

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Industrial

Propuesta de mejora del plan de mantenimiento preventivo de equipos médicos, mediante un sistema ERP y un aplicativo móvil en las áreas de Unidad de Cuidados Intensivos, Neonatología y Quirófano de una clínica privada ubicada en la ciudad de Cuenca

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial


Autor:

Damián Augusto Macas Paucar

Bryan Andrés Morocho Guerra

Director:

Freddy Eduardo Narváez Buestán

ORCID:  0000-0003-3877-8080

Cuenca, Ecuador

2025-08-06

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo proponer la mejora del plan de mantenimiento preventivo actual de los equipos médicos, mediante un sistema ERP y una aplicación móvil en una clínica privada ubicada en la ciudad de Cuenca. Esta propuesta busca abordar las limitaciones actuales del proceso como el seguimiento de las actividades diarias, frecuencias de visitas sin respaldo en alguna norma, entre otros. Además, mejorar la trazabilidad y control de las actividades que se realizan en el área de mantenimiento de una manera eficiente. La solución que se plantea es integrar un sistema ERP y un aplicativo móvil para la gestión del mantenimiento preventivo, para de este modo tener un mayor control en las actividades que se realizan en esta empresa, y además realizar un análisis de frecuencias de mantenimiento y también costos por visitas. El proyecto se centra en un plan piloto para las áreas de Unidad de Cuidados Intensivos, Neonatología y Quirófanos mediante un conjunto específico de equipos médicos para la recopilación de datos y el análisis de los mismos. Para que con ello la clínica pueda realizar eficientemente las actividades de mantenimiento y tomar decisiones en base a datos estudiados cuidadosamente.

Palabras clave del autor: aplicativo móvil, sistema integrado, visitas técnicas, mantenimiento preventivo, entorno médico



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

The present research aims to propose the improvement of the current preventive maintenance plan of medical equipment, through an ERP system and a mobile application in a private clinic located in the city of Cuenca. This proposal seeks to address the current limitations of the process such as the monitoring of daily activities, visit frequencies without support in any standard, among others. In addition, to improve traceability and control of the activities performed in the maintenance area in an efficient manner. The solution proposed is to integrate an ERP system and a mobile application for the management of preventive maintenance, in order to have greater control over the activities performed in this company, and also to perform an analysis of maintenance frequencies and costs per visit.

The project focuses on a pilot plan for the Intensive Care Unit, Neonatology and Operating Room areas using a specific set of medical equipment for data collection and analysis. So that the clinic can efficiently perform maintenance activities and make decisions based on carefully studied data.

Author Keywords: mobile application, integrated system, technical visits, preventive maintenance, medical environment



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

| | |
|---|----|
| Capítulo 1: Generalidades | 13 |
| 1.1 Introducción | 13 |
| 1.2 Identificación del problema..... | 13 |
| 1.3 Objetivo general..... | 14 |
| 1.4 Objetivos específicos | 14 |
| Capítulo 2: Marco teórico | 15 |
| 2.1 Mantenimiento | 15 |
| 2.2 Tipos de mantenimiento..... | 15 |
| 2.3 Inspección y mantenimiento preventivo..... | 16 |
| 2.4 El mantenimiento preventivo | 16 |
| 2.5 Mantenimiento correctivo | 16 |
| 2.6 Plan de mantenimiento..... | 16 |
| 2.6.1 Plan de mantenimiento basado en manuales del fabricante..... | 16 |
| 2.6.2 Plan de mantenimiento basado en la experiencia | 17 |
| 2.6.3 Plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) | 17 |
| 2.7 Norma SAE JA1011 y SAE JA1012 | 17 |
| 2.8 Importancia de un plan de mantenimiento preventivo | 18 |
| 2.9 Organización del mantenimiento preventivo..... | 19 |
| 2.10 Criticidad de equipos..... | 19 |
| 2.11 Frecuencias de mantenimiento | 20 |
| 2.12 Indicadores de mantenimiento | 20 |
| 2.12.1 Tiempo medio entre fallas (MTBF) | 21 |
| 2.12.2 Tiempo medio para reparar (MTTR)..... | 21 |
| 2.12.3 Disponibilidad..... | 21 |
| 2.12.4 Confiabilidad | 22 |
| 2.12.5 Mantenibilidad | 22 |
| 2.12.6 Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo..... | 22 |
| 2.13 Plan piloto | 23 |
| 2.14 Metodología para la ejecución de un plan de mantenimiento preventivo | 23 |
| 2.15 Ciclo de mejora PHVA..... | 24 |
| 2.16 Método 5W+2H..... | 24 |
| 2.17 Sistemas para organizar y planificar el mantenimiento..... | 24 |
| 2.17.1 Sistema de planificación de recursos empresariales (ERP)..... | 24 |
| 2.17.2 Gestión de activos empresariales (EAM)..... | 24 |
| 2.17.3 Sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora | 25 |
| 2.17.4 Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento (CMMS)..... | 25 |
| 2.18 Plataformas que permiten crear aplicaciones..... | 25 |
| 2.18.1 ¿Qué es una aplicación web (ZERO CODE)?..... | 25 |
| 2.18.2 APPSHEET | 26 |

| | |
|--|-----------|
| 2.18.3 Metodología de creación de aplicaciones..... | 27 |
| Capítulo 3: Marco Metodológico | 27 |
| Capítulo 4: Desarrollo de la metodología | 31 |
| 4.1 Levantamiento de información | 31 |
| 4.1.1 Identificación de equipos | 31 |
| 4.1.2 Recolección de manuales | 32 |
| 4.1.3 Fichas técnicas | 32 |
| 4.2 Entrevistas | 33 |
| 4.3 Análisis del área de mantenimiento..... | 33 |
| 4.3.1 Situación actual..... | 33 |
| 4.3.2 Estructura organizacional en el área de mantenimiento | 34 |
| 4.4 Diagnóstico del plan de mantenimiento..... | 35 |
| 4.4.1 Plan de mantenimiento actual | 35 |
| 4.5 Desarrollo de la propuesta para la mejora del plan de mantenimiento | 36 |
| 4.5.1 Identificación de equipos críticos..... | 36 |
| 4.5.2 Matriz de frecuencias de mantenimiento preventivo..... | 42 |
| 4.5.3 Plan de mantenimiento preventivo | 47 |
| 4.5.4 Plan de mantenimiento individual..... | 47 |
| 4.5.5 Plan de mantenimiento preventivo anual..... | 49 |
| 4.5.6 Formularios de registros..... | 49 |
| 4.5.7 Propuesta de integración del plan de mantenimiento preventivo mejorado | 49 |
| 4.6 Desarrollo del aplicativo móvil y del sistema ERP | 49 |
| 4.6.1 Metodología para la creación de la aplicación..... | 49 |
| 4.6.1.1 Creación de la aplicación | 50 |
| 4.6.1.2 Requerimientos | 50 |
| 4.6.1.3 Planeación de la base de datos | 50 |
| 4.6.1.4 Composición de las hojas de cálculo de Google | 50 |
| 4.6.1.5 Creación de la aplicación y vinculación con las hojas de cálculo..... | 50 |
| 4.6.1.6 Personalización y pruebas | 51 |
| 4.6.1.7 Capacitación, acceso y mejoras | 51 |
| 4.6.1.8 Monitoreo | 51 |
| 4.6.2 Aplicación de Checklist | 52 |
| 4.6.2.1 Registro de datos | 52 |
| 4.6.2.2 Registro en la hoja de cálculo de Google – Checklist..... | 54 |
| 4.6.2.3 Indicadores de cumplimiento de actividades | 54 |
| 4.6.3 Aplicación para registro de fallas..... | 55 |
| 4.6.3.1 Registro de datos | 55 |
| 4.6.3.2 Registro en la hoja de cálculo de Google - Registro de fallas..... | 56 |
| 4.6.3.3 Aplicación para realizar el registro de mantenimiento preventivo | 56 |

| | |
|--|-----------|
| 4.6.3.4 Registro en la hoja de cálculo de Google - Actividades | 58 |
| 4.7 Sistema ERP..... | 58 |
| 4.7.1 Fases de la implantación <i>Odoo Implementation Methodology</i> | 59 |
| 4.7.1.1 Análisis de las necesidades empresariales | 59 |
| 4.7.1.2 Prototipo Completo..... | 59 |
| 4.7.1.3 Importación de Datos y Desarrollo Específico | 59 |
| 4.7.1.4 Validación y Formación | 59 |
| 4.7.1.5 Despliegue y puesta en producción..... | 60 |
| 4.7.1.6 Segundo despliegue..... | 60 |
| 4.7.1.7 Estructura del módulo de mantenimiento en Odoo..... | 60 |
| 4.7.1.8 Interfaz del ERP con los módulos..... | 61 |
| 4.7.1.9 Módulo de interfaz de equipos de mantenimiento | 61 |
| 4.7.1.10 Módulo de interfaz para la introducción de los equipos al sistema | 62 |
| 4.7.1.11 Módulo de interfaz de los equipos médicos para mantenimiento..... | 62 |
| 4.7.1.12 Módulo de interfaz de registro de mantenimiento | 63 |
| 4.7.1.13 Módulo de Interfaz Kanban de los equipos de mantenimiento..... | 63 |
| 4.7.1.14 Módulo de Interfaz de calendario de mantenimiento | 63 |
| 4.7.1.15 Módulo de interfaz de los informes de mantenimiento..... | 63 |
| 4.8 Diseño del plan piloto | 63 |
| 4.8.1 Plan piloto | 63 |
| 4.9 Capacitación al personal..... | 66 |
| 4.10 Ejecución del plan piloto..... | 66 |
| 4.10.1 Peticiones o solicitudes de mantenimiento | 66 |
| 4.10.2 Estado de los equipos para mantenimiento..... | 67 |
| 4.10.3 Establecimiento del cronograma de mantenimiento | 67 |
| 4.10.4 Acceso y ejecución de la aplicación | 68 |
| 4.11 Monitoreo y recopilación | 69 |
| 4.11.1 Fallas y tiempo de reparación | 69 |
| 4.11.2 Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo..... | 69 |
| Capítulo 5: Resultados y discusión | 72 |
| 5.1 Comparación de los planes de mantenimiento..... | 72 |
| 5.2 Costos..... | 73 |
| 5.3 Indicadores | 73 |
| 5.3.1 Actividades de mantenimiento ejecutadas..... | 73 |
| 5.3.2 Indicador de funcionamiento | 74 |
| 5.3.3 Indicador de operatividad | 75 |
| 5.3.4 Indicador de disponibilidad | 75 |
| 5.3.5 Indicador de confiabilidad..... | 76 |
| 5.3.6 Indicador de mantenibilidad..... | 77 |

| | |
|---|-----------|
| 5.4 Retroalimentación | 78 |
| 5.5 Discusión | 78 |
| Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones | 79 |
| 6.1 Conclusiones | 79 |
| 6.2 Recomendaciones | 81 |
| Referencias | 82 |
| Anexos | 86 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Tipos de mantenimiento de equipos médicos | 15 |
| Figura 2. Proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad | 18 |
| Figura 3. Resumen de plataformas “zero code” | 26 |
| Figura 4. Metodología | 28 |
| Figura 5. Ejemplo de la estructura del inventario | 32 |
| Figura 6. Formato para realizar las fichas. | 33 |
| Figura 7. Organigrama del área de mantenimiento | 35 |
| Figura 8. Matriz de evaluación de frecuencia de falla | 36 |
| Figura 9. Matriz de evaluación de consecuencias | 37 |
| Figura 10. Matriz de Criticidad..... | 38 |
| Figura 11. Rangos de los valores de criticidad | 39 |
| Figura 12. Estadística análisis de criticidad de los equipos del área de Quirófano | 39 |
| Figura 13. Estadística análisis de criticidad de los equipos del área de Neonatología..... | 40 |
| Figura 14. Estadística análisis de criticidad de los equipos del área de UCI..... | 40 |
| Figura 15. Nivel de criticidad | 41 |
| Figura 16. Clasificación porcentual por nivel de criticidad | 41 |
| Figura 17. Escala de valoración según el riesgo físico | 42 |
| Figura 18. Escala de valoración según la función del equipo | 42 |
| Figura 19. Escala de valoración según la función del equipo | 43 |
| Figura 20. Escala de valoración según el desgaste mecánico..... | 43 |
| Figura 21. Escala de valoración según la frecuencia de uso | 44 |
| Figura 22. Escala de valoración según la frecuencia de uso | 44 |
| Figura 23. Escala de valoración para determinar la frecuencia de mantenimiento | 44 |
| Figura 24. Estadística de la frecuencia de mantenimiento de los equipos del área de Quirófano..... | 45 |
| Figura 25. Estadística de la frecuencia de mantenimiento de los equipos del área de Neonatología | 45 |
| Figura 26. Estadística de la frecuencia de mantenimiento de los equipos del área de UCI | 46 |
| Figura 27. Frecuencia de mantenimiento preventivo | 46 |
| Figura 28. Clasificación porcentual por frecuencia de mantenimiento | 47 |
| Figura 29. Plan maestro de mantenimiento preventivo del Electrocauterio..... | 48 |
| Figura 30. Abreviaciones de actividades de mantenimiento preventivo. | 48 |
| Figura 31. Metodología para la creación de la aplicación | 52 |
| Figura 32. Registro de datos en el formulario | 53 |
| Figura 33. Checklist diario | 53 |
| Figura 34. Otros aspectos relacionados a la checklist | 54 |
| Figura 35. Base de datos referente a los Checklist | 54 |
| Figura 36. Indicadores de cumplimiento..... | 55 |
| Figura 37. Datos para el registro de fallas | 55 |

| | |
|---|----|
| Figura 38. Otros datos respecto a la falla reportada | 56 |
| Figura 39. Registro de fallas en las hojas de cálculo de Google..... | 56 |
| Figura 40. Listas de verificación de actividades de mantenimiento preventivo - Electrocauterio | 57 |
| Figura 41. Plan de mantenimiento preventivo AppSheet..... | 57 |
| Figura 42. Detalles sobre el Plan de Mantenimiento Preventivo - Bisturí armónico | 58 |
| Figura 43. Base de datos del Plan de Mantenimiento Preventivo - Bisturí armónico | 58 |
| Figura 44. Metodología Odo Implementation Methodology..... | 60 |
| Figura 45. Módulo de interfaz de pantalla inicial..... | 61 |
| Figura 46. Interfaz de las empresas de mantenimiento | 61 |
| Figura 47. Interfaz para la creación de los equipos en el programa..... | 62 |
| Figura 48. Interfaz de los equipos | 62 |
| Figura 49. Interfaz de las peticiones de mantenimiento..... | 66 |
| Figura 50. Interfaz del estado de los equipos de mantenimiento | 67 |
| Figura 51. Interfaz del calendario de mantenimiento | 68 |
| Figura 52. Link para descargar la aplicación | 68 |
| Figura 53. % de cumplimiento actividades de mantenimiento | 74 |
| Figura 54. Indicador de disponibilidad | 76 |
| Figura 55. Indicador de confiabilidad..... | 77 |
| Figura 56. Indicador de mantenibilidad..... | 78 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Descripción de la metodología | 28 |
| Tabla 2. Tabla de la herramienta 5W+2H para el plan piloto | 64 |
| Tabla 3. Cantidad de fallas y tiempo de reparación de los equipos..... | 69 |
| Tabla 4. Tareas planificadas y ejecutadas de los equipos | 70 |
| Tabla 5. Comparación del plan actual y el plan propuesto | 72 |
| Tabla 6. Contraste de costos | 73 |
| Tabla 7. Tiempo medio entre fallas (MTBF)..... | 74 |
| Tabla 8. Indicador tiempo medio de reparación (MTTR)..... | 75 |
| Tabla 9. % de disponibilidad de los equipos | 75 |
| Tabla 10. % de confiabilidad de los equipos | 76 |
| Tabla 11. % de mantenibilidad de los equipos | 77 |

Dedicatorias

Dedicada a mi papá, a mi mamá y a mis hermanos, quienes son mi inspiración para seguir adelante.

Bryan Andrés Morocho Guerra

Dedicado a mis padres por el apoyo moral durante el transcurso de esta vida académica, por la formación con buenos hábitos y por haberme inculcado valores de superación que me han ayudado a seguir adelante para lograr mis metas.

Damián Augusto Macas Paucar

Agradecimientos

Agradezco a mis papás; Vicente Morocho y Mariana Guerra, quienes fueron los que me apoyaron en todo momento y en todos los sentidos de inicio a fin, nunca dejaron que me rindiera y siempre me aconsejaron seguir adelante. A mis hermanos; Karen y Lucas, quienes son mi motor y me dan fuerza para seguir adelante y dar lo mejor de mí. Gracias a ustedes soy la persona que soy y les dedicaría un millón de tesis agradeciéndoles por todo.

A Dios, que a pesar de que a veces dudo de su existencia, sé que siempre está presente guiándome y colocándome en el lugar y momento preciso en esta aventura llamada Vida.

Por último, pero no menos importante, gracias a todas las personas que estuvieron presentes acompañándome y apoyándome, gracias a todos mis amigos y a mi familia.

Bryan Andrés Morocho Guerra

Principalmente agradecer a Dios por haberme guiado por los buenos caminos, por la fuerza que me da para no rendirme y por las bendiciones que me brinda cada día.

A mis padres que son los pilares para que este trabajo se cumpla con éxito, por su apoyo y consejos en aquellos momentos difíciles.

A mis compañeros y profesores, por compartir sus conocimientos y poner en práctica en mi vida profesional.

Damián Augusto Macas Paucar

Agradecemos a nuestro tutor el Ing. Freddy Narváez, por su guía y enseñanzas. También a la Clínica que nos abrió sus puertas y a todo su personal; sobre todo gracias al personal de Mantenimiento, al Jefe de Mantenimiento y a los Técnicos.

A la Universidad de Cuenca por su formación de calidad y por brindar los recursos necesarios para la adquisición de conocimientos.

Autores

Capítulo 1: Generalidades

1.1 Introducción

Según Patnaik et al. (2025), el uso de equipos médicos es vital para dar un satisfactorio servicio a los clientes, es por eso que el mantenimiento preventivo de equipos médicos es un aspecto crítico en la gestión hospitalaria, ya que garantiza el funcionamiento seguro y eficiente de los dispositivos utilizados en la atención de pacientes. En la actualidad, muchas instituciones de salud enfrentan desafíos como altos costos, tiempos prolongados de mantenimiento y dependencia de proveedores externos, lo que puede comprometer la disponibilidad de los equipos y, en última instancia, la calidad del servicio médico. Estos problemas resaltan la necesidad de optimizar los procesos de mantenimiento para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos.

Guerrero & Marín (2018) en este contexto exponen que la implementación de un sistema de planificación de recursos empresariales (ERP) se presenta como una solución integral que permite gestionar de manera sistemática las actividades de mantenimiento preventivo y también muchas más actividades como logística, inventarios y más. Un ERP facilita la planificación, seguimiento y análisis del mantenimiento. Zuluaga (2023) menciona que además, el uso de una aplicación móvil facilita la digitalización de información como listas de verificación, consultas de información de los equipos, entre otros. Esto hace que se agilice la recopilación de datos en tiempo real y reduciendo la dependencia de documentos físicos u otros medios.

El presente trabajo tiene como objetivo proponer una mejora en el plan de mantenimiento preventivo de equipos médicos en áreas críticas como la Unidad de Cuidados Intensivos, Neonatología y Quirófano en una clínica privada. La propuesta se basa en el uso de un sistema ERP y un aplicativo móvil para optimizar la planificación del mantenimiento, disminuir costos, minimizar tiempos de inactividad y aumentar la eficiencia operativa, el mismo que será analizado mediante un plan piloto.

1.2 Identificación del problema

El mantenimiento preventivo de los equipos médicos, en la Unidad de Cuidados Intensivos, Neonatología y Quirófano, es ejecutado en base a contratos con empresas de mantenimiento externas y también por mantenimiento interno. Las frecuencias de los mantenimientos no siempre se ajustan a una norma. Además, no se cuenta con información vital como por ejemplo manuales, fichas técnicas, entre otros aspectos clave para el correcto diseño y análisis del plan de mantenimiento preventivo.

También, el sistema actual que se basa en documentos físicos presenta problemas de eficiencia y trazabilidad. La falta de herramientas tecnológicas dificulta el seguimiento adecuado de las actividades, la optimización de recursos, entre otros. Esto da como resultado tiempos de inactividad prolongados para los equipos médicos, afectando la operatividad del área de mantenimiento en la clínica.

Por tal motivo, este estudio tiene como propósito la mejora del plan de mantenimiento preventivo actual, específicamente de los equipos médicos principales que será basado en las especificaciones técnicas de los fabricantes y una matriz de frecuencias, además de ser gestionado mediante un sistema de planificación de recursos empresariales (ERP). Esto permitirá planificar y controlar las actividades de mantenimiento de manera eficiente para realizar análisis detallados; evaluar la viabilidad del reemplazo de equipos antiguos, cuya operación resulta costosa.

Este enfoque digital no solo mejorará la trazabilidad y reducirá los errores asociados al manejo manual de registros, sino que también fortalecerá la capacidad de respuesta ante fallas o tareas no programadas. Por ende, esta propuesta integral está diseñada para satisfacer las exigencias de las áreas críticas del establecimiento, garantizando un mantenimiento preventivo más eficiente y confiable acorde con los altos estándares que exige el servicio de salud.

1.3 Objetivo general

Proponer la mejora del plan de mantenimiento preventivo actual de los equipos médicos mediante la implementación de un sistema ERP y una aplicación móvil, con el objetivo de optimizar costos, mejorar la trazabilidad de las actividades y garantizar la eficiencia operativa en las áreas de UCI, Neonatología y Quirófano de una clínica privada ubicada en Cuenca.

1.4 Objetivos específicos

- Recolectar información sobre los equipos médicos de las áreas críticas y evaluar el plan de mantenimiento preventivo actual para identificar deficiencias y oportunidades de mejora.
- Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo y el plan piloto que integre la optimización de recursos mediante el uso de tecnologías como un sistema ERP y una aplicación móvil que ayude al control de actividades en el área de mantenimiento.
- Ejecutar el plan piloto de mantenimiento preventivo y de la aplicación móvil en un conjunto específico de equipos médicos seleccionados.

- Evaluar los beneficios económicos y operativos del plan, analizando su impacto referente a los costos de mantenimiento preventivo y la mejora en la eficiencia de los equipos médicos en las áreas de UCI, Neonatología y Quirófano.

Capítulo 2: Marco teórico

2.1 Mantenimiento

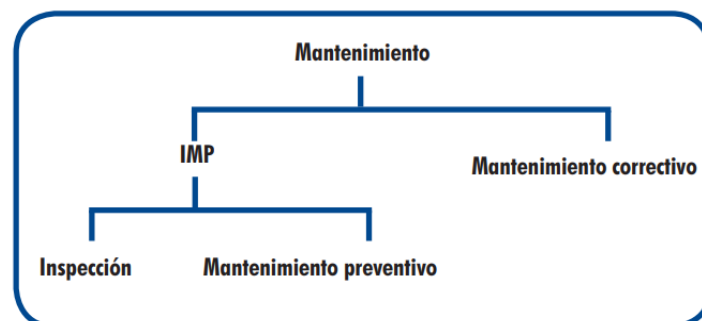
Respecto al mantenimiento, podemos definir las actividades administrativas y técnicas que se realizan, ya sea de forma predictiva, correctiva o preventiva. Todo esto para asegurar que los equipos, máquinas o infraestructuras funcionen correctamente y puedan ser seguras, además de que puedan mantener su correcto funcionamiento en el tiempo.

El objetivo del mantenimiento es fundamentalmente prevenir fallas, optimizar el rendimiento y extender la vida útil. Además, también busca reducir costos, aumentando el mantenimiento preventivo y predictivo para así tratar de evitar lo que más se pueda el mantenimiento correctivo. Es por esto que el mantenimiento es un pilar en las empresas, sobre todo en aquellas que cuentan con máquinas o equipos para el desarrollo de sus actividades (Hospital Nacional Arzobispo Loayza, 2022).

2.2 Tipos de mantenimiento

El World Health Organization (2012) expone que el mantenimiento de los equipos médicos se puede separar en dos principales categorías como se muestra en la Figura 1; entre estas tenemos la inspección y mantenimiento preventivo (IMP) y, por otro lado, el mantenimiento correctivo (MC).

Figura 1. Tipos de mantenimiento de equipos médicos



Obtenido de: (World Health Organization, 2012)

2.3 Inspección y mantenimiento preventivo

La Inspección y Mantenimiento Preventivo, con sus siglas IMP, se puede interpretar como todas las actividades planificadas que permiten la funcionalidad del equipo para evitar obstáculos o errores. Las operaciones y las pruebas de seguridad son procedimientos simples que permiten que el área de mantenimiento verifique la operación adecuada para que el uso del dispositivo pueda ser seguro (World Health Organization, 2012).

2.4 El mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo (MP) incluye todos los pasos realizados para expandir el uso del dispositivo y, por lo tanto, evitar daños (por ejemplo, calibración, reemplazo de componentes, lubricación, limpieza, etc.). Las pruebas se pueden realizar como aisladas y con MP para garantizar la acción; esto es importante porque el MP puede ser bastante exigente en el sentido de que los componentes se eliminan o reemplazan (World Health Organization, 2012).

2.5 Mantenimiento correctivo

El proceso para restaurar la integridad, seguridad o actividad de la unidad después de la descomposición. Es decir que como sinónimos de reparación se pueden considerar al mantenimiento correctivo y al mantenimiento no programado (World Health Organization, 2012).

2.6 Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento se puede definir como un conjunto de tareas bien estructuradas que incluyen procedimientos, frecuencias, logística y duración necesarias para el mantenimiento (Guilcapi, 2019).

