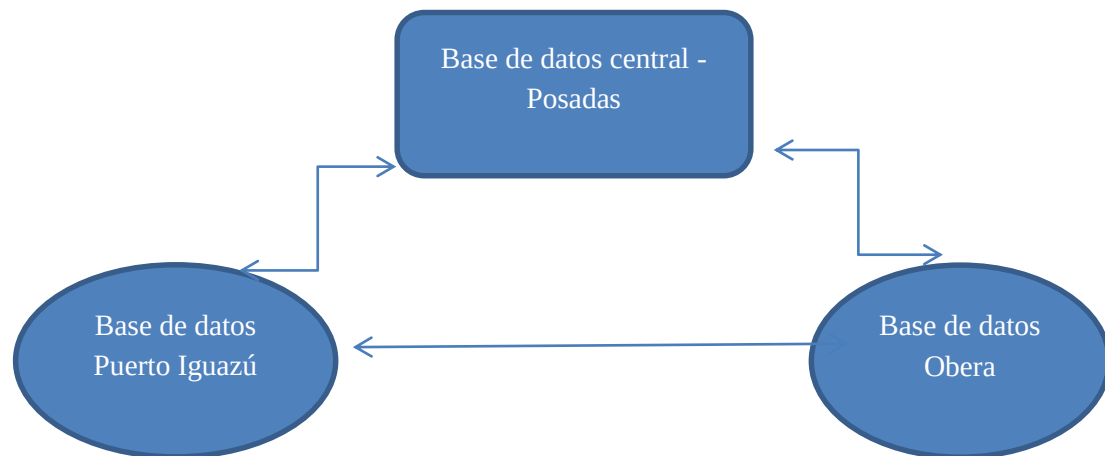


Figura 10 - Ubicación de las bases de datos. Fuente: Elaboración propia.

Geográficamente la distribución de la base central y nodos quedaría según se muestra en la figura 41 donde se muestra la interconexión entre la base central ubicada en la ciudad de Posadas y los nodos en las ciudades de Obera y Puerto Iguazú.



Figura 42 - Interconexión de las bases de datos.

Fuente: Elaboración propia.

El sistema informático se encuentra desarrollado con la capacidad de poder realizar consultas locales como también consultas integradas mediante el acceso a la base de datos central lo que permitirá tener una visión generalizada de los mantenimientos preventivos, mantenimientos correctivos, repuestos disponibles de los equipos biomédicos locales como de los equipos de los tres centros de salud.

- Bases de datos locales (en cada nodo):
 - Una BD instalada en forma local sobre un motor SQL SERVER 2008 R2.
- Base de datos centralizada.
 - Una BD instalada en el parque de la salud “Ramón Madariaga” integrando la información de todos los nodos sobre un motor SQL SERVER 2008 R2.
 - Una BD instalada en forma local sobre un motor SQL SERVER 2008 R2.

Capítulo 7

Conclusiones

7. Conclusiones.

En este capítulo se exponen los objetivos propuestos alcanzados y desafíos derivados de la implementación de este trabajo de tesis, además se proponen posibles líneas de investigación a futuro.

7.1. **Principales contribuciones.**

Los centros de salud públicos provinciales son instituciones que se financian con recursos fiscales asignados por el gobierno provincial y reciben pagos de parte de los sistemas de seguridad social cuando atiende a sus afiliados.

El parque de la salud “Dr. Ramón Madariaga” se financia en parte por ingresos de rentas generales de la provincia, otra parte por fondos del Presupuesto General de la Administración Pública Provincial y por fondos del programa Federal de Salud además de recursos a través de la venta de sus servicios a personas con obras sociales o en caso de no tener obra social, con capacidad de pago.

Los objetivos planteados en este trabajo de tesis como un proyecto integrador mediante la reingeniería aplicada en los procesos de mantenimientos de equipos biomédicos en el parque de la salud “Dr. Ramón Madariaga” sumado al desarrollo e implementación de una aplicación software para el control de las tareas elevó la disponibilidad operativa de los equipos biomédicos en un promedio del 78% en los años 2019 y 2020 comparado con el año 2018 cuando no se contaba con procesos ordenados y estandarizados.

Esta reingeniería aplicada a los procesos de mantenimiento provocó un mejoramiento en las tareas del departamento garantizando la operación segura y máxima prestaciones de todos los equipos biomédicos en uso.

