



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE GUAYAQUIL**  
**CARRERA DE BIOMEDICINA**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA  
GESTIÓN TÉCNICA Y DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y  
CORRECTIVO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Biomédico

**AUTORES:** Ricardo Adolfo Jara Acuña  
Ariel Antonio Mendoza Villalva  
**TUTOR:** Ing. Flavio Vicente Moreno Villamarin

Guayaquil - Ecuador  
2025

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Ariel Antonio Mendoza Villalva** con documento de identificación N° **0943994541** y **Ricardo Adolfo Jara Acuña** con documento de identificación N° **0926958612**; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 14 de Febrero del año 2025

Atentamente,



---

Ariel Antonio Mendoza Villalva  
0943994541



---

Ricardo Adolfo Jara Acuña  
0926958612

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Ariel Antonio Mendoza Villalva** con documento de identificación N° **0943994541** y **Ricardo Adolfo Jara Acuña** con documento de identificación N° **0926958612**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN TÉCNICA Y DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE EQUIPOS BIOMEDICOS**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Biomedico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

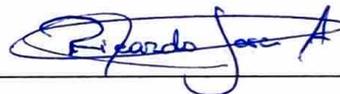
Guayaquil, 14 de Febrero del año 2025

Atentamente,



---

Ariel Antonio Mendoza Villalva  
0943994541



---

Ricardo Adolfo Jara Acuña  
0926958612

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Flavio Moreno Villamarin**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN TÉCNICA Y DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS**, realizado por **Ariel Antonio Mendoza Villalva** con documento de identificación N° **0943994541** y por **Ricardo Adolfo Jara Acuña** con documento de identificación N° **0926958612**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Proyecto técnico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 14 de Febrero del año 2025

Atentamente,



---

Ing. Flavio Vicente Moreno Villamarin  
1205480542

## DEDICATORIA

Con profunda gratitud y admiración, dedico este trabajo de titulación a mi madre, Paola Villalva Rojas, quien ha sido el pilar fundamental de mi vida. Su amor incondicional, su atención y su inquebrantable solidaridad han sido la base de mi fortaleza. Gracias, mamá, por inculcarme carácter, disciplina y valores que me han guiado en este camino.

A mi amada pareja, Nicol Zubieta, quien, con su constante amor y paciencia fueron una fuente de inspiración para superar cada obstáculo.

A mis amistades del más cercanas, quienes con sus consejos sinceros y su apoyo estuvieron siempre a mi lado, ayudándome a reconocer mis errores y a crecer como persona.

Finalmente, este logro también me lo dedico a mí mismo. Este trayecto me enseñó que soy capaz de superar mis propias barreras, aprender de los tropiezos y salir fortalecido. Me enorgullezco de lo que he conseguido y de la persona en la que me estoy convirtiendo.

**Ariel Antonio Mendoza Villalva**

Dedico esto a mi mamá que sigue siendo mi mayor inspiración y guía en cada paso que doy. Agradezco profundamente a la vida, tanto por los momentos de alegría que me han fortalecido, como por los desafíos que me han enseñado lecciones invaluable. Cada experiencia, buena o mala, ha forjado el carácter y la determinación con los que hoy concluyo este capítulo. Esta tesis es un reflejo de mi esfuerzo, resiliencia y gratitud hacia todo lo que me ha permitido desarrollarme como un gran profesional.

**Ricardo Adolfo Jara Acuña**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme el privilegio de vivir, la fortaleza para avanzar y el carácter para enfretar cada desafío en este camino

A mis padres, quienes han sido mi más grande apoyo durante todo el proceso educativo, les debo cada paso dado en este camino. Su amor y sacrificio son el fundamento de mis logros.

A la Universidad Politécnica Salesiana y a sus docentes, mi más sincero agradecimiento por instruirme y brindarme las herramientas necesarias para desarrollarme profesionalmente.

Finalmente, expreso mi gratitud a mis compañeros de la carrera y los de la universidad en general. La mayoría de ustedes me brindó apoyo en momentos clave, y con algunos logré establecer amistades que espero perduren más allá de esta etapa académica. Estoy seguro que, muy pronto, compartiremos juntos los retos del ámbito laboral.