Hay algunas formas de explicar el plan de mantenimiento; entre ellas está:

- Basado en el manual del fabricante
- Basado en la experiencia
- Basado en la confiabilidad (RCM)

2.6.1 Plan de mantenimiento basado en manuales del fabricante

Para García Garrindo (2003), elaborar un plan de mantenimiento basándose en las instrucciones y documentos dados por el fabricante es la manera más utilizada, pero revisar este manual es el último paso que se debe hacer, ya que el fabricante desconoce el contexto

operacional donde trabajará el activo. Además de que la frecuencia que los mismos recomiendan no siempre es la adecuada o simplemente no contemplan varios factores.

2.6.2 Plan de mantenimiento basado en la experiencia

Es un plan de mantenimiento basado en el conocimiento del personal de mantenimiento de la mano con los operadores, ya que los mismos están en contacto directo con los equipos o máquinas. Comúnmente, es el más usado, sobre todo en pequeñas y medianas empresas, mientras que en las grandes es un porcentaje menor, pero es muy importante.

2.6.3 Plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM)

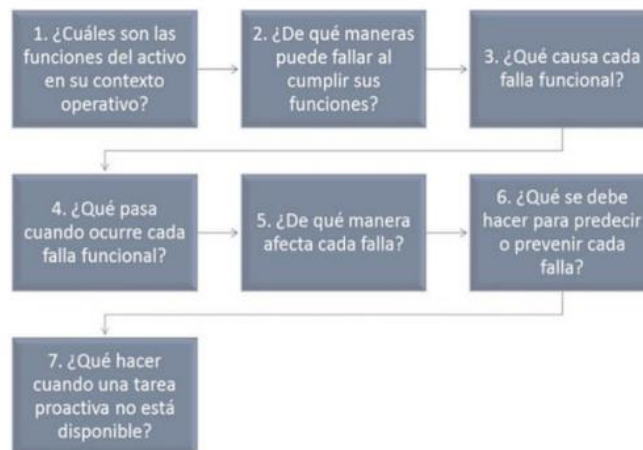
Para García Garrindo (2003), un plan de mantenimiento basado en RCM es un proceso muy detallado, ya que se toman varios pasos para determinar las tareas de mantenimiento. Vale la pena señalar que este método se centra en la máxima confiabilidad en los equipos, pero se debe tener en cuenta que no podrá proporcionar una mayor confiabilidad que la que proporcionan los diseñadores. Este proceso RCM incluye varios puntos como por ejemplo: determinación de funciones en la situación operativa actual, determinación de un error, determinación de estados de error, determinación de la falla entre otros.

Es importante mencionar que, con respecto a los planes de mantenimiento basados en manual y según la experiencia, los mismos sirven para un plan de mantenimiento inicial a implementar. Los antes mencionados se deciden rápidamente. Mientras que el plan de mantenimiento basado en RCM conduce a un análisis exhaustivo de las fallas en las máquinas para así determinar las tareas que los evitan (García Garrindo, 2003).

2.7 Norma SAE JA1011 y SAE JA1012

Según Campos López et al. (2019), expone que el estándar SAE JA1011 indicará los criterios mínimos que el método debe cumplir para que pueda definirse como RCM; señala que cualquier proceso RCM debe proporcionar respuestas satisfactorias para que aparezcan en la Figura 2.

Figura 2. Proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad



Obtenido de: (Campos López et al., 2019)

Por otro lado, la norma SAE JA1012 explica cómo responder estas preguntas y cómo llegar a la clasificación de consecuencia (Ramirez & Moreno, 2017).

En palabras concretas, la norma JA1012 se puede decir que es como un "manual de instrucciones" para usar el RCM correctamente de acuerdo con lo que JA1011 requiere, con explicaciones claras paso a paso y ejemplos prácticos.

2.8 Importancia de un plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento proporciona un marco programado que cubre una amplia gama de operaciones, como revisiones de equipos, informes parciales o completos sobre ciertos períodos, cambio de aceite, lubricación, etc., para que el equipo sea seguro y confiable. La mayoría de los equipos que operan están expuestos a errores accidentales, después de lo cual pueden ser reparados o reemplazados. Estos errores generan altos costos para el usuario, mientras que el programa de mantenimiento ideal puede reducir significativamente estos costos forzados (Safaei & Taghipour, 2022).

La falta de presupuesto y poca atención para mantener dispositivos médicos han llevado a algunos centros médicos a que haya unidades que funcionan de la acción y otras en viñedos con un activo permanente. Por esta razón, es importante introducir departamentos de mantenimiento responsables de administrar las diversas actividades necesarias en los dispositivos de salud (Zumba et al., 2023).

2.9 Organización del mantenimiento preventivo

Según Duffuaa et al. (2005), señala que el mantenimiento puede organizarse por departamentos, áreas o de manera centralizada. Cada forma de organización posee ventajas y desventajas. En empresas u organizaciones grandes, el mantenimiento descentralizado puede acelerar el tiempo de respuesta y ayudar a los trabajadores a entender mejor los problemas de una sección específica de la planta. Sin embargo, la formación de varias pequeñas unidades tiende a disminuir la flexibilidad del sistema de mantenimiento en general.

- Mantenimiento de tipo centralizado: Se caracteriza debido a que todo el personal de trabajo es supervisado desde una sola área. Además, tiene como ventaja que facilita la formación y entrenamiento de todo el personal.
- Mantenimiento de tipo descentralizado: Se divide en varias zonas dependiendo de cada una de las áreas productivas o de servicio. Es aplicado en industrias complejas donde las áreas están dispersas geográficamente. El control de mantenimiento es realizado por supervisores de cada zona correspondiente. Tiene como ventaja que el personal puede especializarse en tareas que corresponden a cada equipo.
- Mantenimiento de tipo mixto: Es el mantenimiento cuya organización está dividida en centralizar las tareas técnico-administrativas en un departamento o repartición y los grupos operativos del mantenimiento (talleres zonales y gremios) se descentralizan asignados a áreas o tareas determinadas.

2.10 Criticidad de equipos

Para Ramirez & Moreno (2017), afirman que el objetivo de un análisis de criticidad es desarrollar una técnica que funcione como una herramienta que permita identificar la prioridad de procesos, sistemas y equipos dentro de una planta operativa. Esto facilita la división de los componentes en partes que se pueden gestionar de manera controlada. En términos matemáticos, la criticidad puede definirse como se muestra en la ecuación 1.

Ecuación 1. Criticidad

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} * \text{Consecuencia}$$

Donde:

La frecuencia se refiere a la cantidad de averías que presenta el equipo o procedimiento realizado durante un periodo de tiempo determinado, mientras que la consecuencia se refiere al impacto y flexibilidad operacional, costos de mantenimiento, los impactos de seguridad y ambiental, ver ecuación 2.

Ecuación 2. Consecuencia

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto Operacional} + \text{Impacto Mantenimiento} + \text{Costo Mantenimiento} + \text{Impacto Seguridad} + \text{Impacto Ambiental})$$

2.11 Frecuencias de mantenimiento

La frecuencia de mantenimiento es un intervalo de tiempo que pasará entre las actividades e inspecciones del mantenimiento preventivo en el que fue establecido según el contrato. Donde la metodología, según el Ministerio de Salud Pública (2018) dice que para el cálculo de estas frecuencias es necesario tener en cuenta ciertos aspectos de cada equipo como: la clase de equipo, los requerimientos de cada centro médico, el tiempo que está en funcionamiento, el grado de riesgo que puede provocar al usuario.

Además, se menciona que las frecuencias para los equipos no son lo mismo en todas las circunstancias, por lo que es esencial considerar criterios que se puedan determinar los intervalos de tiempo para la ejecución. Para determinar estas frecuencias la fórmula sugerida por el Ministerio de Salud Pública (2018) está expresada matemáticamente como se muestra en la ecuación 3:

Ecuación 3. Frecuencia de mantenimiento preventivo

$$FMP = RF + FE + RM + DM + FU + AE$$

Donde:

FMP = Frecuencia de mantenimiento preventivo

RF = Riesgo físico

FE = Función del equipo

RM = Requisitos de mantenimiento

DM = Desgaste mecánico

FU = Frecuencia de uso

AE = Antecedentes de problemas del equipo

2.12 Indicadores de mantenimiento

Para poder medir y tener un control en tiempo real del funcionamiento de un sistema de gestión de mantenimiento, una herramienta fundamental son los indicadores ya que permiten cuantificar el desempeño de manera eficiente las actividades o tareas. Mediante la

implantación de los mismos se puede evaluar o analizar si los resultados obtenidos cumplieron con los objetivos planteados.

2.12.1 Tiempo medio entre fallas (MTBF)

El promedio de tiempo entre fallas, también conocido como Mean Time Between Failures, es el cálculo del tiempo en que los equipos operan de manera correcta, ver ecuación 4. En otras palabras, es el número medio de unidades de vida en las que todas las partes del sistema funcionan dentro de sus límites especificados, durante un intervalo de medición particular bajo condiciones establecidas (Tanchiva, 2016).

Ecuación 4. Tiempo medio entre fallas

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo real de operación}}{\textit{Cantidad total de fallas}}$$

2.12.2 Tiempo medio para reparar (MTTR)

Como se muestra en la Ecuación 5, se refiere al tiempo necesario para realizar una reparación de un equipo después de sufrir una falla, excluyendo aquellos periodos de espera (Ramirez & Moreno, 2017).

Ecuación 5. Tiempo medio para reparar

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo para la eliminación de fallas}}{\textit{Cantidad total de fallas}}$$

2.12.3 Disponibilidad

Es la característica de un sistema que indica la constancia del servicio prestado, el cual describe como la posibilidad de que el equipo o elemento esté en condiciones para funcionar cuando sea necesario, ver ecuación 6. Este indicador está relacionado con el cumplimiento de disponibilidad, es decir, 100% de funcionamiento si se utiliza o no durante la entrega de servicios. Se considera una disponibilidad óptima si se encuentra por encima del 90% (Peña & Corzo, 2021).

Ecuación 6. Disponibilidad

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$$

2.12.4 Confiabilidad

Se describe como la certeza que se posee de que un elemento, dispositivo o sistema cumplirá su función principal, durante un intervalo de tiempo definido y en condiciones normales de funcionamiento (Cerrón, 2019).

Ecuación 7. Confiabilidad

$$\text{Confiabilidad } R(t) = e^{-\gamma * t}$$

Donde:

e = número de Euler (2,71)

$$\gamma = \text{tasa de fallas} = \frac{1}{MTBF}$$

t = tiempo de estudio programado

2.12.5 Mantenibilidad

Para Tanchiva (2016), se define como la probabilidad de que un equipo que presenta una falla sea arreglado en un determinado tiempo y dentro de un plazo establecido, en términos matemático se encuentra expresado como se muestra en la Ecuación 8.

Ecuación 8. Mantenibilidad

$$M(t) = 1 - e^{-\mu * t}$$

Donde:

t = tiempo previsto para reparar

$$\mu = \text{tasa de reparaciones} = \frac{1}{MTTR}$$

2.12.6 Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo

Se refiere al cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo programado de todas las actividades a realizar durante el año. Este se determina en función de las horas trabajadas comparadas con las horas previstas, así como los eventos de mantenimiento ejecutados en relación con los planificados, ver ecuación 9. Se considera que hay un buen cumplimiento si es igual o mayor al 95% (Peña & Corzo, 2021).

Ecuación 9. Cumplimiento del plan de mantenimiento

$$PMC = \frac{N^{\circ} \text{ de tareas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de tareas planificadas}}$$

2.13 Plan piloto

Según Rodríguez Rodríguez (2020), menciona que mediante la implementación de un plan piloto con una serie de pruebas es fundamental para verificar el correcto desempeño del cronograma que se pretende establecer y de cada uno de los formatos designados a las diversas actividades. Además, permite evaluar la efectividad en la ejecución de los mantenimientos y los objetivos, antes de manejar un equipo para alguna actividad y su funcionamiento correcto en el día a día.

Por otro lado, para la implementación de las pruebas de plan piloto, una forma es seleccionando aquellos equipos que se encuentran con una criticidad alta, es decir cuyo indicador está por debajo del estándar.

Un plan piloto, sin importar sobre el tema que sea, puede tener una duración de un mes, como lo mencionan Raspanti & Uthurry, (2003) y también Segura (2016) esto para evaluar rápidamente si la solución es práctica, así como para identificar los errores o ajustes necesarios antes de una implementación total. También puede ser de más duración, como, por ejemplo, de tres meses, como lo realizaron Fernández Sánchez et al, (2023) esto ya depende del tipo de investigación a realizar.

2.14 Metodología para la ejecución de un plan de mantenimiento preventivo

Para Ministerio de Salud Pública (2018), es importante que la ejecución del plan se siga las siguientes actividades:

- Realizar un inventario de los equipos que dispone o los que se pretende hacer el análisis.
- Determinar la frecuencia de mantenimiento del equipo.
- Definir los protocolos de mantenimiento preventivo de cada equipo.
- Diseñar un cronograma planificación del mantenimiento preventivo de todos los equipos.
- Determinar el responsable que va a ejecutar el mantenimiento preventivo a los equipos: si el establecimiento de salud o mediante contratación externa.
- Establecer el presupuesto anual para el mantenimiento preventivo planificado.

2.15 Ciclo de mejora PHVA

Según el Gobierno Electrónico de Ecuador (s. f.), menciona que se denomina como ciclo PHVA o ciclo de mejora continua originado por sus siglas: planificar, hacer, verificar y actuar. Esta metodología consiste en detallar los cuatro pasos clave que deben ser aplicados de manera sistemática para llegar a una mejora. Mediante esta metodología permite reducir fallos, aumentar la efectividad y eficiencia, solución de problemas y la eliminación de riesgos.

2.16 Método 5W+2H

La aplicación de la metodología 5W2H (What, Why, Where, When, Who, How, How much) se utiliza como herramienta para la elaboración de planes de acción, y en este caso usado para implementar un el plan piloto es simple y objetiva. Este método se basa en responder siete preguntas: qué se hará (¿qué?), por qué se hará (¿por qué?), dónde se hará (¿dónde?), cuándo se hará (¿cuándo?), quién lo hará (¿quién?), cómo se hará (¿cómo?) y cuánto costará (¿cuánto?) (Franzosi et al., 2018).

2.17 Sistemas para organizar y planificar el mantenimiento

2.17.1 Sistema de planificación de recursos empresariales (ERP)

ERP (Enterprise Resource Planning) es un sistema de planificación de recursos empresariales. La innovación tecnológica permite a estos sistemas optimizar los procesos empresariales y su integración con otros sistemas. Las ERP tienen características que ayudan en el perfeccionamiento de los procesos de negocio empresariales y aumentan la competitividad de las organizaciones, además que están diseñados para ser integrales y abarcar la mayoría de las diferentes funciones y procesos que una empresa utiliza para llevar a cabo sus operaciones (Martins & Belfo, 2024).

2.17.2 Gestión de activos empresariales (EAM)

Las siglas EAM (que en inglés significan Enterprise Asset Management) hacen referencia a la administración de activos organizacionales; estos emplean una mezcla de software, sistemas y servicios para mantener y gestionar recursos como herramientas en funcionamiento. Su meta es mejorar la calidad y el uso de los activos a lo largo de su vida útil, incrementar el tiempo de actividad efectiva y disminuir los gastos operativos (Ávila & Crespo, 2022).

IBM (2024) añade que, la gestión de recursos empresariales consiste en el manejo de tareas, el cuidado de activos, la organización y la planificación, la gestión de la logística y las acciones relacionadas con la seguridad, salud y medio ambiente.

2.17.3 Sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora

Ávila & Crespo (2022) explican que GMAO, o Sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora, se refiere a las soluciones digitales diseñadas para administrar explícitamente el mantenimiento de los recursos de una empresa. Este sistema incluye una base de datos que alberga información sobre la organización, su personal, maquinarias, depósitos y tareas de mantenimiento, que pueden ser regulares, correctivas, preventivas o predictivas. Se emplean frecuentemente en cualquier tipo de entidad que necesite gestionar el mantenimiento de sus recursos de forma segura y eficaz, así como que busque una herramienta confiable para el apoyo en decisiones de mantenimiento.

2.17.4 Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento (CMMS)

Un sistema de gestión de mantenimiento computarizado es una herramienta para ayudar en la gestión de mantenimiento de equipos, maquinarias e instalaciones. Esta herramienta, al igual que las anteriores, facilita la organización de órdenes de trabajo, planes de mantenimiento, gestión de inventarios e informes de rendimiento, cumplimiento de actividades, número de órdenes de trabajo, entre otras.

Este sistema ayuda con la disminución de gastos operativos, además de también apoyar en la extensión de vida útil de los equipos y máquinas y sobre todo la optimización general de la organización, sobre todo del departamento de mantenimiento. En conclusión, un CMMS es fundamental para mantener todo en óptimas condiciones y garantizar que los equipos operen de forma eficiente y sin problemas (Tinoco & García, 2018).

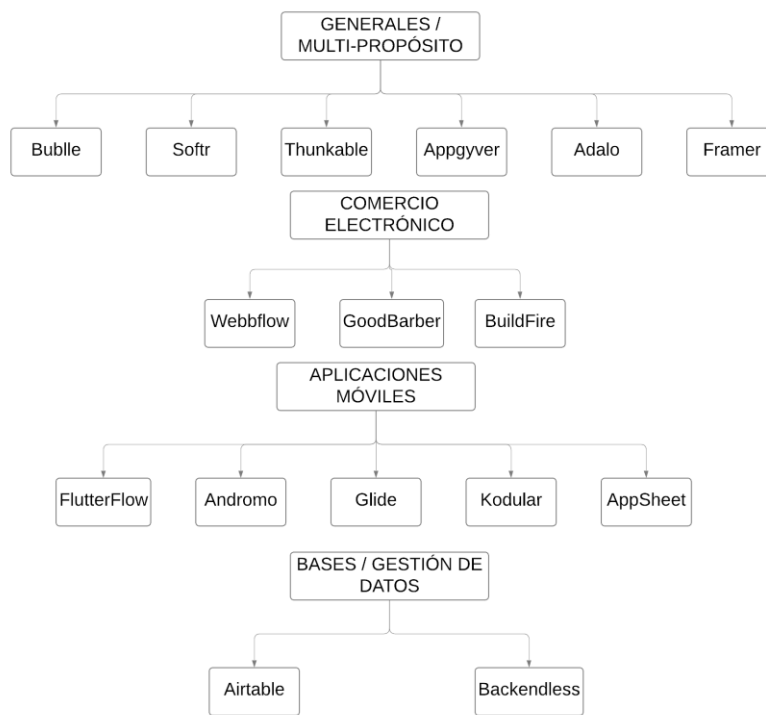
2.18 Plataformas que permiten crear aplicaciones

2.18.1 ¿Qué es una aplicación web (ZERO CODE)?

Amazon Web Services (2024) menciona que, una aplicación en línea es un programa que opera en el navegador de internet. Las organizaciones deben compartir datos y ofrecer servicios a distancia. Emplean plataformas en línea para interactuar con los consumidores cuando lo requieren y de manera confiable. Las características más habituales de los sitios en la red, como las cestas de compra, la búsqueda y el filtrado de artículos, la comunicación instantánea y las actualizaciones de redes sociales, presentan un diseño similar al de las

plataformas en línea. Estas permiten el acceso a funciones avanzadas sin necesidad de descargar, codificar o ajustar un programa.

Figura 3. Resumen de plataformas “zero code”.



Obtenido de: (Grefa Huatatoca, 2024)

La Figura 3, presenta un esquema conceptual que resume las plataformas "zero code" y ofrece una visión general de las alternativas existentes. Además, este esquema conceptual facilita la identificación de las distintas herramientas disponibles y las áreas de especialización que son útiles para orientar en la elección de la plataforma más adecuada según los requerimientos específicos de desarrollo de cada proyecto.

2.18.2 APPSHEET

AppSheet es una herramienta para desarrollar aplicaciones sin necesidad de codificación, permitiendo crear apps móviles y web que se basan en hojas de cálculo y servicios de bases de datos en la nube. Actualmente, pocas organizaciones emplean AppSheet para desarrollar soluciones personalizadas como sistemas de gestión de proyectos y tareas, CRM, herramientas para análisis y reportes, plataformas de soporte, calendarios con funcionalidades específicas, gestión de inventarios e intranets. AppSheet permite extraer datos de diversas herramientas de hojas de cálculo y bases de datos, incluyendo Google

Sheets, Google Forms, Microsoft Excel junto con Office 365, Dropbox, Box, Smartsheet, Salesforce y MySQL (Riba, 2023).

2.18.3 Metodología de creación de aplicaciones

Metodología Agile: La metodología agile se usa ampliamente en el desarrollo de software basado en la interacción y la cooperación continua. En el contexto de la introducción de la aplicación de la hoja de aplicaciones, los principios pueden seguir una implementación de paso por paso y responder rápidamente a nuevos cambios y necesidades. Esto incluye la división del proyecto en etapas, el establecimiento y ajuste de reuniones regulares de vigilancia y retroalimentación mediante la implementación de la implementación (Porras, 2024).

Método de mejora continua: La introducción de la aplicación de la hoja de aplicaciones puede seguir un método continuo de mejora utilizando métodos como el ciclo Deming o el método de mejora continua Six Sigma. Estos enfoques se centran en identificar áreas de mejora, establecer objetivos, implementar cambios, evaluar los resultados y los ajustes continuos para lograr una mejora gradual en la gestión de acciones (Porras, 2024).

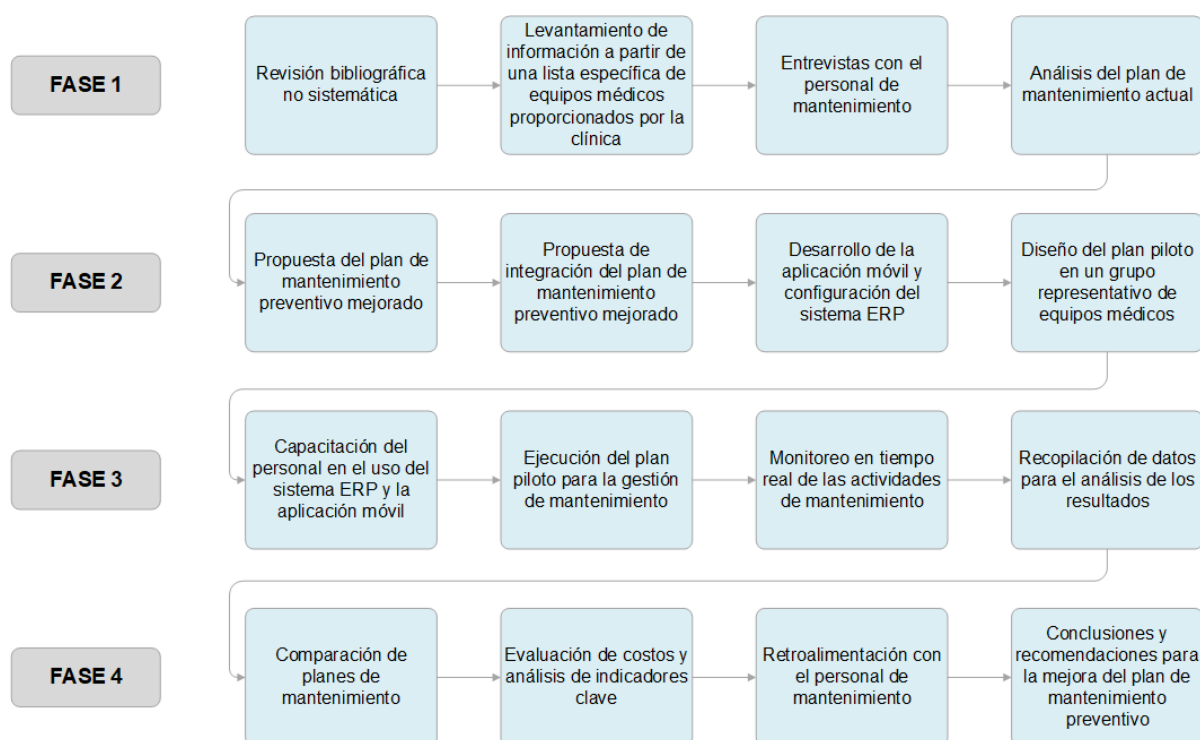
Metodología de la cascada (cascada): Algunas organizaciones pueden optar por seguir un método de cascada más tradicional. (Porras, 2024) En este caso, las etapas secuenciales y lineales son seguidas por el análisis de los requisitos para el diseño, el desarrollo, las pruebas y, finalmente, de la implementación de la aplicación de la hoja de aplicaciones.

Porras (2024) menciona que es importante recordar que estos métodos son solo ejemplos y pueden adaptarse a las necesidades y la cultura de la organización. La elección del método en cuestión depende de factores como el tamaño del proyecto, los recursos disponibles, la elasticidad y los deseos de la organización.

Capítulo 3: Marco Metodológico

La presente investigación es del tipo cualitativo deductivo, la misma que se realiza en una empresa que proporciona servicios de salud. Se estipulará si el sistema actual de mantenimiento permite una correcta planificación y control de las actividades de mantenimiento preventivo, y se diseñará una propuesta de mejora basada en un sistema de planificación de recursos empresariales y una aplicación móvil. A continuación, en la Figura 4, se detalla la metodología a seguir para implementar este proceso de investigación.

Figura 4. Metodología



Obtenido de: Autoría propia

La metodología a implantar está estructurada en cuatro fases principales, las cuales sirven para la elaboración del proyecto. Cada fase incluye actividades concretas que garantizan un método sistemático y organizado para llegar a los resultados propuestos. A continuación, en la Tabla 1, se presenta de manera detallada cada actividad.