El desarrollo de una aplicación informática como herramienta de apoyo mediante un SGC completo que involucro aspectos técnicos, administrativos, y de gestión permitió

integrar, orientar y ordenar los procesos de mantenimiento y verificación periódica mediante tareas diarias generadas automáticamente por la herramienta software.

La organización de los recursos humanos en el departamento “Bioingeniería” cumplimentando las directivas de la OMS en su documento “Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos” sobre el personal técnico y de gestión necesarios en cada institución médica determino la incorporación de un gerente administrativo en apoyo al Ingeniero a cargo del departamento favoreciendo a la reestructuración y estandarización de las tareas, permitiéndole al ingeniero dedicarse a su trabajo específico lo cual proporcionó una mejoría en los mantenimientos correctivos, que sumados a la correcta realización de los mantenimientos preventivos que se empezaron a realizar en tiempo y forma según indica el fabricante del equipo proporcionó este aumento en la disponibilidad de los equipos biomédicos.

De la misma manera el personal técnico a cargo de las tareas de mantenimientos preventivos y correctivos se mostraron muy conforme con la utilización de la aplicación informática y demostraron un gran entusiasmo en la utilización de esta aplicación para mejorar sus tareas de mantenimiento, teniendo documentación en línea de cada equipo biomédico proporcionada por el fabricante, los mantenimientos preventivos y correctivos realizados generando un historial de mantenimiento disponible desde cualquier dispositivo informático, las fallas detectadas más frecuentes visualizadas a través del historial de cada equipo, logrando un óptimo funcionamiento y disponibilidad operativa de los equipos.

Los beneficios derivados de la implementación de esta reingeniería de procesos en el parque de la salud y sus excelentes resultados en disponibilidad operativa de los equipos como se demostró en el apartado 6.1, determino que la dirección de salud de la provincia propusiera distribuir dicha reingeniería en otros centros de salud de la provincia la cual fue aceptada muy favorablemente por la dirección de los tres centros de salud donde se la distribuyó y permitió organizar y estandarizar los procesos de mantenimiento en dos centros importantes del interior de la provincia de Misiones.

7.2. Desafíos derivados.

La distribución de esta reingeniería de procesos y la implementación de una aplicación software en apoyo a las tareas de mantenimiento sobre una base de datos distribuida donde se registran todas las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo de cada equipos biomédico permitió que los departamentos encargados de estos 3 centros asistenciales de la provincia de Misiones puedan utilizar dicha información para detectar fallas frecuentes, repuestos necesarios según el equipo biomédico que están atendiendo ya que pueden obtener un historial de fallas y reparaciones de dichos equipos de otros centros de salud, además de contar con todos los manuales en línea de cada equipo proporcionada por el fabricante del equipo.

La integración de estos 3 centro de salud en el historial de mantenimientos y reparación cada equipo biomédico ha originado algunas contribuciones no contempladas, es el caso de la disponibilidad de repuestos para cada equipos biomédico, ya que un centro de salud puede consultar las fallas más frecuentes de un equipo biomédico específico y también los repuestos disponibles para ese equipo, en caso de no contar con dicho repuesto y ante el tiempo que requiere la solicitud al fabricante de dicho repuesto, puede solicitar un préstamo a otro centro de salud sabiendo que dicho repuesto se encuentra disponible mediante la consulta on-line agilizando así el tiempo de reparación y disponibilidad de dicho equipo biomédico.

También permitió proporcionar una base para una gestión eficaz de los activos, optimizando la programación de mantenimientos preventivos y el seguimiento de las tareas de mantenimiento, reparaciones, alertas y ordenes de baja de los equipos.

La organización sistemática de la información mediante la utilización de una aplicación informática permitió utilizar métodos automatizados para la administración de los mantenimientos de los equipos y tecnologías biomédicas.

7.3. Futuras líneas de investigación.

En base a la experiencia adquirida en la reingeniería aplicada en este departamento, su distribución en otros dos centros de salud y a los resultados obtenidos se puede sugerir las siguientes líneas de investigación a futuro:

- Actualmente el monitoreo del estado de los equipos biomédicos se obtiene en las tareas de mantenimiento preventivo con la presencia de un técnico o al solicitar una reparación del mismo. Se podría incorporar a cada equipo biomédico un módulo de hardware libre Arduino que transmita a la red informática el estado del equipo, pudiendo esto ser almacenado en la base de datos y ser consultado antes de cada mantenimiento preventivo o en cualquier momento que sea necesario. Cabe aclarar que cada equipo biomédico cuenta con una interfaz de comunicación para consultar el estado actual e informes de errores.
- La utilización de soluciones en la nube es una tendencia mundial, y la disponibilidad de conexiones a internet más rápida y estables permitirían migrar la base de datos actualmente instalada dentro del centro de salud a una solución en la nube permitiendo implementar esta modalidad en mas centro de salud de la provincia integrándolos en forma inmediata con solo disponer de conexión a internet.