**Ariel Antonio Mendoza Villalva**

Con gran humildad, dedico este espacio a quienes han sido fundamentales en la culminación de esta tesis y en mi formación personal y profesional.

Agradezco profundamente a Ing. Flavio Moreno , cuya orientación, paciencia y experiencia han sido pilares en el desarrollo de este trabajo. Sus consejos y dedicación marcaron una diferencia significativa en este proceso.

A mi familia, mi mayor fortaleza, por su apoyo inconmensurable y por acompañarme en cada paso del camino. Gracias por confiar en mí, incluso en los momentos de incertidumbre, y por ser mi fuente constante de motivación.

A mis profesores y amigos del salón, quienes con su conocimiento, críticas constructivas y palabras de apoyo enriquecieron esta vivencia académica.

Finalmente, agradezco a la vida por permitirme enfrentar este desafío y superarlo, creciendo en el proceso como persona y profesional.

Este logro no habría sido posible sin cada uno de ustedes.

**Ricardo Adolfo Jara Acuña**

## RESUMEN

El presente proyecto desarrolla un sistema de información web para la gestión técnica y el mantenimiento preventivo y correctivo de equipos biomédicos, con el objetivo de optimizar su uso y reducir los tiempos de inactividad. Se identificaron los requisitos del sistema mediante encuestas y entrevistas al personal técnico, lo que permitió definir funcionalidades clave como gestión de usuarios y roles, planificación de mantenimientos, notificaciones automáticas y generación de reportes gráficos.

El desarrollo se realizó bajo la metodología ágil Scrum, priorizando las funcionalidades esenciales mediante el método MoSCoW. Se utilizaron tecnologías modernas como PHP con CodeIgniter, MySQL, Bootstrap y JavaScript, garantizando escalabilidad y seguridad en la plataforma.

Las pruebas del sistema incluyeron técnicas de caja blanca y caja negra, verificando su correcto funcionamiento y la integridad de los datos. Los resultados evidencian que el sistema mejora la organización y trazabilidad de los mantenimientos, proporcionando una solución eficiente y automatizada para la gestión de equipos biomédicos en entornos hospitalarios.

**Palabras clave:** Gestión de equipos biomédicos, Mantenimiento preventivo y correctivo, Sistema de información web, Scrum y priorización MoSCoW, Automatización y trazabilidad.

## ABSTRACT

This project develops a web information system for the technical management and preventive and corrective maintenance of biomedical equipment, with the aim of optimizing its use and reducing downtime. System requirements were identified through surveys and interviews with technical staff, which allowed defining key functionalities such as user and role management, maintenance planning, automatic notifications and generation of graphical reports.

The development was carried out under the agile Scrum methodology, prioritizing essential functionalities using the MoSCoW method. Modern technologies such as PHP with CodeIgniter, MySQL, Bootstrap and JavaScript were used, guaranteeing scalability and security on the platform.

System testing included white box and black box techniques, verifying its correct operation and data integrity. The results show that the system improves the organization and traceability of maintenance, providing an efficient and automated solution for the management of biomedical equipment in hospital environments.

**Keywords:** Biomedical equipment management, Preventive and corrective maintenance, Web information system, Scrum and MoSCoW prioritization, Automation and traceability.