Tabla 1. Descripción de la metodología

| Fase | Actividad | Descripción |
|--------|---------------------------------------|---|
| Fase 1 | Revisión bibliográfica no sistemática | Se realiza una revisión de conceptos en fuentes bibliográficas (artículos, revistas, tesis de grado, entre otros), relacionado al mantenimiento en el ámbito de la salud. Esto permite crear un fundamento teórico sólido, que servirá como una guía para el desarrollo de las actividades posteriores. |
| | | Consiste en recolectar información necesaria de los equipos médicos a partir de un registro |

| | | |
|--------|---|--|
| | Levantamiento de información de los equipos médicos proporcionados por la clínica | proporcionado por la clínica. Mediante esta lista, se buscará información como: manuales técnicos del fabricante, fecha de fabricación, actividades de mantenimiento, entre otras. |
| | Entrevistas al personal de mantenimiento | Consiste en una socialización conjuntamente con toda el área de mantenimiento de la clínica, para conocer procedimientos, personas involucradas o dificultades que se enfrentan en la parte del mantenimiento. |
| | Análisis del plan actual | Consiste en revisar el plan de mantenimiento actual, con el objetivo de analizar frecuencias, actividades y cumplimientos. El cual, permitirá conocer deficiencias y oportunidades de mejora. |
| Fase 2 | Propuesta del plan de mantenimiento preventivo mejorado | A partir de la revisión teórica e información recolectada, se procede a diseñar el plan de mantenimiento preventivo mediante el ajuste de las frecuencias con ponderaciones según criterios de la OMS, actividades y procedimientos para garantizar mayor fiabilidad en los equipos. |
| | Propuesta de integración del plan de mantenimiento preventivo mejorado | Se refiere a proponer la integración del plan y actividades de mantenimiento preventivo en el sistema ERP y complementado con una aplicación móvil. |
| | Desarrollo de la aplicación móvil y configuración de la ERP | Tiene como finalidad diseñar una aplicación móvil (Appsheet) para registrar y monitorear las actividades en tiempo real. Y, además, realizar las configuraciones pertinentes en el sistema ERP (Odo), para el seguimiento del mantenimiento. |
| | | Consiste en diseñar un plan piloto siguiendo la |

| | | |
|--------|--|---|
| | Diseño del plan piloto en un grupo representativo de equipos médicos | metodología de mejora continua (PHVA) con un grupo de equipos médicos. En este caso serán aquellos equipos con un nivel de criticidad alto, para analizar su desempeño antes de la implementación completa. |
| Fase 3 | Capacitación al personal en el uso del sistema ERP y la aplicación móvil | Está dirigido directamente al personal de mantenimiento, con el objetivo de capacitar en el correcto uso del sistema ERP y el aplicativo móvil, para así asegurar que todas las actividades se realicen de la manera adecuada. |
| | Ejecución del plan piloto para la gestión de mantenimiento | Se pone en ejecución el plan piloto con los equipos seleccionados en un tiempo determinado, realizando todas las actividades necesarias sobre el mantenimiento preventivo y con el uso de herramientas tecnológicas planteadas. |
| | Monitoreo en tiempo real de las actividades de mantenimiento | A partir de la ejecución del plan piloto, se procede a supervisar que las actividades de mantenimiento se vayan cumpliendo acorde a lo propuesto y corregir problemas si se presentan. |
| | Recopilación de datos para el análisis de los resultados | Una vez terminado de ejecutar el plan piloto, se procede a recolectar toda la información necesaria para su posterior análisis. |
| Fase 4 | Comparación de planes de mantenimiento | Se compara el plan de mantenimiento interno con el propuesto en el presente trabajo, para identificar si existen mejoras. |
| | Evaluación de costos y análisis de indicadores clave | Se determinan costos de mantenimiento preventivo, así como también indicadores clave para evaluar su efectividad. |
| | Retroalimentación con el | Se realiza una retroalimentación conjuntamente con el personal de mantenimiento acerca del |

| | | |
|--|--|--|
| | personal de mantenimiento | nuevo plan, del sistema ERP, aplicativo móvil y el proceso en general. |
| | Conclusiones y recomendaciones para la mejora del plan de mantenimiento preventivo | Se formularán conclusiones a partir del análisis de resultados del estudio y recomendaciones para futuras investigaciones en el área de la salud y en general. |

Obtenido de: *Autoría propia*

La población objeto de estudio corresponde a una clínica privada ubicada en la ciudad de Cuenca, Ecuador. Donde se analizarán en total 83 equipos médicos de las áreas de Quirófano, Unidad de Cuidados Intensivos y Neonatología. Es importante destacar que se analizarán solo equipos principales es decir médicos, más no equipos de apoyo y soporte como autoclaves, calderos, bombas, generadores, entre otros equipos industriales. Principalmente porque para estos, su análisis está enfocado en el mantenimiento industrial o mantenimiento de planta. Para estos equipos mencionados, se realizará su propio análisis, pero posterior a este proyecto de titulación, ya que los equipos médicos en este momento son la prioridad del área de mantenimiento.

Para el plan piloto se analizarán equipos médicos críticos, con base en un análisis referente a una matriz de frecuencia por consecuencia conocida como matriz de criticidad. Además, la investigación se basará en manuales técnicos, entrevistas con el personal de mantenimiento y aspectos estipulados por entidades como la OMS. Para así obtener información clave para su planeación, seguimiento, análisis y mejora continua.

Capítulo 4: Desarrollo de la metodología

4.1 Levantamiento de información

4.1.1 Identificación de equipos

En la clínica, donde se desarrolló este trabajo de titulación, existen distintas áreas médicas; entre estas tenemos Emergencia, Laboratorio, Rayos X, Quirófano, Unidad de Cuidados Intensivos y Neonatología. Las tres últimas áreas son un pilar fundamental en esta empresa, por lo cual se tiene un cuidado en los datos que se manejan internamente. Por ende, los equipos de estas áreas fueron proporcionados por el área de Mantenimiento, además de que se hicieron contadas visitas a estas áreas para así tener una mejor comprensión de cómo se usan y la importancia de las mismas.

A continuación, en la Figura 5, se puede observar un ejemplo de la estructura de inventario; en el Anexo A se detallan los inventarios de las áreas médicas estudiadas, los mismos que fueron entregados por la empresa y posteriormente fueron usados por los estudiantes a cargo del presente trabajo de titulación para obtener manuales.

Figura 5. Ejemplo de la estructura del inventario

| Código del Activo | Grupo Contable | Centro de Costo | Auxiliar | Centro de Costos | Activo | Ordinal AF | Descripción | Marca | Serie | Modelo | Código Barras | Ubicación |
|-------------------|----------------|-----------------|----------|------------------|--------|------------|--|--------------|-----------|-------------|------------------|-------------|
| 110 | 17 | 30 | | 30 QUIROFANO | 000568 | 1 | MAQUINA DE ANESTESIA MODAESPIRE 7100/SERIE AMXQ00319 | DATEX OHMEDA | AMXQ00319 | AESPIRE S/5 | 110-17-30-000568 | QUIRÓFANO 3 |
| 110 | 17 | 30 | | 30 QUIROFANO | 000569 | 1 | ELECTROCAUTERIO VALLEYLAB FORCE 2 | VALLEYLAB | F1H15029T | FORCE 2 | 110-17-30-000569 | QUIRÓFANO 4 |

Obtenido de: Empresa analizada

Es importante mencionar que los códigos de equipos, número de activos, ubicaciones, entre otros, son información que se lleva manejando durante algún tiempo y controlada por el área de finanzas y no puede ser modificado. Es por eso que en el presente trabajo no se modificó dicha información, ya que es considerada como información delicada.

4.1.2 Recolección de manuales

La recolección de manuales es algo fundamental para el desarrollo de fichas técnicas, actividades de mantenimiento y para conocer aspectos importantes sobre cada equipo. Luego de obtener los inventarios de las áreas de Unidad de Cuidados Intensivos, Quirófano y Neonatología, se procedió a buscar los manuales en la web. Esto se hizo porque los equipos no contaban con manuales y la información era imprescindible para realizar, por ejemplo, cálculos de frecuencia de mantenimiento.

Es importante mencionar que estos manuales fueron revisados por el personal de mantenimiento, para que no exista confusión de equipos y que la información obtenida de estos manuales sea correcta.

4.1.3 Fichas técnicas

Este documento es de suma importancia, ya que recopila información detallada de las características, partes, especificaciones, entre otros aspectos importantes que se deben conocer sobre los equipos, esto con la finalidad de tener una visión clara del equipo y que los técnicos de mantenimiento interno tengan esa valiosa información (Anexo A).

A continuación, en la Figura 6, se muestra el formato usado para realizar las fichas técnicas.

Figura 6. Formato para realizar las fichas.

| LOGO | Ficha Técnica | | | No. Código Barras | Revisión |
|---|---------------|--|----------------------|-------------------|----------|
| Nombre del equipo | Activo | | | Dependencia | |
| Marca | Modelo | | | Serie | |
| Ubicación | Uso | | | | |
| Proveedor | | | Documentos: | | |
| Dirección: | | | Planos: | | |
| Email: | | | Manuales: | | |
| Teléfono: | | | | | |
| Dimensiones, características generales | | | | | |
| | | | | | |
| Descripción de las partes: | | | | | |
| Requerimientos específicos de instalación y operación: | | | | | |
| | | | | | |
| Revisión | | | | | |
| Elaborado por: | | | Aprobado por: | | |
| Cargo: Estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial | | | Cargo: Docente tutor | | |
| Nombres: | | | Nombre: | | |
| Firma: | | | Firma: | | |
| | | | | | |
| Revisado por: | | | | | |
| Fecha: | | | | | |
| Firma: | | | | | |

Obtenido de: Autoría propia

4.2 Entrevistas

Se realizaron entrevistas rápidas al personal de mantenimiento de la clínica para obtener información precisa directamente de los implicados. En este punto es clave que se reconozcan las oportunidades de mejora, ya que los mismos son los que atraviesan las dificultades diariamente. En el Anexo B, se detallan las preguntas y respuestas recolectadas.

4.3 Análisis del área de mantenimiento

4.3.1 Situación actual

Actualmente, la empresa, en su área de mantenimiento, realiza en gran parte inspecciones y mantenimientos preventivos con actividades básicas, pero existe un vacío de conocimiento de las actividades específicas, como lo indican los manuales. Esto es fundamental para proporcionar un sobresaliente servicio de mantenimiento a los equipos y así evitar inconvenientes futuros.

Respecto al plan de mantenimiento preventivo actual, no se encuentra de forma detallada, es decir, no se visualiza el cronograma por cada equipo de cada subárea, sino más bien es uno muy general. Además, es un plan de mantenimiento preventivo cuyas actividades planificadas no se basan en alguna norma, al igual como lo realizan las empresas de mantenimiento externo, ya que la clínica trabaja de la mano con las mismas.

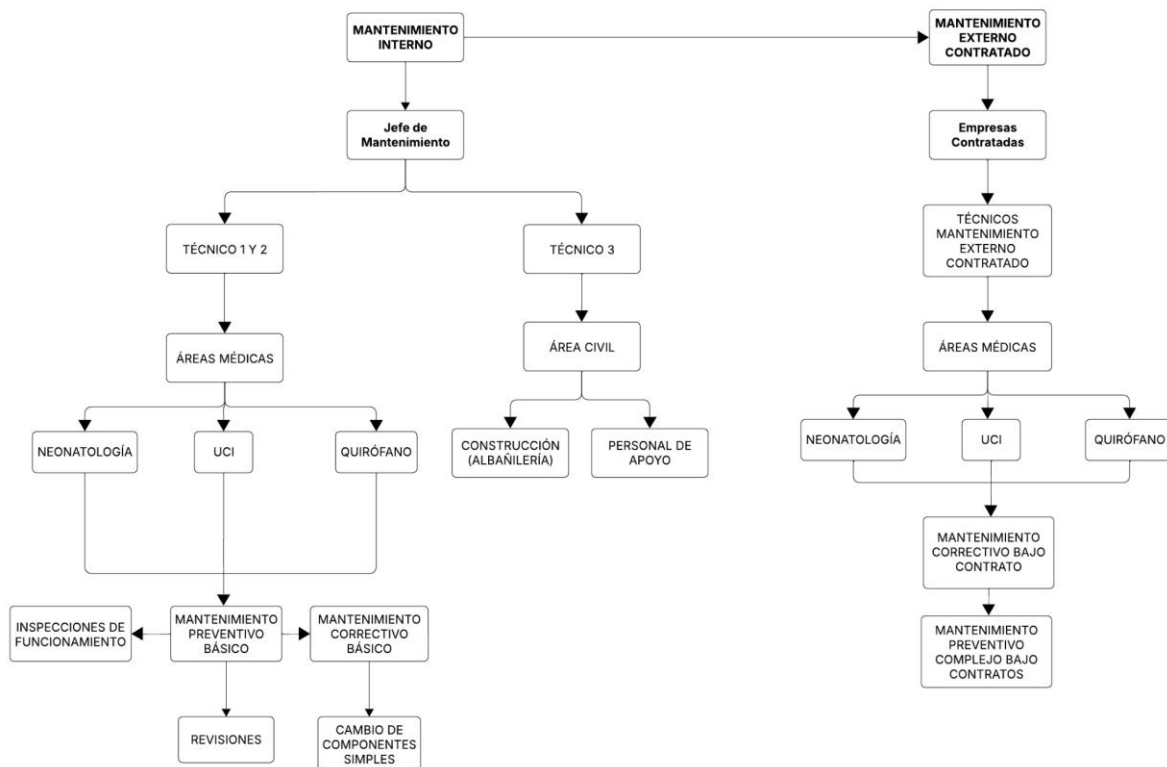
El plan de mantenimiento preventivo se maneja de manera física, con cronogramas impresos, visitas planificadas de forma verbal y bajo los contratos establecidos, lo que conlleva que no se haga un seguimiento de cumplimiento efectivo. También es importante mencionar que no se cuenta con un historial de fallas de los equipos, y por ende no se manejan indicadores de mantenimiento.

Con referente al aspecto de las revisiones de los equipos médicos de cada área, lo que realizan los técnicos de mantenimiento interno son mediante checklist (listas de verificación) de forma física, es decir, con ayuda de documentos impresos. Esto ha conllevado problemas con respecto al traspapeleo de los documentos y a que el jefe de mantenimiento no pueda hacer un seguimiento en tiempo real de las actividades diarias.

4.3.2 Estructura organizacional en el área de mantenimiento

La estructura organizacional de la empresa no es compleja como se muestra en la Figura 7; consta principalmente del jefe del área de mantenimiento, el mismo que está en contacto directo con las empresas externas. Además, en la clínica existen tres técnicos del área de mantenimiento, donde cada uno tiene sus propias actividades. Por otro lado, obviamente existen técnicos en las empresas externas que realizan de la misma manera sus actividades.

Figura 7. Organigrama del área de mantenimiento



Obtenido de: Autoría propia

Tomando como referencia la Figura 7, se evidencia que la clínica utiliza un mantenimiento de tipo mixto, ya que combina el mantenimiento centralizado y el descentralizado. Centralizado debido a que el Jefe de mantenimiento es el responsable en la planificación, monitoreo y contratación de servicios externos; mientras que descentralizada, ya que cada técnico interno realiza sus respectivas actividades según el área de conocimiento y las empresas externas tienen contratos para mantenimientos más complejos dependiendo el equipo.

4.4 Diagnóstico del plan de mantenimiento

4.4.1 Plan de mantenimiento actual

Con el plan de mantenimiento realizado por parte de la empresa se puede valorar que no se encuentran todos los equipos a los que se propone analizar. El mismo que, según el Jefe de mantenimiento recalca que, dichos equipos faltantes no han sido plasmados (Anexo A). Esto dificulta tener presente las frecuencias de mantenimiento de todos los equipos que poseen. Por ende, al momento de realizar la propuesta de plan de mantenimiento, se permite añadir todos los equipos para que así el plan de mantenimiento preventivo sea completo y eficiente.

4.5 Desarrollo de la propuesta para la mejora del plan de mantenimiento

4.5.1 Identificación de equipos críticos

Para la identificación de los equipos críticos, principalmente es realizado mediante el trabajo en campo, en donde participan el jefe del área de mantenimiento y técnicos de mantenimiento interno de la empresa. Donde se tiene como objetivo revisar los datos históricos y así obtener las fallas generadas por cada equipo; también se determinan las fallas más comunes, las consecuencias que genera el posible fallo en términos operativos, productivos, de seguridad y ambiental.

Posteriormente, se propone realizar un análisis de criticidad, el cual sirve para identificar y tomar como prioridad aquellos equipos que tienen mayor impacto, utilizando la matriz (Frecuencia * Consecuencia) y tomando como referencia la norma SAE JA1011 y JA1012. De la misma manera, estos equipos nos sirven para la introducción en el plan piloto que se propone más adelante.

De acuerdo a lo antes mencionado, en la Figura 8 se plantean los criterios de las posibles frecuencias de fallas y en la Figura 9 las posibles consecuencias que se van a tomar en consideración para el análisis de los equipos.

Figura 8. Matriz de evaluación de frecuencia de falla

| FACTOR DE FRECUENCIA (FF) | |
|--|-------------|
| Descripción | Ponderación |
| Frecuente, más de 3 eventos al año | 5 |
| Probable, 1 - 3 eventos al año | 4 |
| Posible, 1 evento en 3 años | 3 |
| Improbable, 1 evento en 5 años | 2 |
| Sumamente improbable, menos de un evento en 5 años | 1 |

Obtenido de: (Ramirez & Moreno, 2017)

Figura 9. Matriz de evaluación de consecuencias

| FACTORES DE CONSECUENCIAS | | |
|-------------------------------|---|-------------|
| Categoría | Descripción | Ponderación |
| Impacto Operacional (IO) | Pérdidas mayores 75% producción mes | 5 |
| | Pérdidas 50% a 74% producción mes | 4 |
| | Pérdidas 25% a 49% producción mes | 3 |
| | Pérdidas 10% a 24% producción mes | 2 |
| | Pérdidas inferiores 10% producción mes | 1 |
| Flexibilidad Operación (FO) | No existe stock, tiempos reparación altos | 5 |
| | Stock parcial, procedimiento reparación complejo | 4 |
| | Stock parcial, procedimiento reparación sencillo | 3 |
| | Stock suficiente, procedimiento reparación complejo | 2 |
| | Stock suficiente, tiempos reparación bajos | 1 |
| Costos Mantenimiento (CM) | Costos materiales superior 20000 USD | 5 |
| | Costos materiales superior 10000-20000 USD | 4 |
| | Costos materiales superior 3000-10000 USD | 3 |
| | Costos materiales superior 200-3000 USD | 2 |
| | Costos materiales inferior 200 USD | 1 |
| Impacto Medio Ambiental (IMA) | Daños irreversibles en el ambiente | 5 |
| | Daños severos al ambiente | 4 |
| | Daños medios al ambiente | 3 |
| | Daños mínimos al ambiente | 2 |
| | Sin daño ambiental | 1 |
| Impacto Seguridad (IS) | Muerte o incapacidad | 5 |
| | Incapacidad parcial o permanente | 4 |
| | Daños o enfermedades severas | 3 |
| | Daños leves en personas | 2 |
| | Sin impacto en la seguridad | 1 |

Obtenido de: (Ramirez & Moreno, 2017)

Para el cálculo del valor de criticidad, se elabora a partir de los criterios de frecuencia y consecuencias anteriormente mencionadas. Este método consiste en el producto de la ponderación de frecuencia según la cantidad de fallas y consecuencias que está dado por la suma de los valores asignados por cada uno de los factores en cuanto a su operatividad, mantenimiento, seguridad y medio ambiente, dependiendo las condiciones de cada uno de los equipos. A continuación, en la ecuación 10 se presenta de manera matemática la fórmula para el cálculo de la criticidad:

Ecuación 10. Cálculo de criticidad

$$CT = FF * (IO + FO + CM + IMA + IS)$$

Donde:

CT = Criticidad

FF = Frecuencia de fallas

IO = Impacto operacional

FO = Factor flexibilidad operacional

CM = Costo mantenimiento

IMA = Impacto medio ambiente

IS = Impacto seguridad

Una vez obtenido el valor de criticidad, se procede a la Matriz de Criticidad que se muestra en la Figura 10, el cual tiene como función determinar el nivel de criticidad de cada uno de los equipos partiendo de los valores obtenidos en la ponderación de la frecuencia y consecuencia.

Figura 10. Matriz de Criticidad

| CRITICIDAD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| FRECUENCIA (FF) | 5 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 |
| | 4 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 | 88 | 92 | 96 | 100 |
| | 3 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | 33 | 36 | 39 | 42 | 45 | 48 | 51 | 54 | 57 | 60 | 63 | 66 | 69 | 72 | 75 |
| | 2 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 | 50 |
| | 1 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| CONSECUENCIAS (CO) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Obtenido de: (Ramirez & Moreno, 2017)

Esta ponderación también ayuda a ubicar a los equipos dentro de un rango de colores y valores según como se menciona en la Figura 11:

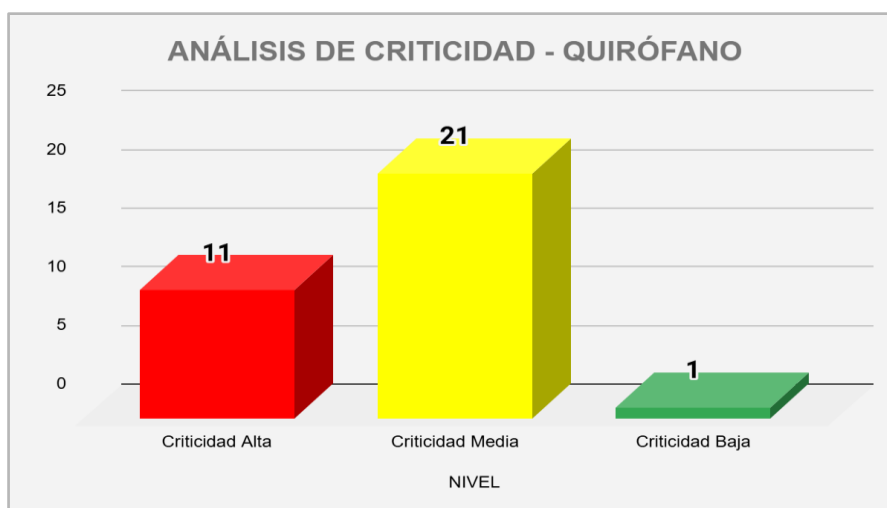
Figura 11. Rangos de los valores de criticidad

| Nivel de Criticidad | Color | Rango |
|---------------------|----------|--------------------------------------|
| Criticidad Alta | Rojo | $50 \geq \text{Criticidad} \leq 125$ |
| Criticidad Media | Amarillo | $30 \geq \text{Criticidad} \leq 49$ |
| Criticidad Baja | Verde | $5 \geq \text{Criticidad} \leq 29$ |

Obtenido de: (Ramirez & Moreno, 2017)

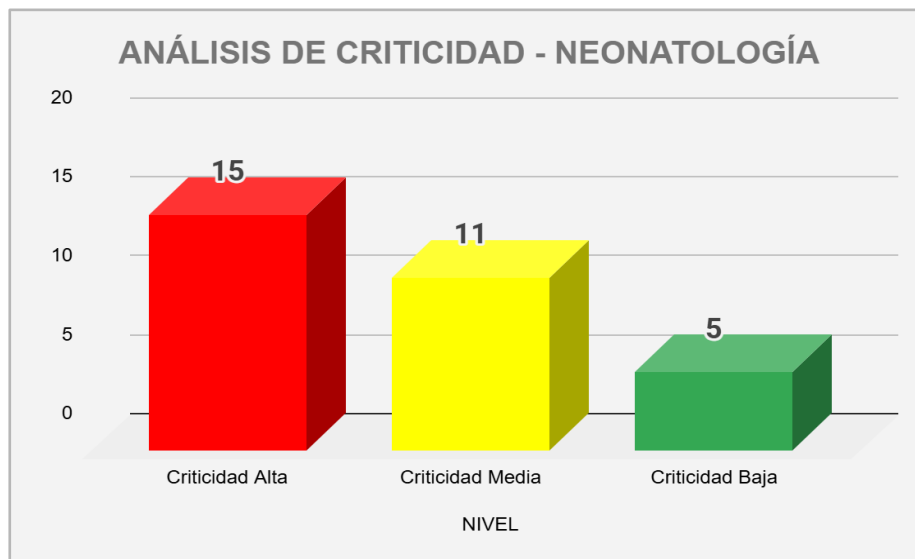
En consecuencia, con la metodología mencionada, los cálculos realizados para su respectiva determinación del nivel de criticidad en los diferentes equipos y áreas (Anexo C, Anexo D y Anexo E), se obtuvieron los resultados de la cantidad de equipos que se encuentran con un nivel de criticidad alto, medio o bajo como se presentan en las siguientes figuras:

Figura 12. Estadística análisis de criticidad de los equipos del área de Quirófano



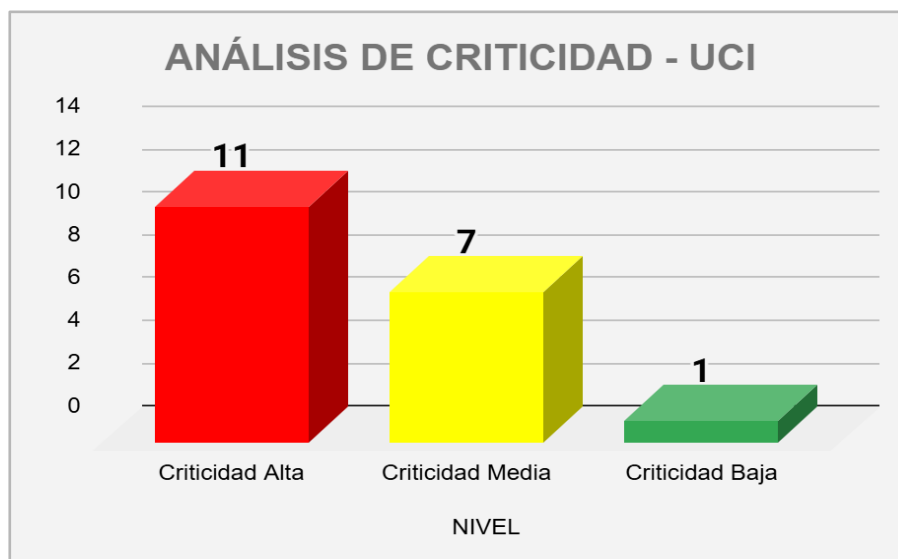
Obtenido de: Autoría propia

Figura 13. Estadística análisis de criticidad de los equipos del área de Neonatología



Obtenido de: Autoría propia

Figura 14. Estadística análisis de criticidad de los equipos del área de UCI



Obtenido de: Autoría propia

A partir de las estadísticas se determina lo siguiente:

- En el área de Quirófano, resultaron una cantidad de 11 equipos con una criticidad alta, 21 equipos con criticidad media y 1 equipo con criticidad baja.
- De la misma manera, en el área de Neonatología, resultaron 15 equipos con una criticidad alta, 11 equipos con criticidad media y 5 equipos con criticidad baja.