Bibliografía

- [1] Organización Internacional de Normalización [ISO]., “ISO 9001:2015(es), Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos.” [Online].<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es> (Accedido: 02-Nov-2021).
- [2] C. de R. P. de Misiones., “LEY XVII-Nº 70,” 2020. [Online].<https://salud.misiones.gob.ar/wp-content/uploads/2017/07/LEY-XVII-N70-Parque-de-la-Salud.pdf>. (Accedido: 10-Nov- 2021)
- [3] O. M. de la Salud, “Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos,” *Serie de documentos tecnicos de la OMS sobre dispositivos médicos*, 2012.[Online].http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44830/1/9789243501536_spa.pdf (Accedido: 10-Ago-2021).
- [4] D. D. I. Biomédica, “Control de las funciones operativas de un Departamento de Ingeniería Biomédica,” *Rev. Mex. Ing. Biomédica*, vol. 1, no. XXVIII, pp. 13–20, 2007.
- [5] Moubray J., “Reliability-centered Maintenance - John Moubray - Google-kirjat,” 1999. [Online].<https://www.elsevier.com/books/reliability-centered-maintenance/moubray/978-0-7506-3358-1> (Accedido: 15-Ago2021).
- [6] González Vegas J., “Informe sobre la salud en el mundo 2006 - Colaboremos por la salud,” *Vitae Acad. Biomédica Digit.*, no. 29, p. 7, 2006.
- [7] Estrada Puerta S., Cifuentes Rodriguez P., “Gestión de mantenimiento de equipos médicos en la fundación clínica infantil Club Noel,” *instnameUniversidad Autónoma Occident.*, Feb. 2011, [Online].<http://hdl.handle.net/10614/1141> (Accedido: 15-Sep-2021).
- [8] MEJIA D. L., Meza Contreras L.G., Galvis F., and A. T, “DISEÑO DE PROCEDIMIENTO PARA RIESGO BIOLÓGICO IMPLEMENTADO EN UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPO BIOMÉDICO,” *Sci. Tech. Año XVI*, vol. 44, 2010.
- [9] Berwick D. M., “Continuous Improvement as an Ideal in Health Care,” *N. Engl. J.*

- Med.*, vol. 320, no. 1, pp. 53–56, Jan. 1989, doi: 10.1056/nejm198901053200110.
- [10] Organización Mundial de la Salud [OMS], “Introducción a la gestión de inventarios de equipo médico,” *Ser. Doc. Tec. la OMS sobre Dispos. médicos*, pp. 1–36, 2012, [Online].http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44817/1/9789243501390_spa.pdf. (Accedido: 17-Jul-2021).
- [11] Beniacoub F., Ntwari F., Niyonkuru J. P., Nyssen M., and Van Bastelaere S., “Evaluating a computerized maintenance management system in a low resource setting,” *Health Technol. (Berl)*, vol. 11, no. 3, pp. 655–661, Feb. 2021, doi: 10.1007/s12553-021-00524-y.
- [12] Organización Mundial de la Salud [OMS]., “3.5 Medical devices: Nomenclature system 3.5.1. Introduction,” [Online].https://www.who.int/medical_devices/priority/3_5.pdf. (Accedido: 17-Jul-2021).
- [13] Organización Mundial de la Salud [OMS]., “Evidence and Information for Policy (EIP) Organization of Health Services Delivery(OSD),” 2000, [Online]. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/66333/WHO_EIP_00.1.pdf?sequence=1. (Accedido: 23-Ago-2021).
- [14] Organización Mundial de la Salud [OMS]., “Recursos humanos para gestión de dispositivos médicos,” p. 12, 2012, [Online]. www.who.int. (Accedido 17-Ago-2021).
- [15] Porta F., and Baruj G., “Equipamiento Médico,” 2012, [Online]. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/equipamiento_medico_doc.pdf. (Accedido: 21-Ago-2021).
- [16] A. y T. M. (ANMAT). Administración Nacional de Medicamentos, ““2012 – Año de homenaje al Dr. D. MANUEL BELGRANO,”” p. 2012, 2012.
- [17] CEE, “Directiva 93/42/Cee Del Consejo,” 2007, [Online]. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1993L0042:20071011:ES:PDF>. (Accedido: 11-Ago-2021).
- [18] M. de y D. H. P. de la N. Justicia, “MERCOSUR/GMC/RES REGLAMENTO