## ÍNDICE

<b>I.</b>	<b>Introducción</b>	1
<b>II.</b>	<b>Problema</b>	2
<b>III.</b>	<b>Justificación</b>	3
<b>IV.</b>	<b>Objetivos</b>	4
IV-A.	Objetivo general . . . . .	4
IV-B.	Objetivos específicos . . . . .	4
<b>V.</b>	<b>Fundamentos teóricos</b>	5
V-A.	Gestión técnica y mantenimiento de equipos biomédicos . . . . .	5
V-A1.	Mantenimiento preventivo . . . . .	5
V-A2.	Mantenimiento correctivo . . . . .	5
V-A3.	Disponibilidad del equipo . . . . .	5
V-A4.	Eficiencia operativa . . . . .	5
V-A5.	Normativas y estándares internacionales . . . . .	5
V-A6.	Planificación del mantenimiento . . . . .	6
V-A7.	Evaluación de riesgos . . . . .	6
V-B.	Tecnología de la información para la gestión de equipos biomédicos . . . . .	10
V-B1.	Eficiencia operativa . . . . .	10
V-B2.	Reducción de costos . . . . .	10
V-B3.	Mejora en la calidad de la atención . . . . .	10
V-B4.	Toma de decisiones basadas en datos . . . . .	10
V-C.	Tecnologías utilizadas . . . . .	11
V-C1.	XAMPP . . . . .	11
V-C2.	MySQL . . . . .	11
V-C3.	CodeIgniter (Framework de PHP) . . . . .	12
V-C4.	PHP . . . . .	12
V-C5.	JavaScript . . . . .	13
<b>VI.</b>	<b>Marco metodológico</b>	14
VI-A.	Tipo de investigación . . . . .	14
VI-A1.	Investigación bibliográfica y documental . . . . .	14
VI-B.	Métodos de investigación . . . . .	14
VI-C.	Técnicas de investigación . . . . .	14
VI-D.	Instrumentos de investigación . . . . .	14
VI-E.	Población y muestra . . . . .	15
VI-F.	Metodología ágil: desarrollo con Scrum . . . . .	15
VI-F1.	Justificación del uso de Scrum . . . . .	15
VI-G.	Comparación con otras metodologías . . . . .	15
VI-G1.	Aplicación de Scrum en el proyecto . . . . .	16
<b>VII.</b>	<b>Resultados</b>	19
VII-A.	Resultados de las entrevistas . . . . .	19
VII-B.	Desarrollo con metodología Scrum . . . . .	23
VII-B1.	Justificación del uso de Scrum . . . . .	23
VII-B2.	Identificación de requisitos . . . . .	24
VII-C.	Planificación del proyecto . . . . .	25

VII-C1.	Definición del Product Backlog . . . . .	25
VII-C2.	Historias de usuario derivadas de los requisitos . . . . .	26
VII-C3.	Priorización de requisitos (Método MoSCoW) . . . . .	26
VII-C4.	Planificación del Sprint inicial . . . . .	26
VII-C5.	Desarrollo del sistema . . . . .	28
VII-C6.	Pruebas del sistema . . . . .	30
<b>VIII.</b>	<b>Cronograma</b>	<b>47</b>
<b>IX.</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>48</b>
<b>X.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>49</b>
<b>XI.</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>50</b>
	<b>Referencias</b>	<b>51</b>
	<b>Anexo A: Imagenes</b>	<b>53</b>
	<b>Anexo B: Imagenes</b>	<b>53</b>
	<b>Anexo C: Imagenes</b>	<b>54</b>
	<b>Anexo D: Imagenes</b>	<b>54</b>
	<b>Anexo E: Imagenes</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Tabulación pregunta 1 . . . . .	19
2.	Tabulación pregunta 2 . . . . .	20
3.	Tabulación pregunta 3 . . . . .	21
4.	Tabulación pregunta 4 . . . . .	22
5.	Tabulación pregunta 5 . . . . .	23
6.	Diagrama flujo del sistema . . . . .	29
7.	Inicio de Sesión . . . . .	31
8.	Credenciales incorrectas . . . . .	31
9.	Credenciales correctas inicia sesión . . . . .	32
10.	Credenciales incorrectas . . . . .	32
11.	Gestión de mantenimiento . . . . .	33
12.	Selección de formato . . . . .	33
13.	Ingreso de información en campos correspondientes . . . . .	33
14.	Listado de mantenimientos únicos . . . . .	34
15.	Campos obligatorios . . . . .	34
16.	Contratación de servicio No . . . . .	34
17.	Contratación de servicio si . . . . .	35
18.	Fecha limite de mantenimiento único . . . . .	35
19.	Agregar un equipo nuevo . . . . .	35
20.	Editar el equipo ingresado . . . . .	36
21.	Ingreso de archivos en la descripción del equipo . . . . .	36
22.	Selección de archivos . . . . .	36
23.	Actualización de equipo . . . . .	37
24.	Visualización de archivos cargados . . . . .	37
25.	Formato de archivo incorrecto . . . . .	37
26.	Notificación de formato incorrecto . . . . .	38
27.	Selección de archivo superior en tamaño . . . . .	38
28.	Notificación de archivo superior en tamaño . . . . .	38
29.	Listado de archivos subido con opción eliminar . . . . .	39
30.	Modulo ordenes de trabajo . . . . .	39
31.	Listado ordenes de trabajo . . . . .	39
32.	Revisión de mantenimiento asignado . . . . .	40
33.	Estado del mantenimiento . . . . .	41
34.	Actualización de fallas sobre mantenimiento . . . . .	41
35.	Actualización no permitida por fecha fuera de rango . . . . .	42
36.	Código para agregar comentario . . . . .	43
37.	Código para mostrar comentarios agregados . . . . .	44
38.	Código para autenticación . . . . .	45
39.	Código para verificar permisos . . . . .	45
40.	Código función crear . . . . .	45
41.	Código para acceder a diferentes áreas . . . . .	46
42.	Código para restringir acceso . . . . .	46
43.	Código para mostrar vista mantenimiento . . . . .	46
44.	Código para registro de equipos . . . . .	53
45.	Código agregar usuarios . . . . .	53
46.	Código crear mantenimiento . . . . .	54
47.	Código asignar mantenimientos . . . . .	54
48.	Código para crear gráficas de reporte . . . . .	55