- Finalmente, en el área de UCI, resultaron 11 equipos con una criticidad alta, 7 equipos con criticidad media y 1 equipo con criticidad baja.

Después de haber obtenido el nivel de criticidad por área, se analiza en conjunto los equipos para determinar una cantidad total por nivel como se muestra en la Figura 15.

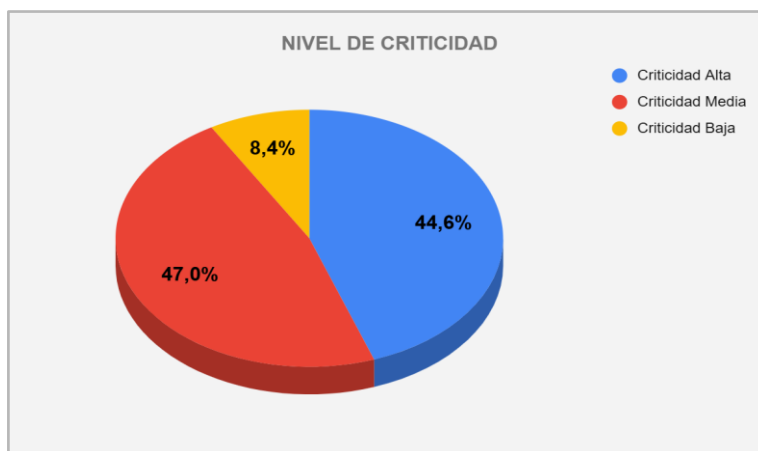
Figura 15. Nivel de criticidad

| NIVEL | CANTIDAD |
|------------------|-----------|
| Criticidad Alta | 37 |
| Criticidad Media | 39 |
| Criticidad Baja | 7 |
| Total | 83 |

Obtenido de: Autoría propia

Con la información de la Figura 17, se tiene una clasificación porcentual de los equipos médicos por nivel de criticidad, mismo que permite identificar el porcentaje de equipos que se debe tomar más en cuenta y prioridad en el mantenimiento.

Figura 16. Clasificación porcentual por nivel de criticidad



Obtenido de: Autoría propia

Se puede observar que, de los 83 equipos el 44.6% pertenece a un nivel de criticidad alto; mientras que el 47%, es decir 39 equipos pertenecen a un nivel de criticidad media y el 8.4% restante que son 7 equipos son de criticidad baja. Por lo cual, se tiene evidencia que la mayor parte de equipos tienen un nivel de criticidad media. Además, algo muy importante a resaltar, es que los 37 equipos con criticidad alta serán introducidos en el plan piloto para su posterior análisis.

4.5.2 Matriz de frecuencias de mantenimiento preventivo

Para el cálculo de la frecuencia de la ejecución de mantenimiento preventivo que se debe realizar para cada equipo, se basó en lo que menciona la OMS, donde se debe tomar en cuenta ciertos criterios y con sus respectivas ponderaciones dependiendo del equipo. La metodología consiste en la suma de los aspectos de riesgo físico, función del equipo, requisitos de mantenimiento, desgaste mecánico, frecuencia de uso y cantidad de fallos. En términos matemáticos representa la Ecuación 1.

Donde:

1. **Riesgo físico (RF):** Se centra en el posible daño que un equipo médico puede ocasionar en los usuarios, ya sean internos como externos, según su propósito de uso. Se evaluará en una escala del 1 al 4, como indica en la Figura 17.

Figura 17. Escala de valoración según el riesgo físico

| Nivel de Riesgo | Tipo de riesgo | Ponderación |
|-----------------|----------------------|-------------|
| Riesgo IV | Riesgo alto | 4 |
| Riesgo III | Riesgo moderado alto | 3 |
| Riesgo II | Riesgo Moderado Bajo | 2 |
| Riesgo I | Riesgo bajo | 1 |

Obtenido de: (Ministerio de Salud Pública, 2018)

2. **Función del Equipo (FE):** Se basa en la actividad que realiza el equipo. Se evalúa en una escala de 2 a 10 puntos, como indica la Figura 18.

Figura 18. Escala de valoración según la función del equipo

| Clase | Función del equipo | Ponderación |
|--------------|---|-------------|
| Terapéuticos | Soporte vital | 10 |
| | Cirugía y cuidados intensivos | 9 |
| | Terapia física y tratamiento | 8 |
| Diagnóstico | Monitorización de cirugía y cuidados intensivos | 7 |
| | Control fisiológico adicional y diagnóstico | 6 |
| Analíticos | Análisis de laboratorio | 5 |
| | Accesorios de laboratorio | 4 |
| | Computadoras y afines | 3 |
| Apoyo | Relacionados con el paciente y otros | 2 |

Obtenido de: (Ministerio de Salud Pública, 2018)

3. **Requisitos de mantenimiento (RM):** Está relacionado con las sugerencias que dicen los fabricantes y con la dificultad del trabajo. Se evalúa en una escala de 1 a 5 puntos, como se indica en la Figura 19.

Figura 19. Escala de valoración según la función del equipo

| Requisitos de mantenimiento (tiempo) | Descripción | Ponderación |
|--------------------------------------|--|-------------|
| Extenso | Importantes: Exige calibración y reemplazo de piezas periódicas. | 5 |
| | Superiores al promedio | 4 |
| Medio | Usuales: verificación de funcionamiento y pruebas de seguridad. | 3 |
| | Inferiores al promedio. | 2 |
| Mínimo | Inspección visual. | 1 |

Obtenido de: (Ministerio de Salud Pública, 2018)

4. **Desgaste mecánico (DM):** Se basa en el desgaste al que están sometidos los elementos mecánicos. Se evalúa en una escala de 0 a 5 puntos, como se indica en la Figura 20.

Figura 20. Escala de valoración según el desgaste mecánico

| Tipo de desgaste | Ponderación |
|------------------|-------------|
| Alto | 5 |
| | 4 |
| Medio | 3 |
| | 2 |
| Mínimo | 1 |
| No aplica | 0 |

Obtenido de: (Ministerio de Salud Pública, 2018)

5. **Frecuencia de uso (FU):** Está relacionado con los intervalos de tiempo que los equipos están realizando su trabajo. Se evalúa en una escala de 1 a 5 puntos, como se indica en la Figura 21.

Figura 21. Escala de valoración según la frecuencia de uso

| Frecuencia de uso | Ponderación |
|-------------------|-------------|
| 24 horas | 5 |
| Diariamente | 4 |
| Regularmente | 3 |
| Ocasionalmente | 2 |
| | 1 |

Obtenido de: (Ministerio de Salud Pública, 2018)

6. **Antecedentes de problemas del equipo (AE):** Se basa en la información acerca de los periodos de las fallas y las reparaciones que se han realizado en cada equipo. En la Figura 22, se indica su ponderación.

Figura 22. Escala de valoración según la frecuencia de uso

| Promedio de averías del equipo | Ponderación |
|---|-------------|
| Significativo: más de una cada seis meses | 2 |
| Moderado: uno cada 6-9 meses | 1 |
| Usual: una cada 9-18 meses | 0 |
| Mínimo: una cada 18-30 meses | -1 |
| Insignificante: menos de una en los 30 meses anteriores | -2 |

Obtenido de: (Ministerio de Salud Pública, 2018)

7. **Ponderación según la puntuación:** Con la ponderación o valor total obtenido en el FMP, se procede a clasificar la frecuencia del equipo, tomando como referencia la Figura 23 que se presenta a continuación:

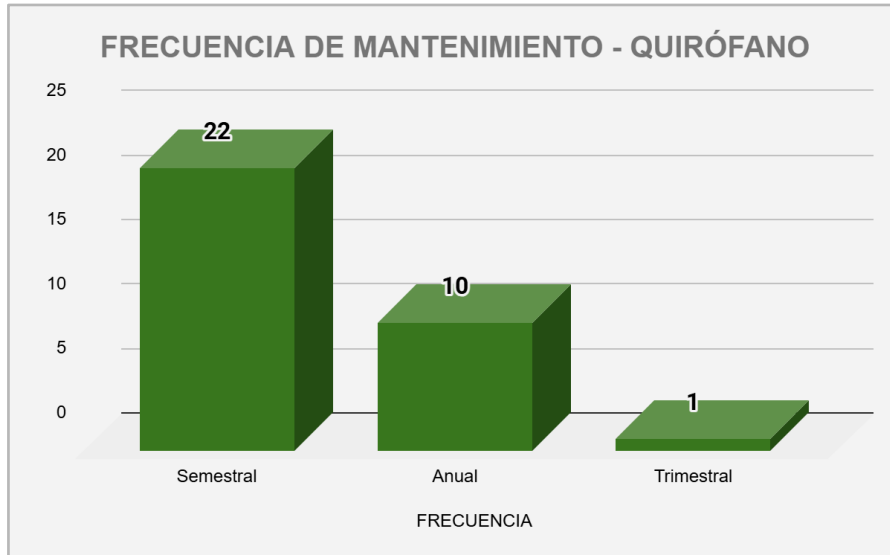
Figura 23. Escala de valoración para determinar la frecuencia de mantenimiento

| Puntuación | Frecuencia |
|----------------|------------|
| 21 en adelante | Trimestral |
| 15 a 20 | Semestral |
| 1 a 14 | Anual |

Obtenido de: (Ministerio de Salud Pública, 2018)

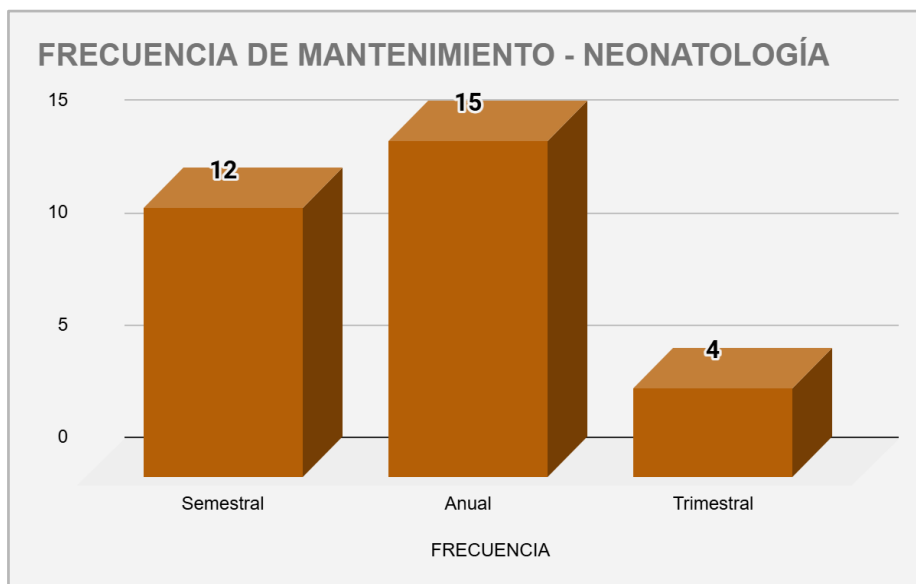
Finalmente, los cálculos obtenidos para determinar la frecuencia de mantenimiento de cada equipo se encuentran en el Anexo F, Anexo G y Anexo H. Y los resultados de la cantidad de equipos para cada área se indican en las siguientes figuras:

Figura 24. Estadística de la frecuencia de mantenimiento de los equipos del área de Quirófano



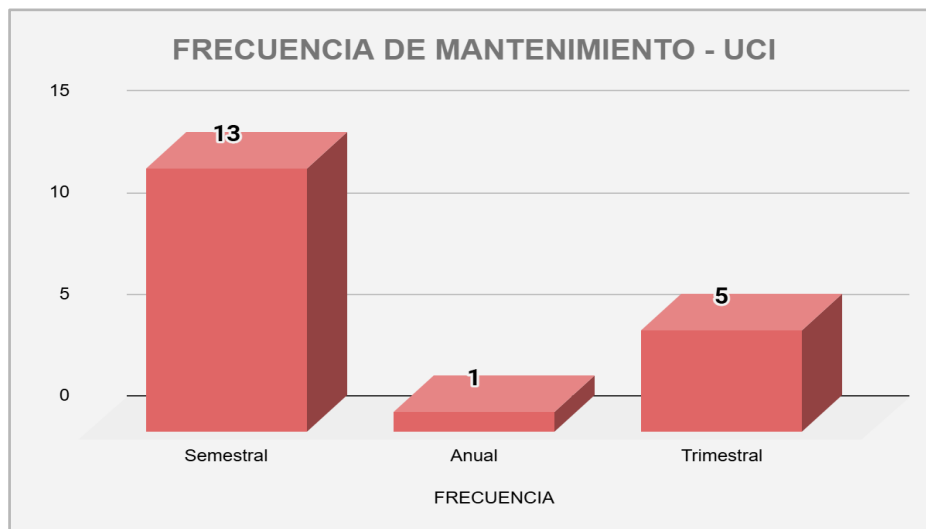
Obtenido de: Autoría propia

Figura 25. Estadística de la frecuencia de mantenimiento de los equipos del área de Neonatología



Obtenido de: Autoría propia

Figura 26. Estadística de la frecuencia de mantenimiento de los equipos del área de UCI



Obtenido de: Autoría propia

Con las estadísticas de las Figuras 24, 25 y 26 se determina lo siguiente:

- En el área de Quirófano, resultaron una cantidad de 22 equipos que forman parte de una frecuencia semestral, 10 equipos con frecuencia anual y 1 equipo con frecuencia trimestral.
- En el área de Neonatología, resultaron 12 equipos que forman parte de una frecuencia semestral, 15 equipos con frecuencia anual y 4 equipos con frecuencia trimestral.
- Finalmente, en el área de UCI, resultaron 13 equipos que forman parte de una frecuencia semestral, 1 equipo con frecuencia anual y 5 equipos con frecuencia trimestral.

Por otro lado, si se toma en cuenta la cantidad total de las tres áreas, se obtienen un total de 83 equipos. A continuación, en la Figura 27 se muestra un resumen de la cantidad de equipos clasificados según su frecuencia:

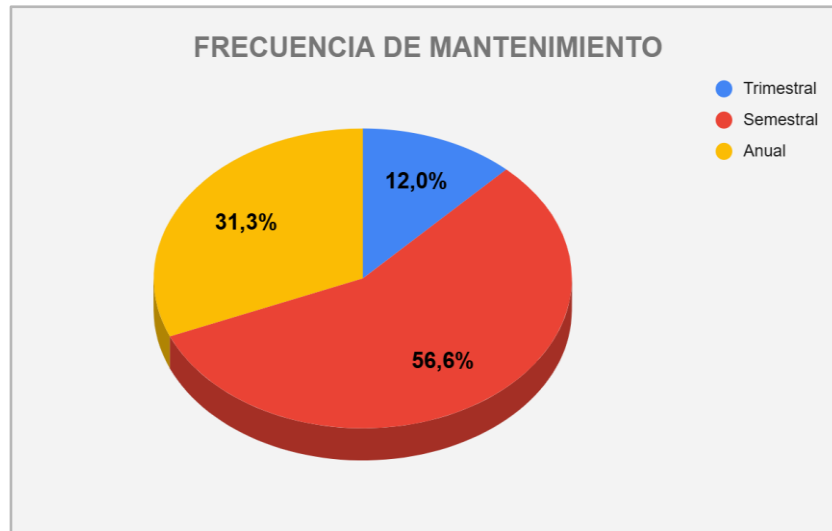
Figura 27. Frecuencia de mantenimiento preventivo

| Frecuencia | Cantidad |
|--------------|-----------|
| Trimestral | 10 |
| Semestral | 47 |
| Anual | 26 |
| Total | 83 |

Obtenido de: Autoría propia

Para una mejor visualización mediante estadística, en la Figura 28 se presenta una clasificación de los equipos médicos con su respectiva frecuencia.

Figura 28. Clasificación porcentual por frecuencia de mantenimiento



Obtenido de: Autoría propia

Mediante el gráfico de la Figura 28, se puede observar que el 12%, equivale a 10 equipos que pertenecen a una frecuencia trimestral; mientras que el 56,6%, 47 equipos pertenecen a una frecuencia semestral y el 31,3% restante, 26 equipos son de frecuencia anual. Esto significa que la mayor parte de equipos tienen una frecuencia de mantenimiento semestral, es decir, se realizan dos veces el mantenimiento preventivo.

4.5.3 Plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento preventivo propuesto tiene como fin establecer un cronograma para realizar actividades de mantenimiento regularmente. Para empezar, se tuvo que obtener manuales de usuario de los equipos médicos y luego realizar las fichas para así conocer las actividades de mantenimiento preventivo de cada equipo. Posteriormente, se desarrolló un plan maestro de mantenimiento preventivo de cada equipo y las actividades que se deben hacer cada año.

4.5.4 Plan de mantenimiento individual

Referente a este aspecto, lo que se realiza es un plan de mantenimiento preventivo para cada uno de los equipos existentes; aquí se detallan las actividades que se deben realizar de forma más específica. A este plan, por cada equipo, se lo ha denominado plan maestro de mantenimiento. A continuación, en la Figura 29, se puede observar un ejemplo.

Figura 29. Plan maestro de mantenimiento preventivo del Electrocauterio

| PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO REGISTRO Y CONTROL | | | | | | |
|---|---------------------|---------|---------|--------------------------------------|------------|---|
| NOMBRE | ELECTROCAUTERIO | | CODIGO | 000529 000786 000589 000970 | UBICACION | QUIRÓFANO 3, 4, 2, 1 |
| MES | SEMANA | | | | FRECUENCIA | OBSERVACIONES |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | Semestral | |
| ENERO | ID E | ID E | ID E | ID E | | El cable de alimentación debe revisarse para detectar daños en el aislamiento o los conectores. |
| FEBRERO | ID E | ID E | ID E | ID E | | El cable de alimentación debe revisarse para detectar daños en el aislamiento o los conectores. |
| MARZO | ID E | ID E | ID E | ID E | | El cable de alimentación debe revisarse para detectar daños en el aislamiento o los conectores. |
| ABRIL | IG IE E EE | ID E | ID E | ID E | | Inspección general del equipo Revisión de la Salida microbipolar Revisión de la Salida de conmutación manual monopolar Revisión de la Coag simultáneo Configuración monopolar y bipolar Revisión de la Salida de pedal monopolar |
| MAYO | ID E | ID E | ID E | ID E | | El cable de alimentación debe revisarse para detectar daños en el aislamiento o los conectores. |
| JUNIO | ID E | ID E | ID E | ID E | | El cable de alimentación debe revisarse para detectar daños en el aislamiento o los conectores. |
| JULIO | ID E | ID E | ID E | ID E | | El cable de alimentación debe revisarse para detectar daños en el aislamiento o los conectores. |
| AGOSTO | ID E | ID E | ID E | ID E | | El cable de alimentación debe revisarse para detectar daños en el aislamiento o los conectores. |
| SEPTIEMBRE | ID E | ID E | ID E | ID E | | El cable de alimentación debe revisarse para detectar daños en el aislamiento o los conectores. |
| OCTUBRE | IG IE E EE | ID E | ID E | ID E | | Inspección general del equipo Revisión de la Salida microbipolar Revisión de la Salida de conmutación manual monopolar Revisión de la Coag simultáneo Configuración monopolar y bipolar Revisión de la Salida de pedal monopolar Mantenimiento eléctrico general Mantenimiento electrónico general |
| NOVIEMBRE | ID E | ID E | ID E | ID E | | El cable de alimentación debe revisarse para detectar daños en el aislamiento o los conectores. |
| DICIEMBRE | ID E | ID E | ID E | ID E | | El cable de alimentación debe revisarse para detectar daños en el aislamiento o los conectores. |

Obtenido de: Autoría propia

Las abreviaciones utilizadas para este plan maestro de mantenimiento preventivo son las actividades a realizar; a continuación, en la Figura 30, se detalla el significado de esas abreviaciones.

Figura 30. Abreviaciones de actividades de mantenimiento preventivo.

| SÍMBOLO | SIGNIFICADO | SÍMBOLO | SIGNIFICADO |
|---------|-----------------------|---------|-------------------|
| IG | Inspección General | E | Mant. Eléctrico |
| IE | Inspección Específica | EE | Mant. Electrónico |
| ID | Inspección Diaria | H | Mant. Hidráulico |
| C | Calibración | N | Mant. Neumático |
| P | Pruebas | R | Reparación |
| L | Lubricación | A | Aseo |
| M | Mant. Mecánico | CM | Cambio |

Obtenido de: Autoría propia

4.5.5 Plan de mantenimiento preventivo anual

Con las matrices de frecuencias para el mantenimiento preventivo calculadas anteriormente, se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo anual que se puede observar en el Anexo A, este plan incorporó a todos los equipos médicos, y se determinaron fechas para realizar las actividades preventivas, esto de la mano con el área de mantenimiento.

Es importante mencionar que, al ser una empresa de salud se será flexible con las fechas ya que, en algunos casos, las áreas están ocupadas por pacientes y en otros casos están desocupadas, por lo cual se cumplirán las fechas con tolerancia. Por ejemplo, en el mes de octubre se buscará la disponibilidad de los equipos para hacer las actividades preventivas durante todo el mes, si no es posible en la semana determinada.

4.5.6 Formularios de registros

En esta sección se describen los diferentes formularios de registros que se han creado y también los que se digitalizaron en la aplicación. Lo que hacen estos formularios es registrar cada campo dependiendo de para que se usará cada sección.

Se tiene tres formularios principales: el de los checklist, donde se registran las inspecciones de cada área; por otro lado, se tiene el formulario para el registro de fallas; y finalmente la aplicación donde se detallan las actividades de mantenimiento preventivo según el plan general de mantenimiento preventivo anual (ver en el Anexo A todos los formularios mencionados).

4.5.7 Propuesta de integración del plan de mantenimiento preventivo mejorado

La propuesta integra el nuevo plan de mantenimiento preventivo mediante herramientas digitales y la ERP, con capacitación, programación estructurada y seguimiento de indicadores, garantizando la eficiencia operativa y la mejora continua. Esta propuesta estará basada en un plan piloto que se detalla más adelante del presente trabajo.

4.6 Desarrollo del aplicativo móvil y del sistema ERP

4.6.1 Metodología para la creación de la aplicación

Para esto se ha elegido usar un método agile, pero los demás métodos también ayudarán al desarrollo de la aplicación, por lo cual se optó en cierta parte combinarlo con los otros métodos descritos en el marco teórico (mejora continua y cascada).

4.6.1.1 Creación de la aplicación

Para la implementación de la aplicación AppSheet, la misma que está vinculada con las hojas de cálculo de Google para administrar las listas de verificación de las diferentes áreas médicas, siguió los siguientes pasos basándose en el trabajo de (Porras, 2024):

4.6.1.2 Requerimientos

El paso inicial consiste en analizar los requerimientos y necesidades de las áreas médicas. Para esto se pueden usar formatos ya existentes (o mejorarlos) o, por otro lado, crearlos, esto de la mano de los técnicos de mantenimiento, ya que los mismos tienen la experiencia y entienden las necesidades del área. Esto sirve para decretar los campos de datos que serán necesarios con el objetivo de entender las restricciones y oportunidades de mejora que existen en el área.

4.6.1.3 Planeación de la base de datos

Fundamentándose en los requerimientos necesarios, se arranca con el diseño de la base de datos que actuará como fuente central de información para las listas de verificaciones, registro de fallas y actividades de mantenimiento preventivo anual. Se establecen los campos para guardar y estructurar los datos de forma eficiente, de manera que sean de fácil manejo y comprensión.

4.6.1.4 Composición de las hojas de cálculo de Google

Se procede a crear las distintas hojas de cálculo de Google; es aquí donde se va a almacenar y también gestionar los datos de las aplicaciones. Lo principal es determinar de manera organizada los encabezados de las columnas correspondientes y, también de ser necesario, configurar fórmulas para los cálculos correspondientes.

4.6.1.5 Creación de la aplicación y vinculación con las hojas de cálculo

En la plataforma de AppSheet se establece la aplicación que se vincula con las hojas de cálculo de Google. Procedemos a definir las tablas, tipo de variables, vistas y acciones, además de ajustar los botones como lo son para agregar y editar los registros; esto es necesario para interactuar con los datos de los distintos formularios que una vez se llene en cada aplicación se actualiza automáticamente en las hojas de cálculo al instante.

4.6.1.6 Personalización y pruebas

Una vez realizado el punto anterior, se deben personalizar las aplicaciones según sean las necesidades de cada área o de cada registro. Se agregan gráficos para realizar análisis, tablas y modificaciones que ayuden al manejo intuitivo y amigable con el usuario.