- TECNICO MERCOSUR DE REGISTRO DE PRODUCTOS MEDICOS (DEROGACION DE LA RESOLUCION GMC N° 37/96),” 2020. [Online]. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/60000-64999/63755/norma.htm> (Accedido_ 15-Sep-2021).
- [19] Sanchez Lacuesta J.,and Ferrus J. , “Revista de biomecánica. 1996, N°. 11 (abril) - Dialnet - Actividades de normalización de la sección de ayudas técnicas la Directiva Europea 93/42/CEE.,” 1996. [Online]. <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/404466> (Accedido: 20-Sep-2021).
- [20] C. E. de Normalizacion., “EN 13306:2017 - Maintenance - Maintenance terminology.”, [Online]. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/5af77559-ca38-483a-9310-823e8c517ee7/en-13306-2017> (Accedido: 24-Ago-2021).
- [21] Moubray J., “Reliability-Centered Maintenance 2nd Edition,” p. 440, 1999.
- [22] Boucly F. and A. E. D. N. Y. Certificación, “Gestión del mantenimiento,” p. 310, 1999.
- [23] Organización Mundial de la Salud [OMS]., “Recursos humanos para gestión de dispositivos médicos,” p. 12, 2012, [Online]. www.who.int.(Accedido: 10-Ago-2021).
- [24] Amozarrain M., “La gestion de Procesos,” *Editor. Mondragon*, 1999, [Online]. <https://www.medigraphic.com/pdfs/infodir/ifd-2012/ifd1215l.pdf>.(Accedido: 15-Ago-2021).
- [25] Varo J., “GESTIÓN ESTRATÉGICA DE LA CALIDAD EN LOS SERVICIOS SANITARIOS: Un modelo de gestión hospitalaria,” *Ediciones Díaz de Santos, S.A.*, 1994, [Online].<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=24882> (Accedido: 13-Ago-2021).
- [26] Martínez J. M., “Índice de ponencias | Revista de Calidad Asistencial,” *Obstáculos y elementos facilitadores para la implantación de la gestión por procesos en instituciones sanitarias*, 2002. [Online].<https://www.elsevier.es/es-revista-revista-calidad-asistencial-256-articulo-indice-ponencias-13037197> (Accedido: 13-Ago-2021).

- [27] Navarro E., “Gestión y reingeniería de procesos,” 2003, [Online]. http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/jrmc/Control_y_Gestion_Estrategicos_II/articulos_relacionados/Gestion_y_reingenieria_de_procesos.pdf.(Accedido: 13-Ago-2021).
- [28] Pérez Andrés G., Gisbert Soler V.,and Perez Bernabeu E.,“Reingeniería de procesos - 3Ciencias,” *BUSINESS REINGENERING PROCESS*, 2017. [Online]. <https://www.3ciencias.com/articulos/articulo/reingenieria-de-procesos/> (Accedido: 28-Oct-2021).
- [29] Hammer M. 1948-2008., *Reengineering the corporation : a manifesto for business revolution* /. HarperBusiness Essentials, 2003.
- [30] Davenport T. H., Short J. E., and S. S. of M. C. for I, “The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign,” *Information Technology and Business Process Redesign*, 2011. [Online]. https://books.google.com.ar/books?id=W4QeywAACAAJ&dq=the+new+industrial+engineering&hl=&cd=1&redir_esc=y (Accedido: 13-Ago-2021).
- [31] Grouard B., “Reingeniería del cambio : diez claves para transformar la empresa / Benoît Grouard, Francis Meston,” p. 233, 1995, [Online]. <https://bib.ubp.edu.ar/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=17488>.(Accedido: 19-Ago-2021).
- [32] Teng J. T. C., Grover V., and Fiedler K. D., “Business Process Reengineering: Charting a Strategie Path for the Information Age,” *Calif. Manage. Rev.*, vol. 36, no. 3, pp. 9–31, Apr. 1994, doi: 10.2307/41165753.
- [33] Olalla M. F., “Information technology in business process reengineering,” *Int. Adv. Econ. Res.*, vol. 6, no. 3, pp. 581–589, 2000, doi: 10.1007/BF02294975.
- [34] Attaran M., “Exploring the relationship between information technology and business process reengineering,” *Inf. Manag.*, vol. 41, no. 5, pp. 585–596, May 2004, doi: 10.1016/S0378-7206(03)00098-3.
- [35] Kettinger W. J., Teng J. T. C., and Guha S., “Business process change: A study of methodologies, techniques, and tools,” *MIS Q. Manag. Inf. Syst.*, vol. 21, no. 1, pp. 55–79, 1997, doi: 10.2307/249742.