## ÍNDICE DE TABLAS

I.	Tipos de mantenimiento en equipos biomédicos . . . . .	6
II.	Características de XAMPP . . . . .	11
III.	Características de MySQL . . . . .	12
IV.	Características de CodeIgniter . . . . .	12
V.	Características de PHP . . . . .	13
VI.	Características de JavaScript . . . . .	13
VII.	Comparación entre Scrum, Cascada y Kanban . . . . .	16
VIII.	Resumen resultado pregunta 1 . . . . .	19
IX.	Resumen resultados pregunta 2 . . . . .	20
X.	Resumen resultados pregunta 3 . . . . .	21
XI.	Resumen resultados pregunta 4 . . . . .	22
XII.	Resumen resultados pregunta 5 . . . . .	23
XIII.	Requisitos funcionales del sistema . . . . .	24
XIV.	Requisitos no funcionales del sistema . . . . .	25
XV.	Elementos del Backlog y sus Descripciones . . . . .	25
XVI.	Historias de Usuario y Requisitos Relacionados . . . . .	26
XVII.	Clasificación MoSCoW de los requisitos funcionales . . . . .	27
XVIII.	Clasificación MoSCoW de requisitos no funcionales . . . . .	27
XIX.	Historias de usuario y sus objetivos . . . . .	27
XX.	Tareas, duración estimada y responsables por historia de usuario . . . . .	28
XXI.	Etapas del proyecto y duración total . . . . .	28
XXII.	Estructura de Tablas en la Base de Datos . . . . .	29
XXIII.	Estructura de la Base de Datos para Equipos . . . . .	30
XXIV.	Cronograma de Actividades . . . . .	47
XXV.	Presupuesto del Proyecto . . . . .	48

## I. INTRODUCCIÓN

En el sector de la salud, el mantenimiento adecuado de los equipos biomédicos es primordial para garantizar la seguridad de los paciente, la continuidad operativa y la calidad del servicio. Sin embargo, muchas instituciones aún dependen de registros manuales o herramientas básicas como hojas de cálculo, lo que dificulta el seguimiento de mantenimientos preventivos y correctivos. Esta falta de automatización puede generar ineficiencias, tiempos de inactividad prolongados y un aumento en los costos operativos.

El presente trabajo aborda esta problemática mediante el desarrollo de un sistema de información web diseñado para la gestión técnica y mantenimiento de equipos biomédicos, optimizando su uso y reduciendo tiempos de inactividad. La propuesta consiste en la implementación de un sistema que permite registrar y actualizar la información de los equipos, programar mantenimientos preventivos y correctivos, generar notificaciones automatizadas y visualizar datos a través de reportes gráficos interactivos.