Después se realizan pruebas de funcionamiento para verificar que la información se guarde correctamente en las hojas de cálculo, corroborar que las fórmulas sean correctas, evitar información errónea y otros factores que afectan a que las aplicaciones funcionen de manera adecuada.

4.6.1.7 Capacitación, acceso y mejoras

Una vez las aplicaciones estén funcionando correctamente se realizan capacitaciones a los distintos usuarios. Se les explica como es el funcionamiento, como se debe navegar por la interfaz y para qué es el uso de estas aplicaciones. Una vez los usuarios utilizan estas herramientas se procede a realizar pequeñas entrevistas para así actuar en mejoras o posibles errores. Finalmente se da acceso a todo el personal para así asegurarse que todos ingresen al sistema sin ningún inconveniente.

4.6.1.8 Monitoreo

Al seguir todos estos pasos se podrá crear e implementar correctamente una aplicación de AppSheet que esté vinculada a hojas de cálculo de Google, en la Figura 31 se puede ver un resumen de los pasos que se realizaron para crear las distintas aplicaciones. Es importante recalcar que esto se debe hacer para cada aplicación es decir para listas de verificación, registro de fallas y actividades de mantenimiento preventivo anual.

Una vez finalizado todo el proceso, se debe realizar un monitoreo continuo y permanente, esto para el control de las actividades y sobre todo para la búsqueda de mejoras.

Figura 31. Metodología para la creación de la aplicación



Obtenido de: Autoría propia

4.6.2 Aplicación de Checklist

Esta aplicación tiene como objetivo realizar las listas de verificación, obviamente de manera digital, de las tres áreas analizadas. Para mostrar las vistas de la aplicación se tomará como ejemplo un área, en este caso Unidad de Cuidados Intensivos, las demás áreas tienen la misma estructura y funcionan de la misma manera.

4.6.2.1 Registro de datos

Aquí se llenan datos básicos como son realizados por, supervisado por, aprobado por y la fecha (Figura 32). A continuación, el técnico revisa si cada aspecto que se detalla en el formato de lista de verificación de cada área está operativo o no operativo (Figura 33). Y finalmente se colocan observaciones, fotos de evidencia (si es necesario) y firmas de los implicados (Figura 34).

Figura 32. Registro de datos en el formulario

← UCI

Realizado_Por

Supervisado_Por

Aprobado_Por

Fecha*

01/04/2025 07:00:32

Cancel Save

Obtenido de: (AppSheet, 2025)

Figura 33. Checklist diario

☰ UCI

Asegurese que los cables de conexión del monitor se encuentren conectados al monitor y tomacorriente.

Operativo No Operativo

Verificar que el monitor se encienda, y los signos vitales se muestren en la pantalla realizando pruebas aleatorias de presion arterial, saturacion y Ritmo cardiaco.

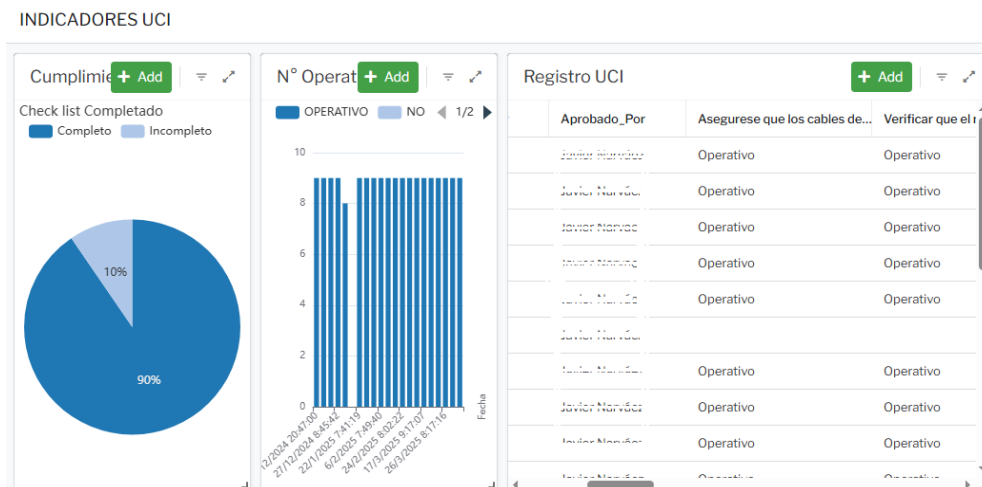
Operativo No Operativo

Verificar funcionamiento de electrocardiograma y sistema de fijacion

Cancel Save

Obtenido de: (AppSheet, 2025)

Figura 36. Indicadores de cumplimiento



Obtenido de: (AppSheet, 2025)

4.6.3 Aplicación para registro de fallas

4.6.3.1 Registro de datos

Aquí se llenan datos para el registro de fallas (Figura 37), como son área, subárea, equipos que han presentado fallas, tipo de falla, descripción, entre otros aspectos.

Figura 37. Datos para el registro de fallas

The form is titled 'FALLAS' and contains the following fields:

- Área*:** Two buttons labeled 'QUIRÓFANO' and 'NEONATOLOGÍA'. Below them is a text input field containing 'UCI'.
- Sub Área:** A dropdown menu currently showing 'Quirófano 1'.
- Equipo*:** An empty dropdown menu.
- Buttons:** 'Cancel' and 'Save' buttons at the bottom of the form.

Obtenido de: (AppSheet, 2025)

Además, también se pueden agregar evidencias, por quien ha sido reportado, a quien se ha reportado, diagnósticos y otros aspectos referentes a la falla presentada, como se muestra en la Figura 38.

Figura 38. Otros datos respecto a la falla reportada

Obtenido de: (AppSheet, 2025)

4.6.3.2 Registro en la hoja de cálculo de Google - Registro de fallas

En la hoja de cálculo de Google se puede evidenciar todos los datos que se vayan insertando; en la Figura 39, se pueden visualizar la base donde se cargarán los registros.

Figura 39. Registro de fallas en las hojas de cálculo de Google

| | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|----|--------|-------|--------|----------|--------|----------------|---------------|----------------------|-----------|----------------|--------------|-------------|
| 1 | Equipo | Marca | Modelo | N° Serie | Código | Fecha de falla | Tipo de falla | Descripción de falla | Evidencia | Reportado por: | Reportado a: | Diagnóstico |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | |

Obtenido de: (Google Sheets, 2025)

4.6.3.3 Aplicación para realizar el registro de mantenimiento preventivo

Aquí se pueden ver las distintas listas de verificación para las actividades a realizar de cada equipo donde se seguirá el plan de mantenimiento propuesto (Figura 40).

Figura 40. Listas de verificación de actividades de mantenimiento preventivo - Electrocauterio

| | EQUIPO | MARCA | MODELO | CÓDIGO | DESCRIPCIÓN | PASA | NO PASA |
|-------------------|-----------------|-----------|----------|------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| QUIRÓFANO 225 | ELECTROCAUTERIO | VALLEYLAB | FORCE II | 110-17-30-000569 | Inspección general del equipo | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| QUIRÓFANO 1 114 | ELECTROCAUTERIO | VALLEYLAB | FORCE II | 110-17-30-000569 | Revisión de la Salida microbip... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| QUIRÓFANO 2 37 | ELECTROCAUTERIO | VALLEYLAB | FORCE II | 110-17-30-000569 | Revisión de la Salida de con... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| QUIRÓFANO 3 114 | ELECTROCAUTERIO | VALLEYLAB | FORCE II | 110-17-30-000569 | Revisión de la Coag simultáneo | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| QUIRÓFANO 4 11 | ELECTROCAUTERIO | VALLEYLAB | FORCE II | 110-17-30-000569 | Configuración monopolar y bi... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| SALA DE PAR... 44 | ELECTROCAUTERIO | VALLEYLAB | FORCE II | 110-17-30-000569 | Revisión de la Salida de pedal... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | ELECTROCAUTERIO | VALLEYLAB | FORCE II | 110-17-30-000569 | TIEMPO TOTAL DE EJECUCIÓN | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | ELECTROCAUTERIO | VALLEYLAB | FORCE II | 110-17-30-000569 | PARTES - ACCESORIOS UTILI... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | ELECTROCAUTERIO | VALLEYLAB | FORCE II | 110-17-30-000569 | CONCLUSIONES Y RECOMEN... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | ELECTROCAUTERIO | VALLEYLAB | FORCE II | 110-17-30-000569 | FIRMA RESPONSABLE / FIR... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Obtenido de: (AppSheet, 2025)

También se incluyó el plan de mantenimiento preventivo anual donde se puede observar cada equipo (Figura 41) y, si se ingresa, se detallan las fechas planificadas (Figura 42).

Figura 41. Plan de mantenimiento preventivo AppSheet

| DESCRIPCIÓN | CÓDIGO | FRECUENCIA | SUB AREA | 1ra VISITA |
|----------------------------|------------------|------------|-------------|------------|
| BISTURÍ ARMÓNICO ULTRA ... | 110-17-30-000272 | Semestral | Quirófano | 1/4/2025 |
| BISTURÍ ARMÓNICO ULTRA ... | 110--30-000117 | Semestral | Quirófano | 1/4/2025 |
| MICROSCOPIO CARL ZEISS | 110-17-30-000300 | Anual | Quirófano | |
| NEGATOSCOPIO DE 3 CUERP... | 110-15-30-000080 | Anual | Quirófano 2 | |
| MAQUINA DE ANESTESIA DA... | 110-17-30-000152 | Semestral | Quirófano 1 | 1/4/2025 |
| MAQUINA DE ANESTESIA DA... | 110-17-30-000568 | Semestral | Quirófano 3 | 1/4/2025 |
| MAQUINA DE ANESTESIA DA... | 110-17-30-000934 | Semestral | Quirófano | 1/4/2025 |
| MAQUINA DE ANESTESIA DA... | 110-17-30-001050 | Semestral | Quirófano | 1/4/2025 |

Obtenido de: (AppSheet, 2025)

Figura 42. Detalles sobre el Plan de Mantenimiento Preventivo - Bisturí armónico



Obtenido de: (AppSheet, 2025)

4.6.3.4 Registro en la hoja de cálculo de Google - Actividades

En la hoja de cálculo de Google se puede evidenciar todas las verificaciones; en la Figura 43, se pueden visualizar la base donde se cargarán los registros.

Figura 43. Base de datos del Plan de Mantenimiento Preventivo - Bisturí armónico

| EQUIPO | MARCA | MODELO | CÓDIGO | UBICACIÓN | DESCRIPCIÓN | PASA | NO PASA |
|------------------|--------------|--------|------------------|-----------|---|------|---------|
| BISTURÍ ARMÓNICO | ULTRA CISION | NA | 110-17-30-000272 | QUIRÓFANO | INGRESAR: FECHA / EMPRESA / RESPONSABLE | | |
| BISTURÍ ARMÓNICO | ULTRA CISION | NA | 110-17-30-000272 | QUIRÓFANO | Revisión de piezas de mano | | |
| BISTURÍ ARMÓNICO | ULTRA CISION | NA | 110-17-30-000272 | QUIRÓFANO | Revisión de generadores | | |
| BISTURÍ ARMÓNICO | ULTRA CISION | NA | 110-17-30-000272 | QUIRÓFANO | Revisión de carro | | |
| BISTURÍ ARMÓNICO | ULTRA CISION | NA | 110-17-30-000272 | QUIRÓFANO | Revisión de interruptores de pie y mano | | |
| BISTURÍ ARMÓNICO | ULTRA CISION | NA | 110-17-30-000272 | QUIRÓFANO | Revisión de Bandeja esterilización | | |
| BISTURÍ ARMÓNICO | ULTRA CISION | NA | 110-17-30-000272 | QUIRÓFANO | Revisión del módulo de entrada de energía | | |
| BISTURÍ ARMÓNICO | ULTRA CISION | NA | 110-17-30-000272 | QUIRÓFANO | Revisión de la fuente de alimentación | | |
| BISTURÍ ARMÓNICO | ULTRA CISION | NA | 110-17-30-000272 | QUIRÓFANO | Revisión del circuito de regulación de corriente y potencia | | |
| BISTURÍ ARMÓNICO | ULTRA CISION | NA | 110-17-30-000272 | QUIRÓFANO | Revisión del circuito de aislamiento del paciente | | |
| BISTURÍ ARMÓNICO | ULTRA CISION | NA | 110-17-30-000272 | QUIRÓFANO | Revisión del microprocesador | | |

Obtenido de: (Google Sheets, 2025)

4.7 Sistema ERP

El sistema ERP es un software que permite ayudar a las empresas en diferentes campos, como un soporte para la automatización y administración de procesos. Es por eso que, según Rueda (2024), un software ERP ideal para un trabajo de mantenimiento preventivo es el Odo.

La metodología a seguir para uso del software Odoo recibe el nombre de Odoo Implementation Methodology, la cual tiene similitudes a las metodologías Scrum y Agile. Además, algo importante es que esta metodología es recomendada por la desarrolladora del software.

4.7.1 Fases de la implantación *Odoo Implementation Methodology*

4.7.1.1 Análisis de las necesidades empresariales

En esta fase inicial consiste en identificar, recopilar, documentar y analizar todas las necesidades de las distintas áreas médicas a través de entrevistas o preguntas al responsable de mantenimiento. Esto con el fin de que al momento de introducir en el software Odoo no se tenga datos faltantes y como también reducir el tiempo de implementación.

4.7.1.2 Prototipo Completo

Partiendo de las necesidades, se procede a configurar y personalizar el módulo dependiendo de las operaciones que necesita la empresa. En esta fase, se requiere de aquellos usuarios clave para que puedan interactuar e ir adquiriendo experiencia y precisión en el manejo de la interfaz. Este prototipo permite realizar pruebas sin datos reales de la empresa con el objetivo de verificar su funcionalidad para después ponerla en marcha.

4.7.1.3 Importación de Datos y Desarrollo Específico

Una vez realizado pruebas en el prototipo, se procede a migrar aquellos datos reales con toda la información necesaria o requerida por el módulo. Es importante que todas las funciones sean válidas para un lanzamiento exitoso y así en las fases posteriores evitar tener problemas sin interrumpir a los procesos operativos.

4.7.1.4 Validación y Formación

Se centra en validar que el sistema implantado esté operando de manera eficiente de acuerdo a los requerimientos, y que los usuarios estén capacitados para manejar el sistema. Además, esta fase es importante a considerar ya que se debe tener en cuenta de que el sistema no solo opere adecuadamente desde el aspecto técnico, sino que también satisfaga las necesidades y expectativas de los usuarios finales, que son los que utilizarán en sus operaciones.

4.7.1.5 Despliegue y puesta en producción

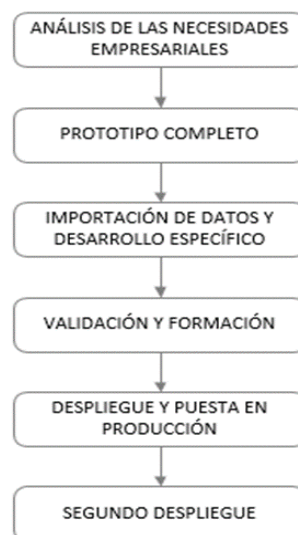
En esta fase, una vez que ya es probado y validado pasa al funcionamiento operativo completo en vivo y real de las actividades. También es importante que, para llevar hacia la parte práctica y puesta en marcha, que todo el desarrollo y configuración haya sido probado en escenarios reales. Es decir, aquí ya debe estar funcionando de una manera correcta el sistema sin fallos.

4.7.1.6 Segundo despliegue

Una vez que el sistema se encuentre en funcionamiento, se debe realizar un monitoreo y control. Esto facilita el perfeccionamiento de los procedimientos, correcciones de fallos y la incorporación de mejoras o algo complementario que haga falta. Además, asegura que el sistema implementado sea eficiente, efectivo y se ajusten a los objetivos de la empresa.

Al seguir todas las fases se podrá crear e implementar correctamente un módulo de mantenimiento, en la Figura 44 se puede ver un resumen de las fases a seguir para crear diferentes módulos dentro del software Odoo según el interés del usuario.

Figura 44. Metodología Odoo Implementation Methodology



Obtenido de: Autoría propia

4.7.1.7 Estructura del módulo de mantenimiento en Odoo

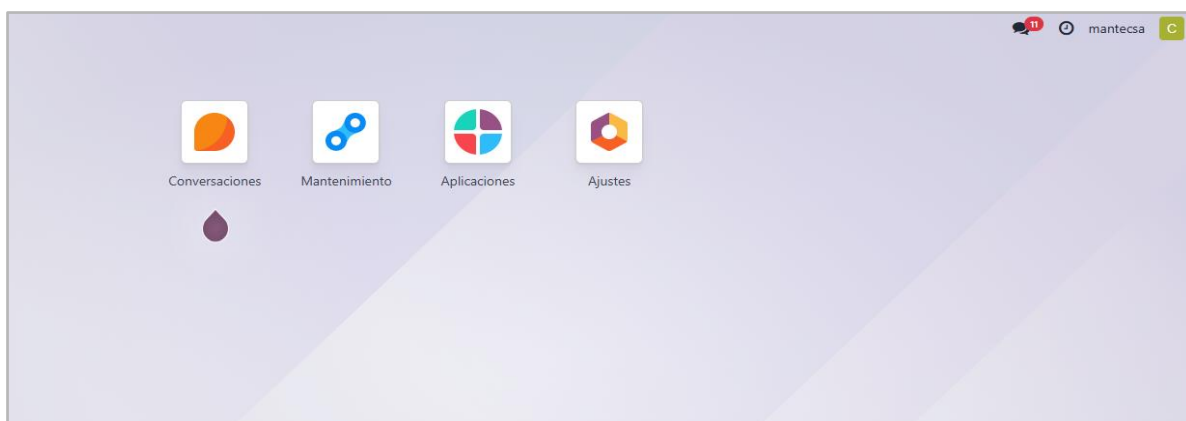
Esta interfaz de módulo de mantenimiento tiene como objetivo planificar, programar y realizar un seguimiento de las actividades de mantenimiento de los equipos médicos de manera digital en las tres áreas.

A continuación, se muestra la estructura del módulo desde su creación hasta la obtención del objetivo deseado:

4.7.1.8 Interfaz del ERP con los módulos

En la Figura 45 se muestra la pantalla principal del sistema con los diferentes módulos de interés instalados dependiendo a las necesidades de la empresa, en este caso el objetivo es el módulo de mantenimiento. Por tal motivo se encuentra instalado este módulo.

Figura 45. Módulo de interfaz de pantalla inicial

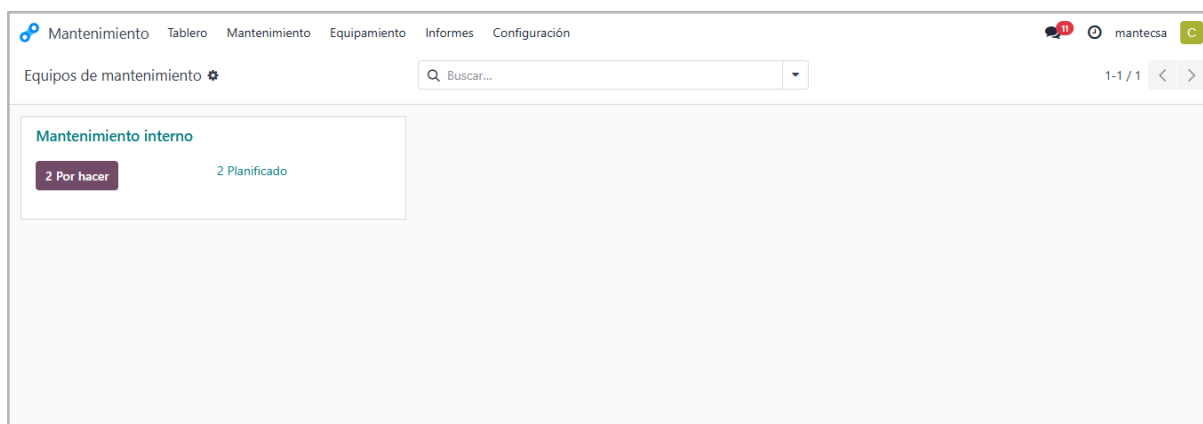


Obtenido de: (Odoo, 2025)

4.7.1.9 Módulo de interfaz de equipos de mantenimiento

Esta pantalla (Figura 46) muestra los equipos o empresas que están involucradas para realizar las actividades de mantenimiento de los equipos médicos de las diferentes áreas.

Figura 46. Interfaz de las empresas de mantenimiento



Obtenido de: (Odoo, 2025)

4.7.1.10 Módulo de interfaz para la introducción de los equipos al sistema

Esta sección (Figura 47) sirve para la creación e introducción de los equipos que se van a analizar con la respectiva información necesaria del mismo.

Figura 47. Interfaz para la creación de los equipos en el programa

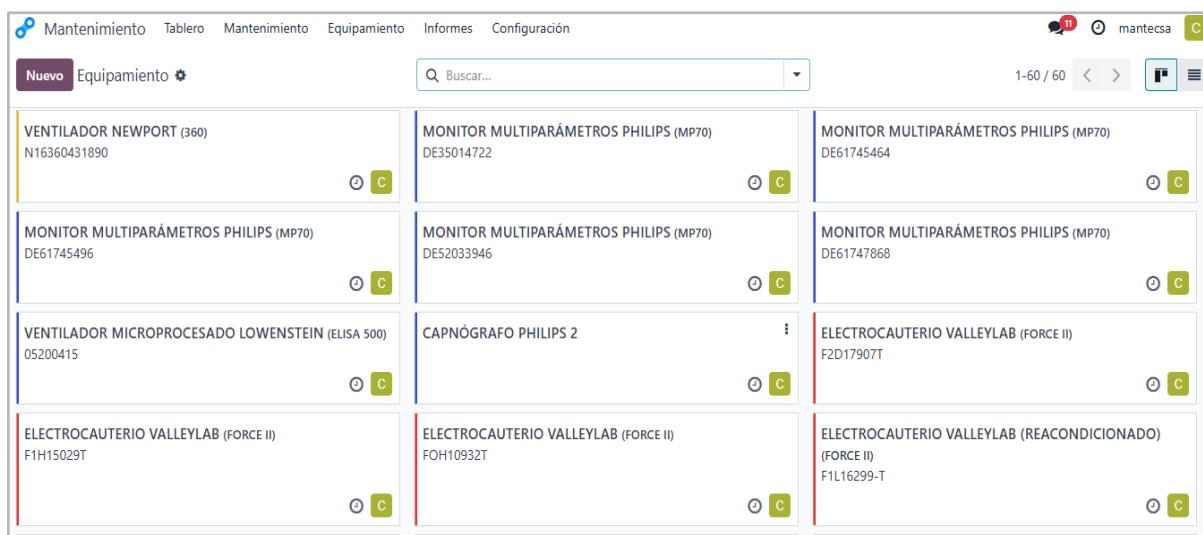


Obtenido de: (Odoo, 2025)

4.7.1.11 Módulo de interfaz de los equipos médicos para mantenimiento

Esta pantalla indica todos los equipos creados y se encuentran para mantenimiento. En la Figura 48, muestra un ejemplo de algunos de los equipos incorporados.

Figura 48. Interfaz de los equipos



Obtenido de: (Odoo, 2025)

4.7.1.12 Módulo de interfaz de registro de mantenimiento

En este apartado corresponde a la realización de las peticiones de mantenimiento, programando las fechas para cada equipo, las actividades correspondientes que se debe realizar y el técnico responsable. En la sección de ejecución del plan piloto se encontrará un ejemplo del mismo.

4.7.1.13 Módulo de Interfaz Kanban de los equipos de mantenimiento

Este módulo permite mostrar mediante un tablero Kanban los equipos planificados para mantenimiento, aquellos que se encuentran en proceso y los que ya fueron hechos el mantenimiento preventivo.

4.7.1.14 Módulo de Interfaz de calendario de mantenimiento

Este módulo permite mostrar las programaciones de los trabajos de mantenimiento, señalando las fechas específicas de cada equipo en forma de calendario para una mejor visualización.

4.7.1.15 Módulo de interfaz de los informes de mantenimiento

Finalmente, este módulo permite mostrar mediante gráficos estadísticos la cantidad de equipos para mantenimiento y la fase en la que se encuentran.

4.8 Diseño del plan piloto

4.8.1 Plan piloto

El plan piloto tiene como función realizar la ejecución del plan de mantenimiento preventivo en un determinado tiempo. Donde, para su diseño y desarrollo, está basado mediante el ciclo de mejora continua o también llamado ciclo Deming (PHVA):

Planear: Esta etapa consiste en planificar el plan piloto de mantenimiento preventivo, teniendo en cuenta los objetivos claros para alcanzar sus respectivos resultados, los equipos médicos que estarán implicados y los recursos necesarios para la ejecución del plan. Por esta razón, para tener una planificación de una manera estructurada se utilizará la herramienta 5W+2H que se muestra en la Tabla 2, el cual permite responder preguntas claves que sirven para la implementación de dicho plan.