- [36] Senge P., “La Quinta Disciplina: El Arte Y la Practica de la Organizacion Abierta Al ... - Peter M. Senge - Google Libros,” 2005, [Online]. <https://www.gestiopolis.com/la-quinta-disciplina-y-la-organizacion-abierta-al-aprendizaje/>.(Accedido: 13-Ago-2021).
- [37] Isotools Excellence, “Requisitos clave de los procesos en las organizaciones,” 2017. [Online] <https://www.isotools.org/2017/08/09/requisitos-clave-procesos-organizaciones/> (Accedido: 17-Ago-2021).
- [38] CEMIOT, “Problemas Durante la Implementación ISO 9001 | Cemiot Internacional,” *Eniso 9001*, 2012. [Online]. <https://www.cemiot.com/inicio/problemas-durante-la-implementacion-iso-9001/> (Accedido: 17-Ago-2021).
- [39] Carrada Bravo T., “Reingeniería en sistemas de salud. Diseño de un nuevo modelo cultural,” *Rev. Med. Inst. Mex. Seguro Soc.*, vol. 40, no. 2, pp. 127–135, 2002.
- [40] Emparan C., “Reingeniería de procesos sanitarios,” *Rev. Calid. Asist.*, vol. 24, no. 6, pp. 237–238, Nov. 2009, doi: 10.1016/j.cali.2009.02.004.
- [41] Lorenzo L., Bacigalupe M., and Arcelay A., “Aplicación de la gestión por procesos a las unidades De atención al usuario,” *Rev. Calid. Asist.*, vol. 17, no. 6, pp. 353–357, Jan. 2002, doi: 10.1016/S1134-282X(02)77529-5.
- [42] Paschetta F., Cian L., and Gentiletti G., “Gestión de Equipamiento Médico , Directivas de la OMS y Experiencia en el Sistema de Salud Público de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires .,” 2012. [Online]. https://www.researchgate.net/publication/296849811_Gestion_de_Equipamiento_Medico_Directivas_de_la_OMS_y_Experiencia_en_el_Sistema_de_Salud_Publico_de_la_Ciudad_Autonoma_de_Buenos_Aires (Accedido: 23-Ago-2021).
- [43] INV, “InfoLEG - Ministerio de Economía y Finanzas Públicas - Argentina,” 2018. [Online].<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/205000-209999/207131/norma.htm> (Accedido 17-May-2021).
- [44] Claveranne J., adn Pascal C., “Repenser les processus à l’hôpital. Une méthode au service de la performance.” p. 254, 2004, [Online]. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00873731/>.(Accedido: 03-Mar-2021).