Tabla 2. Tabla de la herramienta 5W+2H para el plan piloto

| HERRAMIENTA 5W+2H | | | | |
|-------------------|-------|-----------|--------------------------------|---|
| PREGUNTA | | | | DESCRIPCIÓN |
| 5W | WHAT | ¿QUÉ? | ¿Qué se va hacer? | Implementar un plan piloto que abarque equipos médicos críticos, que ayude al mejor control en área de mantenimiento preventivo, para su posterior análisis de impacto en el área y viabilidad del trabajo. |
| | WHY | ¿POR QUÉ? | ¿Por qué es necesario? | Para reducir tiempos administrativos, mejorar la trazabilidad de la información, optimizar costos y aumentar la disponibilidad de los equipos médicos. |
| | WHERE | ¿DÓNDE? | ¿Dónde se llevará a cabo? | En las áreas de Unidad de Cuidados Intensivos, Neonatología y Quirófano de una clínica privada ubicada en la ciudad de Cuenca. |
| | WHEN | ¿CUÁNDO? | ¿Cuándo se realizará? | Durante un período de prueba de 4 a 6 semanas (o dependiendo de la disponibilidad de las áreas), con evaluación de resultados según el avance del plan de mantenimiento preventivo. |
| | WHO | ¿QUIÉN? | ¿Quiénes estarán involucrados? | Técnicos, el encargado del área de mantenimiento y los estudiantes que están realizando este trabajo de |

| | | | | |
|----|----------|----------|------------------------------------|---|
| | | | | titulación |
| 2H | HOW | ¿CÓMO? | ¿Cómo se va a hacer? | Mediante el uso de una aplicación móvil (App Sheet) para las verificaciones de las actividades de mantenimiento y un ERP (Odo) para la gestión centralizada de datos. |
| | HOW MUCH | ¿CUÁNTO? | ¿Cuánto costará la implementación? | <ul style="list-style-type: none"> - Costo de la app: \$5 por usuario cada mes. - Costo del ERP: \$20 mensual. - Costo por realizar la app: \$50 por día. - Costo por trabajar en la ERP: \$40 por día. |

Obtenido de: Autoría propia

Hacer: Esta etapa consiste en implementar lo planificado siguiendo las directrices establecidas y las actividades que se van a realizar, tales como:

- Introducción de los equipos seleccionados al plan piloto de la ERP.
- Introducción de los formatos de checklist en la app.
- Peticiones de mantenimiento en la ERP.
- Capacitaciones para los usuarios.

Verificar: En esta etapa se debe monitorear y comprobar que las actividades se estén cumpliendo conforme a lo planificado, mediante un análisis de datos recopilados de los resultados. Por otro lado, permite identificar si los resultados obtenidos son los adecuados o si son viables.

Actuar: En esta etapa consiste en tomar decisiones a partir de un análisis de resultados. Mediante la documentación de las actividades, los cual permite detectar falencias, realizar ajustes que sean necesarios y aplicar mejoras. Además, en caso de ser viable, se puede dar uso para el resto de equipos médicos.

4.9 Capacitación al personal

La capacitación tuvo como objetivo enseñar al personal del área de mantenimiento el uso de la aplicación para las diferentes actividades, además, también con respecto a la ERP, instruir al jefe de mantenimiento en el uso de este sistema.

En el (Anexo I) se tiene el formato usado para registrar la capacitación realizada y en el (Anexo J) la evidencia de que se realizó dicha capacitación.

4.10 Ejecución del plan piloto

La ejecución del plan piloto tiene como finalidad poner en funcionamiento el aplicativo móvil y el sistema ERP a un grupo específico de equipos y con las actividades correspondientes, para luego verificar si está funcionando correctamente antes de implementarlo a todos los equipos.

Las actividades a realizar en este apartado son las siguientes:

4.10.1 Peticiones o solicitudes de mantenimiento

Como se muestra en la Figura 49, se procede a realizar las peticiones de mantenimiento preventivo para cada equipo que se encuentra en el sistema.

Figura 49. Interfaz de las peticiones de mantenimiento

The screenshot shows the Odoo interface for creating a maintenance request. The breadcrumb trail is: Mantenimiento > Tablero > Mantenimiento > Equipamiento > Informes > Configuración. The page title is 'Nuevo Peticiones de mantenimiento' with a sub-title 'MANT. PREVENTIVO(SERVOCUNA AIR-SHIELDS)'. A progress bar at the top right shows stages: Nueva solicitud (active), En progreso, Reparado, and Desechar. The main form fields are:

| | | | |
|---|-------------------------------|------------------|--------------------------|
| Equipamiento | SERVOCUNA AIR-SHIELDS/ME00719 | Equipo | Mantenimiento interno |
| Categoría | NEONATOLOGÍA | Responsable | Mantenimiento Interno |
| Fecha de solicitud ? | 01/04/2025 | Fecha prevista ? | 07/04/2025 09:00:00 |
| Tipos de mantenimiento | | Duración ? | 01:00 horas |
| <input type="radio"/> Correctivo | | Recurrent | <input type="checkbox"/> |
| <input checked="" type="radio"/> Preventivo | | Prioridad | ★☆☆ |

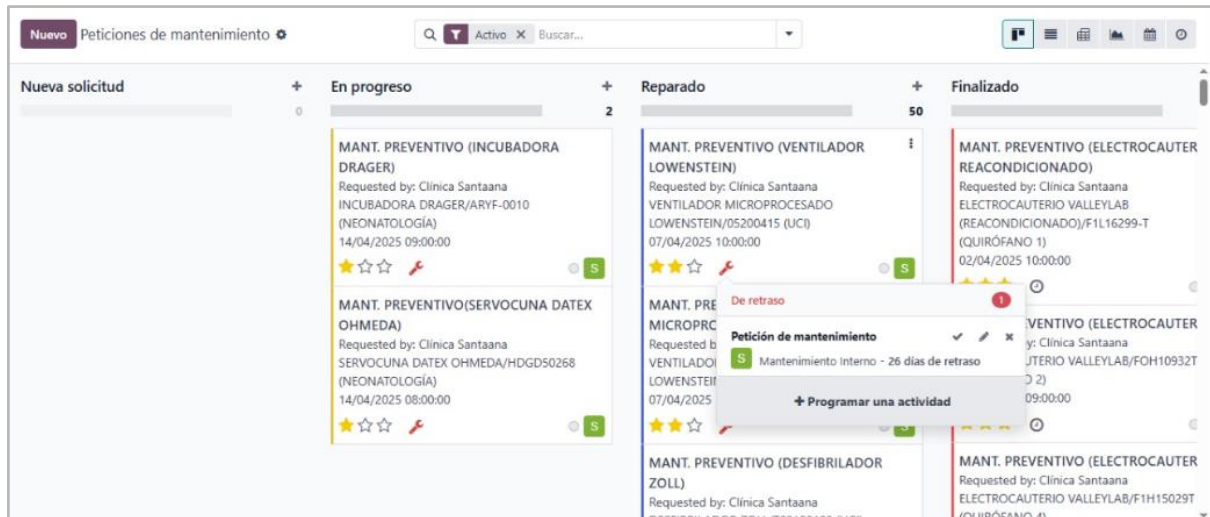
Below the form, there are tabs for 'Notes' and 'Instructions'. Under 'Instructions', there are two entries: 'Revisión del colector de oxígeno' (selected) and 'Revisión del estado de la cubierta'. The URL at the bottom is <https://mantecsa.odoo.com/odoo/action-14045#>.

Obtenido de: (Odoo, 2025)

4.10.2 Estado de los equipos para mantenimiento

A partir de la generación de las peticiones de mantenimiento, permite al técnico responsable visualizar en una interfaz en forma de tablero Kanban el estado en el que se encuentran las peticiones (nuevo, en progreso, reparado) y que equipos están pendientes de realizar el mantenimiento.

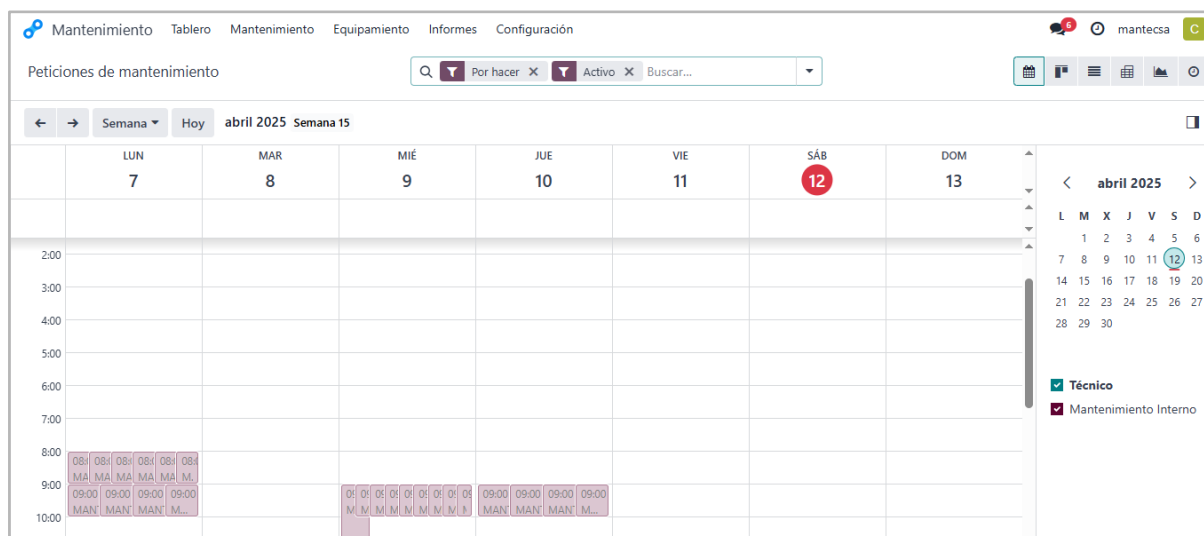
Figura 50. Interfaz del estado de los equipos de mantenimiento



Obtenido de: (Odoo, 2025)

4.10.3 Establecimiento del cronograma de mantenimiento

De igual manera, con el establecimiento de las peticiones del mantenimiento preventivo. El técnico responsable puede visualizar en forma de calendario, el cual permite identificar por fechas el equipo siguiente que está listo para realizar el mantenimiento como se muestra en la Figura 51.

Figura 51. Interfaz del calendario de mantenimiento

Obtenido de: (Odo, 2025)

4.10.4 Acceso y ejecución de la aplicación

Para la ejecución del plan piloto y respecto a la aplicación móvil, una vez la aplicación se ha creado como anteriormente se detalló, se procede a dar acceso a todos los implicados, es decir a todo el personal de mantenimiento que va a usar esta herramienta. Para esto es necesario un correo electrónico y que la persona se descargue la aplicación en su dispositivo móvil con ayuda de un link que proporciona AppSheet (Figura 52).

Figura 52. Link para descargar la aplicación

Obtenido de: (AppSheet, 2025)

Una vez descargada y que se haya dado acceso a la aplicación, el personal puede acceder e interactuar con la misma. Cabe recalcar que todo lo que se necesita para que se ejecute en este punto ya se estableció cuando se creó la aplicación, es decir, ya se tiene los formularios para los checklist, el módulo para registrar fallas y las actividades de mantenimiento preventivo a realizar.

4.11 Monitoreo y recopilación

Una vez que el plan piloto se ponga en marcha, se procede a hacer un monitoreo continuo en tiempo real. Con respecto a la aplicación móvil, se hará seguimiento al cumplimiento de los checklist diarios, el registro de fallas (si llegara a ocurrir) y en el caso de que se realicen las actividades de mantenimiento preventivo anual. Por otro lado, con respecto a la ERP se hará un seguimiento con el cumplimiento de las peticiones de mantenimiento preventivo según las fechas establecidas.

4.11.1 Fallas y tiempo de reparación

Como indica la Tabla 3, se recopila información de aquellos equipos que presentaron fallas, la cantidad de fallas y el tiempo tomado para repararlo durante el periodo de ejecución del plan piloto.

Tabla 3. Cantidad de fallas y tiempo de reparación de los equipos

| Equipo | Marca | Modelo | Código | Tiempo de reparación (h/mes) | # fallas al mes |
|--------------------------------|------------|-----------|--------------------|------------------------------|-----------------|
| Lámpara cielítica doble cúpula | Mediblu | S/S | 110-17-30916 | 8 | 1 |
| Ventilador | Lowenstein | Elisa 500 | 110-17-20-001068-2 | 3 | 1 |
| Ventilador | Lowenstein | Elisa 500 | 110-17-20-001068-1 | 4 | 1 |

Obtenido de: Autoría propia

4.11.2 Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo

Se recopilan los datos sobre el número de tareas que fueron planificadas para ese periodo y el número de tareas que realmente fueron realizadas como se muestra en la Tabla 4. Esto tiene como finalidad evaluar el nivel de cumplimiento del plan.

Tabla 4. Tareas planificadas y ejecutadas de los equipos

| Equipo | Marca | modelo | código | Tareas planificadas | Tareas ejecutadas |
|----------------------------------|--------------|-----------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Bisturí armónico | Ultracision | NA | 110-17-30-000272 | 1 | 1 |
| Bisturí armónico | Ultracision | NA | 110-17-30-000117 | 1 | 1 |
| Máquina de anestesia | Datex Ohmeda | Aespire S/5 | 110-17-30-000152 | 1 | 1 |
| Máquina de anestesia | Datex Ohmeda | Aespire S/5 | 110-17-30-000568 | 1 | 1 |
| Máquina de anestesia | Datex Ohmeda | Aespire S/5 | 110-17-30-000934 | 1 | 1 |
| Máquina de anestesia | Datex Ohmeda | Aespire S/5 | 110-17-30-001050 | 1 | 1 |
| Lámpara cielítica | LKS Martin | REF ML702HX | 110-17-30-000605-1 | 0 | 0 |
| Lámpara cielítica | KLS Martin | REF ML702HX | 110-17-30-000605-2 | 0 | 0 |
| Lámpara cielítica de dos cabezas | Stryker | Visum | 110-17-30-000939 | 0 | 0 |
| Lámpara cielítica doble cúpula | Mediblu | S/S | 110-17-30916 | 0 | 0 |
| Electrobisturi | Coviden | NA | 110-17-30-0013707 | 1 | 1 |
| Servocuna | Datex Ohmeda | Giraffe Omnibed | 110-17-15-001092 | 1 | 1 |
| Servocuna | Datex Ohmeda | Giraffe Omnibed | 110-17-15-001096 | 1 | 1 |
| Servocuna | Air-Shields | 7865 | 110-17-15-000148 | 1 | 1 |

| | | | | | |
|-----------------------------------|----------|------------|--------------------|---|---|
| Incubadora | Drager | Caleo | 110-17-15-001074-1 | 1 | 1 |
| Incubadora | Drager | Caleo | 110-17-15-001074-2 | 1 | 1 |
| Incubadora | Drager | Caleo | 110-17-15-001091 | 1 | 1 |
| Incubadora | Drager | Caleo | 110-17-15-001093 | 1 | 1 |
| Incubadora | Drager | Caleo | 110-17-15-001094 | 1 | 1 |
| Incubadora | Drager | Caleo | 110-17-15-001095 | 1 | 1 |
| Termocuna | Medix | SM401A | 110-17-15-000817 | 1 | 1 |
| Termocuna | Medix | SM401A | 110-17-15-000818 | 1 | 1 |
| Ventilador | Sechrist | Millennium | 110-17-15-000805-1 | 1 | 1 |
| Ventilador | Sechrist | Millennium | 110-17-15-000805-2 | 1 | 1 |
| Ventilador | Newport | 360 | 110-17-15-001097 | 1 | 1 |
| Ventilador | Newport | 360 | 110-17-15-001098 | 1 | 1 |
| Capnógrafo | Philips | NA | 110-17-20-001014-2 | 1 | 1 |
| Capnógrafo | Philips | NA | 110-17-20-001013-2 | 1 | 1 |
| Monitor multiparametros anestesia | Philips | MP70 | 110-17-20-000944 | 1 | 1 |
| Monitor multiparametros anestesia | Philips | MP70 | 110-17-20-000943 | 1 | 1 |
| Monitor multiparametros anestesia | Philips | MP70 | 110-17-20-001014-1 | 1 | 1 |
| Monitor multiparametros anestesia | Philips | MP70 | 110-17-20-001013-1 | 1 | 1 |
| Monitor multiparametros anestesia | Philips | MP70 | 110-17-20-001011 | 1 | 1 |

| | | | | | |
|--------------------------------------|------------|-----------|--------------------|---|---|
| Monitor multiparametros anestesia | Philips | MP70 | 110-17-20-001012 | 1 | 1 |
| Ventilador microprocesado | Lowenstein | Elisa 500 | 110-17-20-001068-1 | 1 | 1 |
| Ventilador microprocesado | Lowenstein | Elisa 500 | 110-17-20-001068-2 | 1 | 1 |
| Módulo MMS 3001 a 04D06 para monitor | Philips | A04D06 | 110-15-20-001175 | 1 | 1 |

Obtenido de: Autoría propia

Capítulo 5: Resultados y discusión

5.1 Comparación de los planes de mantenimiento

Una vez propuesto el plan de mantenimiento y puesto en marcha el plan piloto, se continua a realizar una comparación entre el plan propuesto y el plan interno que tiene la empresa actualmente. En la siguiente Tabla 5 se puede observar de manera más detallada la comparación.

Tabla 5. Comparación del plan actual y el plan propuesto

| Aspecto | Plan actual (Empresa) | Plan propuesto |
|-----------------------------|------------------------------------|---|
| Frecuencia de mantenimiento | General, basada en la experiencia. | Específica por equipo, basada en la experiencia y además según la OMS |
| Tipo de registro | Físico (papel) | Digital (App Sheet y Odoon) |
| Trazabilidad | Limitada | Total, accesible en todo momento |
| Cumplimiento | Difícil de verificar | Monitoreo automático e inspección en tiempo real |
| Alerta de tareas | No existe | Activadas por el sistema |

| | | |
|----------------------------------|---|--|
| Riesgo de pérdida de información | Alto | Bajo (almacenado en la nube) |
| Respuesta a auditorías | Demorada, búsqueda manual de documentos físicos | Rápida, todo correctamente ordenado en un solo lugar |

Obtenido de: Autoría propia

5.2 Costos

A continuación, en la Tabla 6, se detalla la comparación de costos con respecto a las frecuencias de mantenimiento preventivo.

Tabla 6. Contraste de costos

| | Plan General |
|----------------|--------------|
| Plan existente | \$23.256,00 |
| Plan propuesto | \$20.810,00 |

Obtenido de: Autoría propia

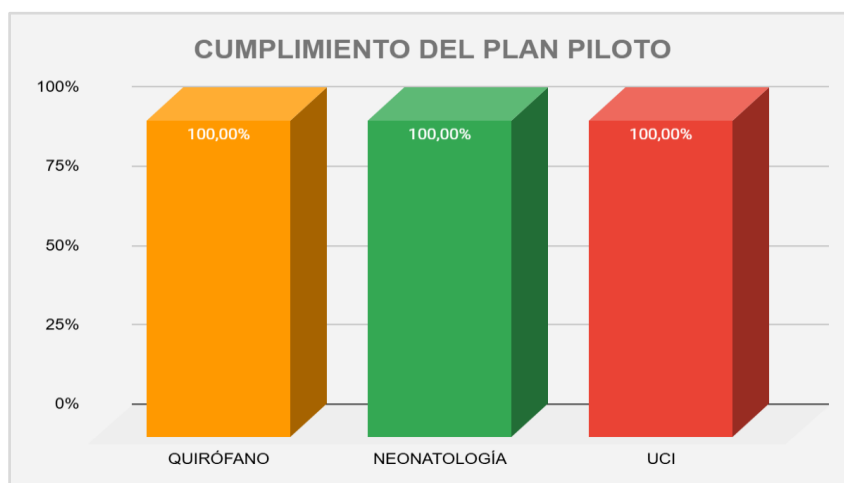
El costo del plan propuesto es significativamente menor con \$2.446,00 en comparación con el plan existente.

5.3 Indicadores

5.3.1 Actividades de mantenimiento ejecutadas

Con la recopilación de los datos, los resultados obtenidos en el cumplimiento de las actividades durante el plan piloto se muestran en la Figura 53.

Figura 53. % de cumplimiento actividades de mantenimiento



Obtenido de: Autoría propia

De acuerdo con los resultados, cada área tiene un cumplimiento del 100% de actividades ejecutadas con respecto a las actividades planificadas para ese periodo, lo que significa que todas las actividades fueron completadas de manera efectiva.

Es importante recalcar que las lámparas cielíticas no se toman en consideración, debido a que su mantenimiento preventivo es anualmente. Por tal motivo, las actividades planificadas no entran en el plan piloto.

5.3.2 Indicador de funcionamiento

Con los equipos que presentaron fallas, se tiene el indicador del tiempo medio entre fallas como se muestra en la Tabla 7:

Tabla 7. Tiempo medio entre fallas (MTBF)

| Equipo | Marca | Modelo | Código | Tiempo de operación (h/mes) | # fallas al mes | MTBF |
|--------------------------------|------------|-----------|--------------------|-----------------------------|-----------------|------------|
| Lámpara cielítica doble cúpula | Mediblu | S/S | 110-17-30916 | 12 | 1 | 12 |
| Ventilador | Lowenstein | Elisa 500 | 110-17-20-001068-2 | 536 | 1 | 536 |
| Ventilador | Lowenstein | Elisa 500 | 110-17-20-001068-1 | 536 | 1 | 536 |
| | | | | | Promedio | 361 |

Obtenido de: Autoría propia

En base a la tabla 7, se tiene un MTBF promedio de 361 horas, lo que significa que cada 361 horas se presenta una falla.

5.3.3 Indicador de operatividad

Con los equipos que presentan fallas, el tiempo medio para reparar se muestra en la Tabla 8:

Tabla 8. Indicador tiempo medio de reparación (MTTR)

| Equipo | Marca | Modelo | Código | Tiempo en reparar (h/mes) | Fallas al mes | MTTR |
|--------------------------------|------------|-----------|--------------------|---------------------------|-----------------|----------|
| Lámpara cielítica doble cúpula | Mediblu | S/S | 110-17-30916 | 8 | 1 | 8 |
| Ventilador | Lowenstein | Elisa 500 | 110-17-20-001068-2 | 3 | 1 | 3 |
| Ventilador | Lowenstein | Elisa 500 | 110-17-20-001068-1 | 4 | 1 | 4 |
| | | | | | Promedio | 5 |

Obtenido de: Autoría propia

Según los resultados de la Tabla 8, el tiempo promedio para reparar un equipo es de 5 horas.

5.3.4 Indicador de disponibilidad

Teniendo los indicadores MTBF y MTTR, se presenta en la Tabla 9 el indicador principal de disponibilidad.

Tabla 9. % de disponibilidad de los equipos

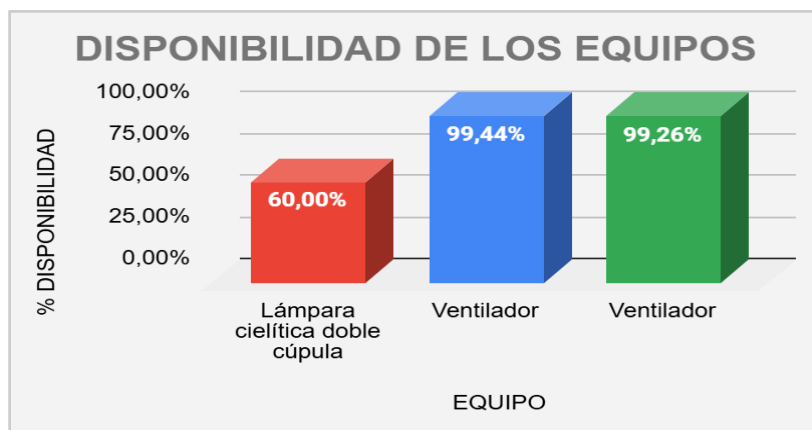
| Equipo | Marca | Modelo | Código | MTBF | MTTR | Disponibilidad |
|--------------------------------|------------|-----------|--------------------|------|-----------------|----------------|
| Lámpara cielítica doble cúpula | Mediblu | S/S | 110-17-30916 | 12 | 8 | 60,00% |
| Ventilador | Lowenstein | Elisa 500 | 110-17-20-001068-2 | 536 | 3 | 99,44% |
| Ventilador | Lowenstein | Elisa 500 | 110-17-20-001068-1 | 536 | 4 | 99,26% |
| | | | | | Promedio | 86,23% |

Obtenido de: Autoría propia

Con los resultados obtenidos de este indicador, se tiene un promedio de disponibilidad del 86,23%.

En la Figura 54, se muestra el equipo con su respectivo porcentaje de disponibilidad.

Figura 54. Indicador de disponibilidad



Obtenido de: Autoría propia

5.3.5 Indicador de confiabilidad

Con el tiempo de operación y MTBF, se presenta los resultados del indicador de confiabilidad en la Tabla 10:

Tabla 10. % de confiabilidad de los equipos

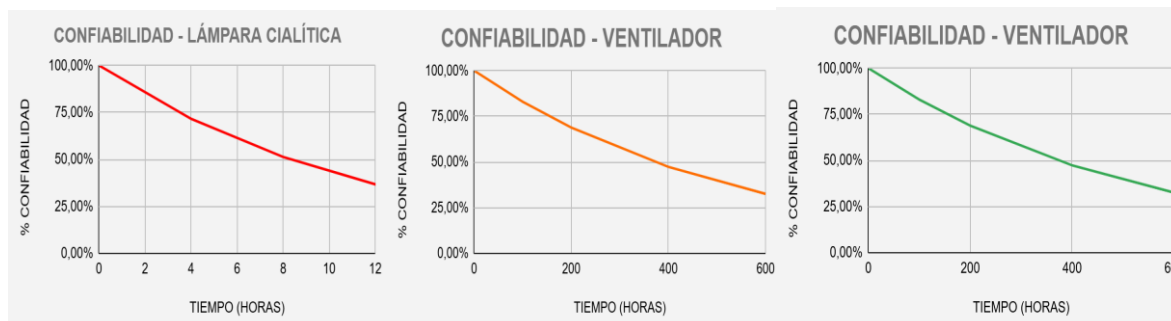
| Equipo | Marca | Modelo | Código | Operación (h/mes) | MTBF | Confiabilidad |
|--------------------------------|------------|-----------|--------------------|-------------------|------|---------------|
| Lámpara cielítica doble cúpula | Mediblu | S/S | 110-17-30916 | 12 | 12 | 36,79% |
| Ventilador | Lowenstein | Elisa 500 | 110-17-20-001068-2 | 536 | 536 | 36,79% |
| Ventilador | Lowenstein | Elisa 500 | 110-17-20-001068-1 | 536 | 536 | 36,79% |
| Promedio | | | | | | 36,79% |

Obtenido de: Autoría propia

Con los resultados obtenidos de este indicador, se tiene un promedio de confiabilidad del 36,79%.

A continuación, se presentan las curvas de confiabilidad correspondiente a cada uno de los equipos.

Figura 55. Indicador de confiabilidad



Obtenido de: Autoría propia

5.3.6 Indicador de mantenibilidad

Con el tiempo de reparación y MTTR, se presenta en la Tabla 11 los resultados del indicador de mantenibilidad:

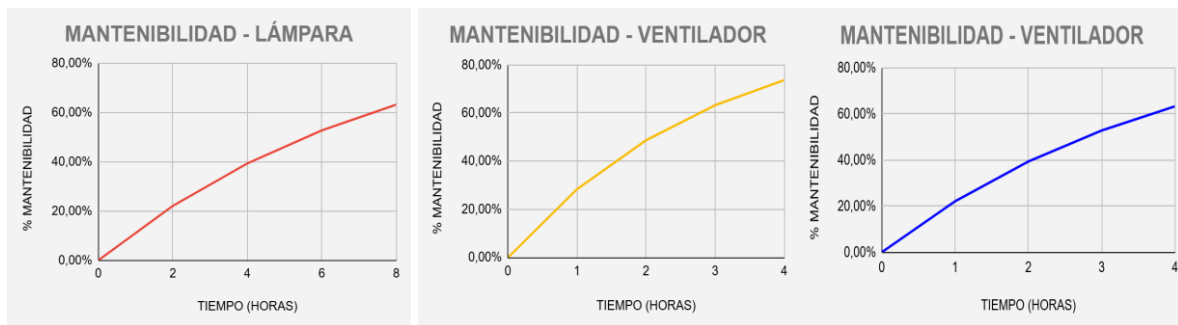
Tabla 11. % de mantenibilidad de los equipos

| Equipo | Marca | Modelo | Código | Reparación (h/mes) | MTTR | % mantenibilidad |
|--------------------------------|------------|-----------|--------------------|--------------------|------|------------------|
| Lámpara cialítica doble cúpula | Mediblu | S/S | 110-17-30916 | 8 | 8 | 63,21% |
| Ventilador | Lowenstein | Elisa 500 | 110-17-20-001068-2 | 3 | 3 | 63,21% |
| Ventilador | Lowenstein | Elisa 500 | 110-17-20-001068-1 | 4 | 4 | 63,21% |
| Promedio | | | | | | 63,21% |

Obtenido de: Autoría propia

Los resultados obtenidos de este indicador, se tiene un promedio de mantenibilidad del 63,21%.

A continuación, se presentan las curvas de mantenibilidad correspondiente a cada uno de los equipos.

Figura 56. Indicador de mantenibilidad

Obtenido de: Autoría propia

5.4 Retroalimentación

Una vez que se cumplió el plan piloto, se tuvieron conversaciones donde los técnicos de área de mantenimiento brindaron una retroalimentación y se obtuvo los siguientes puntos para mejora:

- Adjuntar un espacio donde se pueda añadir fotografías que sirvan como evidencias.
- Que sea más fácil de usar y sobre todo intuitiva.
- Integrar un menú principal que condense todas las funciones de la aplicación.

La retroalimentación ayudó para contemplar mejoras con respecto a la aplicación y la ERP. Por consiguiente, se ha seguido mejorando con lo mencionado por los técnicos y según el criterio de los autores del presente trabajo, trabajando conjuntamente con el jefe de mantenimiento.

5.5 Discusión

- Para la efectividad de un mantenimiento preventivo en una institución de salud, es importante considerar criterios tanto técnicos como operativos. Entre ellos se encuentra la clasificación de los equipos según su criticidad, para priorizar las actividades de mantenimiento; la determinación de las frecuencias de mantenimiento, basándose en normativas de salud y un historial de fallas para su posterior análisis. También es necesario contar con técnicos externos correctamente capacitados para la realización de las actividades y por parte de la clínica; asimismo, los técnicos deben estar bien capacitados. Además, un plan de mantenimiento con un sistema digital favorece el seguimiento y control en tiempo real.
- En un plan de mantenimiento preventivo que utiliza herramientas digitales, es necesario el uso de indicadores de desempeño, ya que ayuda en el análisis y evolución del proceso. Entre los más importantes se encuentran el porcentaje del

cumplimiento de tareas, el tiempo medio entre fallas, el tiempo medio de reparación, la disponibilidad de los equipos, el porcentaje de confiabilidad y mantenibilidad. Al implementar estos indicadores, permite comparar su rendimiento del antes y después de la implementación, para posterior en base a eso tomar decisiones.

- El uso de una aplicación móvil para la gestión de actividades permite al usuario registrar en tiempo real tareas como: completar listas de verificación, registro de fallas de equipo, actividades de mantenimiento preventivo, lo que elimina la necesidad de llevar un registro en papel y la reducción de tiempos. Por otro lado, el sistema ERP ayuda a gestionar las peticiones de mantenimiento, programar mantenimientos futuros mediante el uso de un calendario con sus respectivas fechas de manera organizada. Además, permite generar reportes automáticamente y evaluar el cumplimiento de las actividades. Esto hace que todo lo realizado quede documentado de manera digital y así evitar problemas de pérdidas en la información.
- Los beneficios económicos y operativos que se obtendrán al basarse en normas para las visitas de mantenimiento preventivo son principalmente que, al momento de realizar las frecuencias, se toma en consideración aspectos como fallas, tipo de equipo, uso, entre otros. Esto ayuda a que en los equipos que presenten problemas seguidos se les pueda hacer un seguimiento especial para así evitar mantenimientos correctivos. Y, por ende, se pueda elevar la vida útil del equipo y aumentar los indicadores de mantenimiento, como por ejemplo el de disponibilidad. Por otro lado, si la frecuencia de visitas disminuye se puede ahorrar en visitas innecesarias, que elevan el presupuesto de mantenimiento.

Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Al realizar la evaluación del plan de mantenimiento que establece la empresa, se pudo observar que, el plan no era efectivo, es decir no se plasmaban todos los equipos en el cronograma anual y no se contaba con información esencial como: manuales, actividades específicas de mantenimiento, fichas técnicas, registro de histórico de fallas y una clasificación de los equipos críticos, lo que dificulta realizar un correcto control y seguimiento. Además, no se tomaban en cuenta aspectos clave como frecuencias según lo recomienda la OMS. Es por eso que se identificaron estas deficiencias y oportunidades de mejora para proponer un plan de mantenimiento anual sólido, completo y detallado.

Se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo mejorado que integra la planeación y el control. Basado en aspectos que detalla la OMS, esto con referencia a las frecuencias

de mantenimiento preventivo. Posteriormente, con el enfoque en equipos críticos, se propuso un plan piloto donde se use una aplicación móvil y un sistema ERP.

El plan piloto se ejecutó correctamente con una duración de seis semanas, donde el cumplimiento del 100% en las tareas planificadas valida la efectividad de la aplicación móvil y el sistema ERP. Esto permitió validar el uso de estas herramientas digitales facilitando las actividades y el control sobre las mismas en tiempo real y sin posibilidad de que esta información se pierda.

Al momento de hacer la evaluación económica se pudo observar que hubo una reducción significativa de \$2.446,00 al año, ya que en algunos equipos se redujo el número de visitas al año; por ejemplo, lámparas cielíticas, monitores y lámparas de fototerapia. Con esta reducción anual, el plan propuesto no solo mejora la trazabilidad y disponibilidad del equipo, sino que además optimiza recursos sin comprometer la calidad del servicio. Es necesario señalar, que las frecuencias de mantenimiento preventivo dependen de las condiciones en las que se encuentran los equipos.

Con referente a la operatividad, el uso de herramientas tecnológicas como la aplicación hizo que haya un mayor control de actividades ya que el jefe de mantenimiento estuvo en cada momento apoyando en el cumplimiento de las mismas, por otro lado, la ERP ayudó a realizar las peticiones de mantenimiento según el cronograma propuesto, para así asegurarse de que el mismo se cumpla en el rango de tiempo establecido que es durante todo el mes del plan piloto. Además, los equipos críticos se mantuvieron en un buen porcentaje referente a los indicadores de mantenimiento.

En el caso de que el mantenimiento por algún motivo no se lleve a cabo, el personal extiende el tiempo, pero se debe realizar durante el mes planeado. Por ejemplo, si se planea hacer el mantenimiento en la primera semana del mes de octubre se procede a determinar el por qué no se ha efectuado, esto puede suceder por diferentes causas, principalmente porque el equipo o el área se encuentra al servicio de un cliente. En consecuencia, se efectuará el mantenimiento inmediatamente el equipo ya no se encuentre en uso. Con referente al sistema, el mismo enviará mensajes al correo del jefe del área con respecto a que el mantenimiento está pendiente, esto lo realizará el sistema automáticamente hasta que se realice el mantenimiento establecido.

Al momento de realizar el presente trabajo, se tuvieron dificultades principalmente por el tiempo, ya que al tener un límite no se pudo hacer un seguimiento de todo el año y el aprender a usar las herramientas digitales se toma un tiempo considerable. Además, hubo

complicaciones al momento de obtener la información, ya que estaban incompletas como el plan anual o no existía un histórico de fallas. También no se tuvo una apertura completa en áreas como la financiera, para poder realizar un análisis más profundo. Pero a pesar de las dificultades antes mencionadas, se pudo hacer una investigación efectiva que ayudó principalmente a la empresa analizada.

6.2 Recomendaciones

Es necesario llevar un registro correctamente detallado con los acontecimientos que ocurren con los equipos médicos y también con los equipos de soporte, para que así se pueda analizar de manera más confiable. Es decir, con relación a las fallas, se mantenga un registro detallado con las fechas, los tiempos, los insumos utilizados y los diagnósticos.

El plan de mantenimiento propuesto se debe llevar a cabo durante todo el año para así hacer un análisis completo al final y obtener resultados más efectivos. Además, debido a que los costos proporcionados fueron generales, es importante ir de la mano con otras áreas, como la financiera para la obtención de información más detallada. Por otra parte, se debe hacer un seguimiento continuo de los recursos tecnológicos para asegurar un correcto funcionamiento e identificar posibles fallos.

Se recomienda que las herramientas digitales implementadas no sean de uso solo para el área de mantenimiento, sino que para otras áreas de la clínica. Además, puede ser considerada como una herramienta muy importante para otras instituciones privadas como públicas de diferentes sectores que pretenden un correcto funcionamiento de los equipos para mejorar su trazabilidad y toma de decisiones.

Realizar auditorías cada año para identificar el cumplimiento del plan y que las herramientas digitales se encuentren en correcto funcionamiento. Esto con el fin de asegurar el cumplimiento de los objetivos del área.

Referencias

- Amazon Web Services. (2024). *¿Qué es una aplicación web? - Explicación de las aplicaciones web - AWS*. Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/what-is/web-application/>
- AppSheet (2025). AppSheet: mobile apps from spreadsheets: Login. AppSheet. https://www.appsheet.com/template/AppDef?appName=CHECKLIST_CL%C3%8DNI-CA-658937457&appId=f59bde78-1011-47ad-8a40-a031751df20b&quickStart=False
- Ávila, S., & Crespo, G. (2022). *Diseño plan de mantenimiento preventivo para equipos médicos del Hospital Santa Inés*. 96.
- Campos López, O., Tolentino Eslava, G., Toledo Velázquez, M., & Tolentino Eslava, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos. *Científica*, 23(1), 51-59. <https://doi.org/10.46842/ipn.cien.v23n1a06>
- Cerrón, J. L. I. (2019). Propuesta de mejora del sistema de gestión de mantenimiento, aplicando la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para los equipos médicos custodiados por la empresa Chejampi Biomedical SAC. 2019.
- Duffuaa, C. A., Raouf, A., & Campbell, J. D. (2005). *Sistemas de mantenimiento*. Ilide.info. <https://www.ilide.info/>
- Fernández Sánchez, H., Guzmán Facundo, F. R., Herrera Medina, D., Sidani, S., & Fernández Sánchez, H. (2023). Importancia del estudio piloto en un proyecto de intervención. *Index de Enfermería*, 32(1). <https://doi.org/10.58807/indexenferm20233776>
- Franzosi, F., Teresinha-Kist, L., Ribas-Moraes, J. A., Machado, Ê. L., Franzosi, F., Teresinha-Kist, L., Ribas-Moraes, J. A., & Machado, Ê. L. (2018). Diagnosis of the health care waste management system of hospitals in the west of Santa Catarina State-Brazil. *Producción + Limpia*, 13(1), 54-64. <https://doi.org/10.22507/pml.v13n1a5>
- García Garrindo, S. (2003). *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. https://www.academia.edu/74646768/Organizaci%C3%B3n_y_Gesti%C3%B3n_Integral_de_Mantenimiento_Santiago_Garc%C3%ADa_Garrindo_1ra_Edici%C3%B3n
- Gobierno Electrónico de Ecuador. (s. f.). *Gobierno Electrónico de Ecuador*. Recuperado 17 de abril de 2025, de <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/ciclo-de-deming-pdca/>
- Google Sheets (2025). Google.com.

https://docs.google.com/spreadsheets/d/18Re3vLzeoOPKwcFowp9NRWj1xzmJdE_TWbVQDULyXo/edit?gid=1138241321#gid=1138241321

Guerrero, A., & Marín, M. (2018). Erp como alternativa de eficiencia en la gestión financiera de las empresas. *Revista Lasallista de Investigación*, 15(2), 182-193. <https://doi.org/10.22507/rli.v15n2a14>

Guilcapi Cayambe, IH (2019). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para las áreas de: Oftalmología, Quirófano y Recuperación del Hospital General Riobamba – IESS, aplicando estándares de la Organización Mundial de la Salud*. CENTRO. <https://core.ac.uk/download/pdf/270184167.pdf>

Grefa Huatato, G. R. (2024). *Investigación de las plataformas “No-Code”, existentes en la actualidad para los desarrolladores de software orientadas al sitio web: Informe técnico del examen de carácter complejo práctico*. Instituto Superior Tecnológico Tena.

Hospital Nacional Arzobispo Loayza. (2022). Plan de mantenimiento de equipos biomédicos HNAL 2022 – Parte 1. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2862484/Plan%20de%20Mantenimiento%20de%20Equipos%20Biom%C3%A9dicos%20HNAL%202022%20-%20Parte%201.pdf.pdf>

IBM. (2024, diciembre 26). *¿Qué es la gestión de activos empresariales (EAM)?* IBM. <https://www.ibm.com/es-es/topics/enterprise-asset-management>

Informe Técnico del Examen de Carácter Complejo Práctico.pdf. (s. f.). Recuperado 18 de marzo de 2025, de <http://repositoriodigital.itstena.edu.ec:8080/jspui/bitstream/123456789/513/1/Informe%20T%C3%A9cnico%20del%20Examen%20de%20Car%C3%A1cter%20Complejo%20Pr%C3%A1ctico.pdf>

Martins, E. J., & Belfo, F. P. (2024). A systemic framework for Enterprise Resource Planning systems: A bibliometric networking analysis. *Procedia Computer Science*, 239, 1549-1559. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.06.330>

Ministerio de Salud Pública. *Gestión de mantenimiento de equipos biomédicos. Manual*. Quito. Dirección Nacional de Normalización; (2018). Disponible en: <http://salud.gob.ec>

Odoo (2025). Odoo.com. <https://mantecsa.odoo.com/odoo/maintenance>

- Patnaik, S. K., Kushagra D, P., Sahran, D., Kalita, B. J., Kumar, B., Prusty, H., & Pandit, P. (2025). Optimising medical equipment utilisation and serviceability: A data-driven approach through insights from five healthcare institutions. *Medical Journal Armed Forces India*. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2024.12.001>
- Peña, G. Y., & Corzo, J. D. R. (2021). MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS EN LA E.S.E HOSPITAL SAN ANTONIO DEL CERRITO. 2021, 61.
- Porras, V. J. A. (2024). *Implementación del aplicativo AppSheet para el control y gestión de los almacenes deL IES Privado Interamericano*.
- Ramirez, J. C., & Moreno, H. F. (2017). *ELABORACIÓN DE UN ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y DISPONIBILIDAD PARA LA ATRACCIÓN X-TREME DEL PARQUE MUNDO AVENTURA, TOMANDO COMO REFERENCIA LAS NORMAS, SAE JA1011 Y SAE JA1012*.
- Raspanti, D. F., & Uthurry, N. S. (2003). *Seguimiento farmacoterapéutico en pacientes pediátricos hospitalizados: Adaptación de la metodología Dáder*.
- Riba Arias, A. (2023). *Propuesta de fortalecimiento en App Sheet al sistema existente de uso oficial GECO en la Sede del Sur de la UCR en Golfito como mejora a la gestión de inventario del Almacén Principal Regional. Universidad Técnica Nacional*.
- Rodríguez Rodríguez, D. A. (2020). Plan de mantenimiento preventivo para los equipos de medición y dieléctricos de la empresa arios ingeniería s.a.s. <http://alejandria.ufps.edu.co/descargas/tesis/1160998.pdf>, 110. <http://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/4496>
- Rueda, D. B. (2024). *Implantación de un sistema ERP en una empresa de servicios informáticos*. 87.
- Segura, C. M. (2016). *Creación de un marco de referencia para la gestión del conocimiento en el departamento de ITDC, HP Costa Rica*.
- Tanchiva, J. R. Z. (2016). Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en la Criticidad de los Equipos Biomédicos de la Clínica Sánchez Ferrer, Para Aumentar su Confiabilidad. 2016, 2(1), 10.
- Tinoco, A. E. P., & García, L. M. (2018). Una revisión sistemática en Sistemas de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora. *Teknos revista científica*, 31-38.

<https://doi.org/10.25044/25392190.923>

World Health Organization. (2012). Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos. *Medical equipment maintenance programme overview*, 90.

Zuluaga, A. E. M. (2023). *Desarrollo de una aplicación móvil para gestión del mantenimiento*. Cementos San Marcos.

Zumba, E., Zumba, F. y Morocho, M. (2023). *Mantenimiento de equipos médicos*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. ISBN: 978-9942-44-019-8.

Anexos

Anexo A. [Carpeta con anexos virtuales.](#)

Anexo B. Resumen de la entrevista realizada al área de mantenimiento

| Pregunta | Respuesta |
|--|--|
| <p>Por lo general, ¿qué actividades de mantenimiento realizan en los equipos médicos?</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Revisión de cables. - Cambio de cables si están en mal estado. - Revisión de funcionamiento de los sistemas. - Revisión profunda de mesas quirúrgicas, camas de UCI y lámparas cielíticas. - No se interviene en los otros equipos por su grado de complejidad, sino que solo se revisa que funcionen correctamente. - Para el mantenimiento de los demás equipos se encargan empresas de mantenimiento externas bajo contrato. |
| <p>¿Cómo se distribuyen las actividades de mantenimiento en su día a día?</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Se sigue un cronograma basado en checklist físicos por área. - Si surge un problema como la falla de un equipo que va a ser usado o se está usando, se da prioridad inmediata, tratando de solucionarlo o comunicándose con la empresa que está encargada. |
| <p>¿Qué sucede cuando un equipo presenta un fallo inesperado? ¿Cómo lo manejan?</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Revisión visual. - Búsqueda de falla en elementos básicos (conectores, electrodos, mala conexión, etc.). - Si la falla es sencilla, se soluciona en ese momento. - Si no se soluciona, se procede a ocupar otro equipo del mismo tipo que se comparten entre áreas (ejemplo: quirófanos - máquinas de anestesia). - Elaboración de un informe y el jefe de mantenimiento es el encargado de contactar a |

| | |
|---|---|
| | la empresa externa de mantenimiento para que realicen la reparación. |
| ¿Qué herramientas o métodos utilizan para registrar las actividades que realizan? | <ul style="list-style-type: none"> - Mediante checklist. - Órdenes de trabajo. - Informes técnicos - El uso de documentos físicos en algunos casos complica la gestión. |
| ¿Según su opinión, en qué se podría mejorar el proceso actual de mantenimiento? | <ul style="list-style-type: none"> - Cambio de los checklist físicos a digitales (APP). - Monitoreo en tiempo real del mantenimiento - Además de la implementación de un sistema que ayude a coordinar las actividades, como el plan de mantenimiento preventivo. - Generar estadísticas. |

Obtenido de: Autoría propia

Anexo C. Tabla de nivel de criticidad para los equipos del área de Quirófano

| QUIRÓFANO | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------|------------|---------------|----|----|-----|----|------------|------------------|
| DESCRIPCIÓN | CÓDIGO | FRECUENCIA | CONSECUENCIAS | | | | | CRITICIDAD | NIVEL |
| | | FF | IO | FO | CM | IMA | IS | | |
| BISTURÍ ARMÓNICO | 110-17-30-000272 | 5 | 1 | 4 | 2 | 2 | 3 | 60 | Criticidad Alta |
| BISTURÍ ARMÓNICO | 110--30-000117 | 5 | 1 | 4 | 2 | 2 | 3 | 60 | Criticidad Alta |
| MICROSCOPIO OPMI SENSERA | 110-17-30-000300 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 33 | Criticidad Media |
| NEGATOSCOPIO DE 3 CUERPOS | 110-15-30-000080 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 21 | Criticidad Baja |
| MAQUINA DE ANESTESIA | 110-17-30-000152 | 5 | 1 | 3 | 2 | 3 | 4 | 65 | Criticidad Alta |

| | | | | | | | | | |
|---|--------------------|---|---|---|---|---|---|----|------------------|
| MAQUINA DE ANESTESIA | 110-17-30-000568 | 5 | 1 | 3 | 2 | 3 | 4 | 65 | Criticidad Alta |
| MAQUINA DE ANESTESIA | 110-17-30-000934 | 5 | 1 | 3 | 2 | 3 | 4 | 65 | Criticidad Alta |
| MAQUINA DE ANESTESIA | 110-17-30-001050 | 5 | 1 | 3 | 2 | 3 | 4 | 65 | Criticidad Alta |
| ELECTROCAUTERIO | 110-17-30-000529 | 4 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 44 | Criticidad Media |
| ELECTROCAUTERIO | 110-17-30-000569 | 4 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 44 | Criticidad Media |
| ELECTROCAUTERIO | 110-17-30-000766 | 4 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 44 | Criticidad Media |
| ELECTROCAUTERIO | 110-50-30-000970 | 4 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 44 | Criticidad Media |
| LAMPARA CIELITICA | 110-17-30-000605-1 | 5 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 55 | Criticidad Alta |
| LAMPARA CIELITICA | 110-17-30-000605-2 | 5 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 55 | Criticidad Alta |
| CONSOLA INTEGRADA DE PODER PARA DRILLS ELÉCTRICOS | 110-17-30-000735 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 33 | Criticidad Media |
| BOMBA SE SUCCION DE 1.2 LITROS | 110-17-30-000796 | 4 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 32 | Criticidad Media |
| INCUBADORA DE TRANSPORTE | 110-17-30-000819 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 5 | 42 | Criticidad Media |
| MESA DE CIRUGIA ELECTRICA | 110-17-30-000940 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 4 | 36 | Criticidad Media |
| MESA DE CIRUGIA ELECTRICA | 110-17-30-000941 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 4 | 36 | Criticidad Media |

| | | | | | | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|---|---|----|------------------|
| TORRE DE LAPAROSCOPIA HD 1288 | 110-17-30-000947 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 36 | Criticidad Media |
| TORRE DE LAPAROSCOPIA HD 1288 | 110-17-30-000948 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 36 | Criticidad Media |
| LAMPARA CIELITICA DE DOS CABEZAS | 110-17-30-000939 | 5 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 55 | Criticidad Alta |
| LAMPARA CIELITICA DOBLE CÚPULA | 110-17-30-916 | 5 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 55 | Criticidad Alta |
| MONITOR MULTIPARAMETROS | 110-17-30-000946 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 5 | 42 | Criticidad Media |
| MONITOR MULTIPARAMETROS | 110-17-30-000945 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 5 | 42 | Criticidad Media |
| EQUIPO PARA SELLADO DE VASOS | 110-17-30-001028 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 4 | 36 | Criticidad Media |
| MESA QUIRURGICA | 110-17-30-001049 | 3 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 33 | Criticidad Media |
| MONITOR FETAL | 110-17-30-001057 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 5 | 39 | Criticidad Media |
| VAINA PARA CISTOURETROSCOPIO, 20 CHARR, | 110-50-30-00127 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 | 30 | Criticidad Media |
| COOBSERVADOR CON TUBO DE 45 GRADOS | 110-17-30-001277 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 30 | Criticidad Media |
| CABEZAL BINOCULAR ZEISS | 110-17-30-001278 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 30 | Criticidad Media |

| | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|---|---|---|---|---|---|----|-----------------------------|--|
| OPMI MICROSCOPE | | | | | | | | | | |
| MICROMOTOR PIEZA DE MANO EM200 PARA CRANEOTOMO | 110-17-30- 001336 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 5 | 42 | Criticidad Media | |
| ELECTROBISTURÍ | 110-17-30- 0013707 | 4 | 2 | 4 | 2 | 3 | 5 | 64 | Criticidad Alta | |