- [45] Deming W., and Edwards D., “Quality, productivity, and competitive position,” 1982, [Online]. <http://gpsinc.us/files/Deming.pdf>.(Accedido: 17-Mar-2021).
- [46] Melão N, and Pidd M., “A conceptual framework for understanding business processes and business process modelling,” *Inf. Syst. J.*, vol. 10, no. 2, pp. 105–129, 2000, doi: 10.1046/j.1365-2575.2000.00075.x.
- [47] Bello E., “Descubre qué es el Extreme Programming y sus características,” *Iebs*, p. 1, Apr. 2021, [Online]. <https://www.iebschool.com/blog/que-es-el-xp-programming-agile-scrum/>.(Accedido 03-Dic-2021).
- [48] Vivas L., Cambarieri M., García Martínez N., Petroff M., and Muñoz Abbate H., “Un marco de trabajo para la Integración de Arquitecturas de Software con Metodologías Ágiles de Desarrollo,” p. 10, 2013, [Online]. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/31759#?>.(Accedido: 05-Dic-2021).
- [49] Beck K.,and Molina J., “Una explicación de la programación extrema: aceptar el cambio,” p. 189, 2002, [Online]. <https://books.google.com.co/books?id=8nvWPAAACAAJ>.(Accedido: 09-Nov-2021).
- [50] Vila J. L., “La Metodología XP: la metodología de desarrollo de software más existosa,” *Agile & Scrum, Agilidad y Gestión Ágil*, 2016. [Online]. <https://proagilist.es/blog/agilidad-y-gestion-agil/agile-scrum/la-metodologia-xp/%0Ahttps://proagilist.es/blog/agilidad-y-gestion-agil/agile-scrum/la-metodologia-xp/#:~:text=La Metodología Xp%3A El Ciclo de vida,-Al igual que&text=Entender lo que el clien> (Accedido: 15-Jun-2021).
- [51] Jeffries R., Anderson A., and Hendrickson C., “Extreme Programming Installed - Ron Jeffries, Ann Anderson, Chet Hendrickson - Google Libros,” 2000. [Online]. https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=5ZuPjdO8LLoC&oi=fnd&pg=PR13&ots=OKOAvkUY0D&sig=H5TepoKR4mGi8sjwhLvXMPark0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (Accedido: 17-Ago-2021).
- [52] O. Argentina., “¿Qué es una base de datos? | Oracle Argentina.”, [Online]. <https://www.oracle.com/ar/database/what-is-database/> (Accedido: 21-Jun-2021).
- [53] Silberschatz A., Korth H., and Sudarshan S., “Fundamentos de bases de datos,”

- Victoria, p. 787, 2002, [Online]. :
https://books.google.com/books/about/Fundamentos_de_bases_de_datos.html?hl=es&id=ntE0PwAACAAJ.(Accedido: 20-Ago-2021).
- [54] Özsü M. T., and Valdúriez P., “Principles of distributed database systems, third edition,” *Princ. Distrib. Database Syst. Third Ed.*, pp. 3–5, 2011, doi: 10.1007/978-1-4419-8834-8.
- [55] Almúa F. I., “Análisis de las principales características de los modelos de gestión hospitalaria de alta complejidad en la provincia de Misiones,” *Visión de Futuro*, 2019. [Online].
<https://visiondefuturo.fce.unam.edu.ar/index.php/visiondefuturo/article/view/327/233> (Accedido: 29-Ago-2021).
- [56] Avila Perona E., and Vázquez P., “Gestión de Calidad ISO 9001-2008, en el Servicio Ingeniería Clínica Hospital Estatal Descentralizado Dr. G. Rawson San Juan,” *Revista Argentina de Bioingeniería*, 2012. [Online].
<https://sumacmezzabar.com/amp/17166962-Gestion-de-calidad-iso-9001-2008-en-el-servicio-de-ingenieria-clinica-del-hospital-estatal-descentralizado-dr-g-rawson-san-juan.html> (Accedido: 15-Sep-2021).
- [57] Boschetti L., “La Nueva Calidad ISO 9001 : 2015 Despega Rápidamente y Continúa la.”, [Online].
https://books.google.com.ar/books/about/La_Nueva_Calidad_ISO_9001_2015_Despega_R.html?id=2gootAEACAAJ&redir_esc=y (Accedido: 31-Ago-2021).
- [58] Leal G. H., ISO and 9001, “El principio del enfoque basado en procesos,” 2017. [Online]. <https://es.linkedin.com/pulse/el-principio-de-enfoque-basado-en-procesos-iso-henry-j-leal-g-> (Accedido: 17-Ago-2021).
- [59] Sobral J., and Guedes Soares C., “Preventive Maintenance of Critical Assets based on Degradation Mechanisms and Failure Forecast,” in *IFAC-PapersOnLine*, Jan. 2016, vol. 49, no. 28, pp. 97–102, doi: 10.1016/j.ifacol.2016.11.017.
- [60] Ardila Marín J. G., Ardila Marín M. I.I., Rodríguez Gaviria D., and Hincapié Zuluaga D. A., “La gerencia del mantenimiento: una revisión,” *Dimens. Empres.*, vol. 14, no. 2, p. 14, 2016, doi: 10.15665/rde.v14i2.480.

- [61] Hernández-Cedillo C., Mejía-Rodríguez A. R., and Dorantes-Mendez G. “Diseño e Implementación de un Sistema Computarizado para la Gestión de Equipo Médico,” *Memorias del XXXIX Congr. Nac. Ing. Biomédica*, pp. 260–263, 2017.