Obtenido de: Autoría propia

Anexo D. Tabla de nivel de criticidad para los equipos del área de Neonatología

| NEONATOLOGÍA | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------|------------|---------------|----|----|-----|----|------------|----------------------------|
| DESCRIPCIÓN | CÓDIGO | FRECUENCIA | CONSECUENCIAS | | | | | CRITICIDAD | NIVEL |
| | | FF | IO | FO | CM | IMA | IS | | |
| SERVOCUNA GIRAFFE OMNIBED | 110-17-15-001092 | 4 | 2 | 3 | 1 | 3 | 5 | 56 | Criticidad Alta |
| SERVOCUNA GIRAFFE OMNIBED | 110-17-15-001096 | 4 | 2 | 3 | 1 | 3 | 5 | 56 | Criticidad Alta |
| INCUBADORA DRAGER CALEO | 110-17-15- 001074-1 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 5 | 52 | Criticidad Alta |
| INCUBADORA DRAGER CALEO | 110-17-15- 001074-2 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 5 | 52 | Criticidad Alta |
| INCUBADORA DRAGER CALEO | 110-17-15-001095 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 5 | 52 | Criticidad Alta |
| INCUBADORA DRAGER CALEO | 110-17-15-001093 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 5 | 52 | Criticidad Alta |
| INCUBADORA DRAGER CALEO | 110-17-15-001091 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 5 | 52 | Criticidad Alta |
| INCUBADORA DRAGER CALEO | 110-17-15-001094 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 5 | 52 | Criticidad Alta |

| | | | | | | | | | |
|---|------------------------|---|---|---|---|---|---|----|-----------------------------|
| MONITOR CARDIOLÓGICO | 110-17-15- 000803-1 | 4 | 1 | 3 | 1 | 2 | 5 | 48 | Criticidad Media |
| HUMIDIFICADOR FISHER Y PAYKEL MR850 | 110-17-15- 001081-1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 27 | Criticidad Baja |
| HUMIDIFICADOR FISHER Y PAYKEL MR850 | 110-17-15- 001081-2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 27 | Criticidad Baja |
| MONITOR CARDIOLOGICO | 110-17-15- 000803-2 | 4 | 1 | 3 | 1 | 2 | 5 | 48 | Criticidad Media |
| MONITOR CARDIOLOGICO | 110-17-15- 000803-3 | 4 | 1 | 3 | 1 | 2 | 5 | 48 | Criticidad Media |
| MONITOR CARDIOLOGICO | 110-17-15- 000803-4 | 4 | 1 | 3 | 1 | 2 | 5 | 48 | Criticidad Media |
| MONITOR CARDIOLOGICO | 110-17-15-001107 | 4 | 1 | 3 | 1 | 2 | 5 | 48 | Criticidad Media |
| MONITOR MULTIPARAMETR OS MP30 | 110-17-15-000990 | 4 | 1 | 3 | 1 | 2 | 5 | 48 | Criticidad Media |
| MONITOR MULTIPARAMETR OS MP30 | 110-17-15-001085 | 4 | 1 | 3 | 1 | 2 | 5 | 48 | Criticidad Media |
| MONITOR MULTIPARAMETR OS MP30 | 110-17-15-001105 | 4 | 1 | 3 | 1 | 2 | 5 | 48 | Criticidad Media |
| TERMOCUNA MEDIX | 110-17-15-000817 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 5 | 52 | Criticidad Alta |
| TERMOCUNA MEDIX | 110-17-15-000818 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 5 | 52 | Criticidad Alta |
| MONITOR MULTI PARAMETRO MD | 110-17-15-000793 | 4 | 1 | 3 | 1 | 2 | 5 | 48 | Criticidad Media |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|---|---|---|---|---|---|----|------------------|
| VENTILADOR SECHRIST MILLENNIUM | 110-17-15-000805-1 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 52 | Criticidad Alta |
| VENTILADOR SECHRIST MILLENNIUM | 110-17-15-000805-2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 52 | Criticidad Alta |
| VENTILADOR NEWPORT 360 | 110-17-15-001097 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 52 | Criticidad Alta |
| VENTILADOR NEWPORT 360 | 110-17-15-001098 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 52 | Criticidad Alta |
| HUMIDIFICADOR FISHER Y PAYKEL MR410 | 110-17-15-000806 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 24 | Criticidad Baja |
| LAMPARA FOTOTERAPIA DE VENTOSAS | 110-17-15-001078-2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 27 | Criticidad Baja |
| LAMPARA FOTOTERAPIA LED RODABLE | 110-17-15-001078-1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 27 | Criticidad Baja |
| FRONTALUZ POZLED 49020 | 110-17-15-000517 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 40 | Criticidad Media |
| 1SET DE LARINGOSCOPIO NEONATAL | 110-17-15-000515 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 33 | Criticidad Media |
| SERVOCUNA MOD PM78-1 | 110-17-15-000148 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 5 | 52 | Criticidad Alta |

Obtenido de: Autoría propia

Anexo E. Tabla de nivel de criticidad para los equipos del área de UCI

| UCI | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|------------|---------------|----|----|-----|----|------------|------------------|
| DESCRIPCIÓN | CÓDIGO | FRECUENCIA | CONSECUENCIAS | | | | | CRITICIDAD | NIVEL |
| | | FF | IO | FO | CM | IMA | IS | | |
| CAPNÓGRAFO PHILIPS | 110-17-20-001014-2 | 4 | 1 | 3 | 2 | 2 | 5 | 52 | Criticidad Alta |
| CAPNÓGRAFO PHILIPS | 110-17-20-001013-2 | 4 | 1 | 3 | 2 | 2 | 5 | 52 | Criticidad Alta |
| CAMA HILLROOM MOD 835 | 110-15-20-000398 | 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 40 | Criticidad Media |
| NEGATOSCOPIO DE 2 CUERPOS GNATUS | 110-15-20-000053 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 21 | Criticidad Baja |
| CAMA ESPECIAL HILLROM | 110-17-20-000935 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 | 42 | Criticidad Media |
| CAMA ESPECIAL HILLROM | 110-17-20-000936 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 | 42 | Criticidad Media |
| CAMA ESPECIAL HILLROM | 110-17-20-001010-1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 | 42 | Criticidad Media |
| CAMA ESPECIAL HILLROM | 110-17-20-001010-2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 | 42 | Criticidad Media |
| CAMA ESPECIAL HILLROM | 110-17-20-001010-3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 | 42 | Criticidad Media |
| MONITOR MULTIPARAMETROS PHILIPS MP70 | 110-17-20-000944 | 4 | 1 | 3 | 2 | 2 | 5 | 52 | Criticidad Alta |
| MONITOR MULTIPARAMETROS PHILIPS MP70 | 110-17-20-000943 | 4 | 1 | 3 | 2 | 2 | 5 | 52 | Criticidad Alta |
| MONITOR MULTIPARAMETRO PHILIPS MP70 | 110-17-20-001014-1 | 4 | 1 | 3 | 2 | 2 | 5 | 52 | Criticidad Alta |

| | | | | | | | | | |
|--|--------------------|---|---|---|---|---|---|----|------------------|
| MONITOR MULTIPARAMETROS PHILIPS MP70 | 110-17-20-001013-1 | 4 | 1 | 3 | 2 | 2 | 5 | 52 | Criticidad Alta |
| MONITOR MULTIPARAMETROS PHILIPS MP70 | 110-17-20-001011 | 4 | 1 | 3 | 2 | 2 | 5 | 52 | Criticidad Alta |
| MONITOR MULTIPARAMETROS PHILIPS MP70 | 110-17-20-001012 | 4 | 1 | 3 | 2 | 2 | 5 | 52 | Criticidad Alta |
| DESFIBRILADOR ZOLL | 110-17-20-001026 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 5 | 45 | Criticidad Media |
| VENTILADOR MICROPROCESADOR LOWENSTEIN ELISA 500 | 110-17-20-001068-1 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 5 | 51 | Criticidad Alta |
| VENTILADOR PARA MICROPROCESADOR LOWENSTEIN ELISA 500 | 110-17-20-001068-2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 5 | 51 | Criticidad Alta |
| MÓDULO MMS 3001 A 04D06 PARA MONITOR PHILIPS-A04D06 | 110-15-20-001175 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 52 | Criticidad Alta |

Obtenido de: Autoría propia

Anexo F. Frecuencia de Mantenimiento Preventivo (FMP) de los equipos en el área de Quirófano

| QUIRÓFANO | | | | | | | | | |
|---|--------------------|----|----|----|----|----|----|-----|------------|
| DESCRIPCIÓN | CÓDIGO | RF | FE | RM | DM | FU | AE | FMP | FRECUENCIA |
| BISTURÍ ARMÓNICO | 110-17-30-000272 | 3 | 9 | 3 | 1 | 3 | 1 | 20 | Semestral |
| BISTURÍ ARMÓNICO | 110--30-000117 | 3 | 9 | 3 | 1 | 3 | 1 | 20 | Semestral |
| MICROSCOPIO OPMI SENSERA | 110-17-30-000300 | 3 | 6 | 3 | 1 | 1 | -1 | 13 | Anual |
| NEGATOSCOPIO DE 3 CUERPOS CIMASA | 110-15-30-000080 | 1 | 6 | 3 | 0 | 4 | -1 | 13 | Anual |
| MAQUINA DE ANESTESIA AESPIRE100 | 110-17-30-000152 | 3 | 9 | 3 | 3 | 3 | -1 | 20 | Semestral |
| MAQUINA DE ANESTESIA AESPIRE100 | 110-17-30-000568 | 3 | 9 | 3 | 3 | 3 | -1 | 20 | Semestral |
| MAQUINA DE ANESTESIA AESPIRE100 | 110-17-30-000934 | 3 | 9 | 3 | 3 | 3 | -1 | 20 | Semestral |
| MAQUINA DE ANESTESIA AESPIRE100 | 110-17-30-001050 | 3 | 9 | 3 | 3 | 3 | -1 | 20 | Semestral |
| ELECTROCAUTERIO | 110-17-30-000529 | 4 | 9 | 2 | 0 | 4 | 1 | 20 | Semestral |
| ELECTROCAUTERIO | 110-17-30-000569 | 4 | 9 | 2 | 0 | 4 | 1 | 20 | Semestral |
| ELECTROCAUTERIO | 110-17-30-000766 | 4 | 9 | 2 | 0 | 4 | 1 | 20 | Semestral |
| ELECTROCAUTERIO | 110-50-30-000970 | 4 | 9 | 2 | 0 | 4 | 1 | 20 | Semestral |
| LAMPARA CIELITICA REF ML702HX | 110-17-30-000605-1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 2 | 13 | Anual |
| LAMPARA CIELITICA REF ML702HX | 110-17-30-000605-2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 2 | 13 | Anual |
| CONSOLA INTEGRADA DE PODER PARA DRILLS ELÉCTRICOS | 110-17-30-000735 | 3 | 9 | 1 | 0 | 1 | -1 | 13 | Anual |
| BOMBA SE SUCCIÓN DE 1.2 LITROS | 110-17-30-000796 | 3 | 9 | 5 | 2 | 4 | 1 | 24 | Trimestral |

| | | | | | | | | | |
|---|------------------|---|----|---|---|---|----|----|-----------|
| INCUBADORA DE TRANSPORTE | 110-17-30-000819 | 4 | 10 | 5 | 1 | 1 | -1 | 20 | Semestral |
| MESA DE CIRUGIA ELECTRICA | 110-17-30-000940 | 3 | 9 | 2 | 3 | 4 | -1 | 20 | Semestral |
| MESA DE CIRUGIA ELECTRICA | 110-17-30-000941 | 3 | 9 | 2 | 3 | 4 | -1 | 20 | Semestral |
| TORRE DE LAPAROSCOPIA HD 1288 | 110-17-30-000948 | 4 | 9 | 3 | 0 | 4 | -1 | 19 | Semestral |
| TORRE DE LAPAROSCOPIA HD 1288 | 110-17-30-000939 | 4 | 9 | 3 | 0 | 4 | -1 | 19 | Semestral |
| LAMPARA CIELITICA DE DOS CABEZAS | 110-17-30-000939 | 2 | 2 | 3 | 1 | 4 | 2 | 14 | Anual |
| LAMPARA CIELITICA DOBLE CÚPULA DOBLE FILAMENTO | 110-17-30-916 | 2 | 2 | 3 | 1 | 4 | 2 | 14 | Anual |
| MONITOR MULTIPARAMETROS ANESTESIA | 110-17-30-000946 | 3 | 7 | 4 | 0 | 4 | -1 | 17 | Semestral |
| MONITOR MULTIPARAMETROS ANESTESIA | 110-17-30-000945 | 3 | 7 | 4 | 0 | 4 | -1 | 17 | Semestral |
| EQUIPO PARA SELLADO DE VASOS LIGASURE LS10 COVIDIEN | 110-17-30-001028 | 4 | 9 | 3 | 0 | 3 | -1 | 18 | Semestral |
| MESA QUIRURGICA | 110-17-30-001049 | 4 | 9 | 1 | 3 | 4 | -1 | 20 | Semestral |
| MONITOR FETAL | 110-17-30-001057 | 3 | 7 | 4 | 0 | 3 | -1 | 16 | Semestral |
| VAINA PARA CISTOURETROSCOPIO, 20 CHARR, CON OBTURADOR INCLUIDO Y DOS CONOS LUERLOCK | 110-50-30-00127 | 2 | 6 | 1 | 1 | 2 | -1 | 11 | Anual |
| COOBSERVADOR CON TUBO DE 45 GRADOS | 110-17-30-001277 | 1 | 6 | 3 | 0 | 2 | -1 | 11 | Anual |

| | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|---|---|---|---|---|----|----|-----------|
| CABEZAL BINOCULAR ZEISS OPMI MICROSCOPE | 110-17-30-001278 | 3 | 6 | 2 | 1 | 2 | -1 | 13 | Anual |
| MICROMOTOR PIEZA DE MANO EM200 PARA CRENEOTOMO | 110-17-30-001336 | 3 | 9 | 5 | 1 | 2 | -1 | 19 | Semestral |
| ELECTROBISTURI | 110-17-30- 0013707 | 4 | 9 | 4 | 0 | 4 | -1 | 20 | Semestral |

Obtenido de: Autoría propia

Anexo G. Frecuencia de Mantenimiento Preventivo (FMP) de los equipos en el área de Neonatología

| NEONATOLOGÍA | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|----|----|----|----|----|----|-----|------------|
| DESCRIPCIÓN | CÓDIGO | RF | FE | RM | DM | FU | AE | FMP | FRECUENCIA |
| SERVOCUNA GIRAFFE OMNIBED | 110-17-15-001092 | 3 | 9 | 4 | 3 | 1 | 0 | 20 | Semestral |
| SERVOCUNA GIRAFFE OMNIBED | 110-17-15-001096 | 3 | 9 | 4 | 3 | 1 | 0 | 20 | Semestral |
| HUMIFICADOR FISHER Y PAYKEL MR850 | 110-17-15- 001081-1 | 2 | 6 | 3 | 2 | 2 | -1 | 14 | Anual |
| HUMIFICADOR FISHER Y PAYKEL MR850 | 110-17-15- 001081-2 | 2 | 6 | 3 | 2 | 2 | -1 | 14 | Anual |
| INCUBADORA DRAGER CALEO | 110-17-15- 001074-1 | 3 | 9 | 4 | 3 | 2 | -1 | 20 | Semestral |
| INCUBADORA DRAGER CALEO | 110-17-15- 001074-2 | 3 | 9 | 4 | 3 | 2 | -1 | 20 | Semestral |
| INCUBADORA DRAGER CALEO | 110-17-15-001095 | 3 | 9 | 4 | 3 | 2 | -1 | 20 | Semestral |
| INCUBADORA DRAGER CALEO | 110-17-15-001093 | 3 | 9 | 4 | 3 | 2 | -1 | 20 | Semestral |
| INCUBADORA DRAGER CALEO | 110-17-15-001091 | 3 | 9 | 4 | 3 | 2 | -1 | 20 | Semestral |
| INCUBADORA DRAGER | 110-17-15-001094 | 3 | 9 | 4 | 3 | 2 | -1 | 20 | Semestral |

| CALEO | | | | | | | | | |
|---|------------------------|---|----|---|---|---|----|----|------------|
| MONITOR CARDIOLOGICO NIHON KODHEN | 110-17-15- 000803-1 | 3 | 7 | 3 | 0 | 2 | -1 | 14 | Anual |
| MONITOR CARDIOLOGICO NIHON KODHEN | 110-17-15- 000803-2 | 3 | 7 | 3 | 0 | 2 | -1 | 14 | Anual |
| MONITOR CARDIOLOGICO NIHON KODHEN | 110-17-15- 000803-3 | 3 | 7 | 3 | 0 | 2 | -1 | 14 | Anual |
| MONITOR CARDIOLOGICO NIHON KODHEN | 110-17-15- 000803-4 | 3 | 7 | 3 | 0 | 2 | -1 | 14 | Anual |
| MONITOR CARDIOLOGICO NIHON KODHEN | 110-17-15-001107 | 3 | 7 | 3 | 0 | 2 | -1 | 14 | Anual |
| MONITOR MULTIPARAMETROS MP30 | 110-17-15-000990 | 3 | 7 | 3 | 0 | 2 | -1 | 14 | Anual |
| MONITOR MULTIPARAMETROS MP30 | 110-17-15-001085 | 3 | 7 | 3 | 0 | 2 | -1 | 14 | Anual |
| MONITOR MULTIPARAMETROS MP30 | 110-17-15-001105 | 3 | 7 | 3 | 0 | 2 | -1 | 14 | Anual |
| TERMOCUNA MEDIX | 110-17-15-000817 | 3 | 9 | 3 | 3 | 2 | -1 | 19 | Semestral |
| TERMOCUNA MEDIX | 110-17-15-000818 | 3 | 9 | 3 | 3 | 2 | -1 | 19 | Semestral |
| MONITOR MULTI PARAMETROS MD | 110-17-15-000793 | 3 | 7 | 3 | 0 | 2 | -1 | 14 | Anual |
| VENTILADOR SECHRIST MILLENNIUM | 110-17-15- 000805-1 | 4 | 10 | 5 | 5 | 2 | -1 | 25 | Trimestral |
| VENTILADOR SECHRIST MILLENNIUM | 110-17-15- 000805-2 | 4 | 10 | 5 | 5 | 2 | -1 | 25 | Trimestral |
| VENTILADOR NEWPORT 360 | 110-17-15-001097 | 4 | 10 | 5 | 5 | 2 | -1 | 25 | Trimestral |
| VENTILADOR NEWPORT 360 | 110-17-15-001098 | 4 | 10 | 5 | 5 | 2 | -1 | 25 | Trimestral |
| HUMIDIFICADOR FISHER Y PAYKEL MR410 | 110-17-15-000806 | 2 | 6 | 3 | 2 | 2 | -1 | 14 | Anual |
| LAMPARA FOTOTERAPIA DE VENTOSAS LED NINGBO DAVID YG-III | 110-17-15- 001078-2 | 2 | 6 | 2 | 1 | 2 | -1 | 12 | Anual |

| | | | | | | | | | |
|--|------------------------|---|----|---|---|---|----|----|-----------|
| LAMPARA FOTOTERAPIA LED RODABLE NINGBO DAVID YHZ-90P | 110-17-15- 001078-1 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | -1 | 13 | Anual |
| FRONTALUZ POZLED 49020 WELCH ALLYN | 110-17-15-000517 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | -1 | 7 | Anual |
| 1SET DE LARINGOSCOPIO NEONATAL/1 AMBU PEDIATRICO | 110-17-15-000515 | 4 | 10 | 2 | 3 | 2 | -1 | 20 | Semestral |
| SERVOCUNA PARA NEONATOLOGIA MARCA SHIELDS MOD PM78-1 | 110-17-15-000148 | 3 | 9 | 4 | 3 | 2 | -1 | 20 | Semestral |

Obtenido de: Autoría propia

Anexo H. Frecuencia de Mantenimiento Preventivo (FMP) de los equipos en el área de UCI

| UCI | | | | | | | | | |
|--|------------------------|----|----|----|----|----|----|-----|------------|
| DESCRIPCIÓN | CÓDIGO | RF | FE | RM | DM | FU | AE | FMP | FRECUENCIA |
| CAMA HILLROOM MOD 835 | 110-15-20-000398 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 16 | Semestral |
| NEGATOSCOPIO DE 2 CUERPOS GNATUS | 110-15-20-000053 | 1 | 6 | 1 | 0 | 4 | -1 | 11 | Anual |
| CAMA ESPECIAL HILLROM | 110-17-20-000935 | 3 | 9 | 3 | 3 | 4 | -1 | 21 | Trimestral |
| CAMA ESPECIAL HILLROM | 110-17-20-000936 | 3 | 9 | 3 | 3 | 4 | -1 | 21 | Trimestral |
| CAMA ESPECIAL HILLROM | 110-17-20-001010- 1 | 3 | 9 | 3 | 3 | 4 | -1 | 21 | Trimestral |
| CAMA ESPECIAL HILLROM | 110-17-20-001010- 2 | 3 | 9 | 3 | 3 | 4 | -1 | 21 | Trimestral |
| CAMA ESPECIAL HILLROM | 110-17-20-001010- 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | 4 | -1 | 21 | Trimestral |
| MONITOR MULTIPARAMETROS PHILIPS MP70 | 110-17-20-000944 | 3 | 7 | 4 | 1 | 4 | -1 | 18 | Semestral |
| MONITOR | 110-17-20-000943 | 3 | 7 | 4 | 1 | 4 | -1 | 18 | Semestral |

| | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|---|----|---|---|---|----|----|-----------|--|
| MULTIPARAMETROS PHILIPS MP70 | | | | | | | | | | |
| MONITOR MULTIPARAMETROS PHILIPS MP70 | 110-17-20-001014- 1 | 3 | 7 | 4 | 1 | 4 | -1 | 18 | Semestral | |
| MONITOR MULTIPARAMETROS PHILIPS MP70 | 110-17-20-001013- 1 | 3 | 7 | 4 | 1 | 4 | -1 | 18 | Semestral | |
| MONITOR MULTIPARAMETROS PHILIPS MP70 | 110-17-20-001011 | 3 | 7 | 4 | 1 | 4 | -1 | 18 | Semestral | |
| MONITOR MULTIPARAMETROS PHILIPS MP70 | 110-17-20-001012 | 3 | 7 | 4 | 1 | 4 | -1 | 18 | Semestral | |
| CAPNÓGRAFO PHILIPS | 110-17-20-001014- 2 | 2 | 6 | 5 | 1 | 4 | -1 | 17 | Semestral | |
| CAPNÓGRAFO PHILIPS | 110-17-20-001013- 2 | 2 | 6 | 5 | 1 | 4 | -1 | 17 | Semestral | |
| DEFIBRILADOR ZOLL | 110-17-20-001026 | 4 | 10 | 3 | 1 | 1 | -1 | 18 | Semestral | |
| VENTILADOR MICROPROCESADO LOWENSTEIN ELISA 500 | 110-17-20-001068- 1 | 4 | 10 | 3 | 3 | 1 | -1 | 20 | Semestral | |
| VENTILADOR MICROPROCESADO LOWENSTEIN ELISA 500 | 110-17-20-001068- 2 | 4 | 10 | 3 | 3 | 1 | -1 | 20 | Semestral | |
| MODULO MMS 3001 A 04D06 PARA MONITOR PHILIPS-A04D06 | 110-15-20-001175 | 2 | 7 | 3 | 1 | 4 | 1 | 18 | Semestral | |

Obtenido de: Autoría propia

Anexo I. Formato Capacitación

PLAN PILOTO DE MEJORA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO MEDIANTE HERRAMIENTAS DIGITALES

Lugar: Clínica Santa Ana

Duración aproximada: 30 minutos

Áreas involucradas: Mantenimiento Intern.

Modalidad: Presencial

Fecha de instrucción: 28/03/2025

Objetivo de la capacitación:

Brindar al personal técnico las nociones básicas para el uso del aplicativo móvil de mantenimiento y el módulo ERP correspondiente, permitiendo registrar, consultar y ejecutar las actividades programadas.

Contenido instruido:

- Acceso a la app móvil (AppSheet).
- Rellenado de checklist digital.
- Registro de mantenimiento preventivo.
- Registro de fallas.
- Interacción con el ERP (ODOO).

Personal instruido:

| Nombre | Cargo | Firma |
|--------|-------|-------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Observaciones:

Responsables de la capacitación:

Nombre: _____

Nombre: _____

Cargo: _____

Cargo: _____

Firma: _____

Firma: _____

Obtenido de: Autoría propia

Anexo J. Registro de Capacitación

PLAN PILOTO DE MEJORA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO MEDIANTE HERRAMIENTAS DIGITALES

Lugar: Clínica Santa Ana Duración aproximada: 30 minutos
 Áreas involucradas: Mantenimiento Interno Modalidad: Presencial
 Fecha de instrucción: 28/03/2025

Objetivo de la capacitación:
 Brindar al personal técnico las nociones básicas para el uso del aplicativo móvil de mantenimiento y el módulo ERP correspondiente, permitiendo registrar, consultar y ejecutar las actividades programadas.

Contenido instruido:

- Acceso a la app móvil (AppSheet).
- Rellenado de checklist digital.
- Registro de mantenimiento preventivo.
- Registro de fallas.
- Interacción con el ERP (ODOO).

Personal instruido:

| Nombre | Cargo | Firma |
|-----------------|-----------------------|---|
| Yahir Naranjo | Info de Mantenimiento |  |
| Jorge Maurizaca | Mantenimiento |  |
| Alan Morales | Mantenimiento |  |
| Diego Ciello | Mantenimiento |  |

Observaciones:

Responsables de la capacitación:

| | |
|---|---|
| Nombre: <u>Bryan Morocho Guerra</u> Cargo: <u>Estudiante</u> Firma:  | Nombre: <u>Damián Macas Paucar</u> Cargo: <u>Estudiante</u> Firma:  |
|---|---|

Obtenido de: Autoría propia