Para lograr estos objetivos, se realizó un análisis exhaustivo de los requisitos del sistema mediante encuestas y entrevistas al personal técnico y administrativo. La planificación y desarrollo del proyecto se llevó a cabo siguiendo la metodología ágil Scrum, permitiendo iteraciones continuas que aseguraron la alineación con las necesidades de los usuarios. Se priorizaron las funcionalidades esenciales utilizando el método MoSCoW, garantizando que el sistema cumpliera con los requerimientos más críticos desde su primera versión

El sistema fue desarrollado utilizando tecnologías modernas, incluyendo PHP con el framework CodeIgniter, MySQL para el almacenamiento de datos, Bootstrap para el diseño responsivo y JavaScript para mejorar la experiencia del usuario. La seguridad de la plataforma se fortaleció con medidas como el cifrado en contraseñas y la validación de accesos según roles específicos.

Finalmente, se realizaron pruebas de calidad utilizando técnicas de caja blanca y caja negra, asegurando que la lógica interna del sistema y su funcionamiento desde la perspectiva del usuario cumplieran con los estándares esperados. Los resultados demostraron que el sistema es eficiente, escalable y capaz de integrarse en entornos hospitalarios y clínicos, facilitando la gestión y el mantenimiento de equipos biomédicos de manera organizada y automatizada.

Este proyecto representa un aporte significativo en la modernización de la gestión de equipos biomédicos, sentando las bases para futuras mejoras como la integración con sistemas hospitalarios, la migración a plataformas en la nube y la aplicación de inteligencia artificial para el mantenimiento predictivo.

## II. PROBLEMA

En el ámbito global y nacional, la falta de sistemas eficientes para la gestión del mantenimiento de equipos biomédicos representa un riesgo muy significativo para la seguridad de los pacientes y el personal médico. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha señalado que un mantenimiento inadecuado puede reducir la disponibilidad de equipos esenciales, comprometiendo la calidad de la atención sanitaria. Según datos de la OMS [1], en países en desarrollo, el 50 % de los equipos médicos no están operativos debido a la ausencia de programas de mantenimiento efectivos, lo que aumenta los costos operativos y el riesgo de incidentes clínicos.

A nivel institucional, en hospitales y centros de salud, la gestión del mantenimiento técnico de equipos biomédicos no está automatizada en muchos casos. Actualmente, esta información se lleva de manera manual o en herramientas básicas como hojas de cálculo de Excel, lo que genera pérdida de datos con el tiempo, inconsistencias en los registros y falta de trazabilidad. Esto dificulta la planificación, el seguimiento de tareas de mantenimiento, y genera tiempos de inactividad prolongados en equipos esenciales. Por ejemplo, se estima que los tiempos de inactividad en equipos biomédicos críticos pueden alcanzar hasta el 30 % en instituciones que no cuentan con sistemas centralizados de gestión, afectando directamente la disponibilidad de equipos para el personal médico.

La problemática central radica en reducir estos tiempos de inactividad mediante la implementación de un sistema automatizado que permita gestionar de forma integral el mantenimiento tipo preventivo y correctivo de equipos biomédicos. La falta de soluciones tecnológicas integradas no solo impacta la disponibilidad operativa, sino también la seguridad del paciente y la eficiencia de los servicios de salud.

Este problema se agrava al analizar el tema en instituciones concretas con una falta de mantenimiento adecuado de estos equipos puede generar diagnósticos incorrectos, retrasos en procesos médicos y riesgo en la integridad de las muestras que procesan. Estudios previos han mostrado que la implementación de sistemas de información para la gestión técnica de equipos puede reducir los tiempos de inactividad considerablemente y mejorar la planificación de intervenciones técnicas, asegurando la disponibilidad y funcionalidad de estos dispositivos esenciales.

### III. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo del sistema de información para la gestión técnica y de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos biomédicos es fundamental por diversas razones. Teóricamente, este proyecto contribuye al campo de la ingeniería biomédica y la gestión de tecnología médica al abordar la necesidad de soluciones tecnológicas que optimicen la gestión de los equipos biomédicos. La propuesta combina conceptos de mantenimiento preventivo y correctivo con la implementación de un sistema de información eficiente, proporcionando una base conceptual que servirá como referencia para futuras investigaciones relacionadas con la gestión automatizada de tecnología médica.

Desde un enfoque práctico, el proyecto ofrece un enfoque práctico para la aplicación de tecnologías de la información en la gestión del mantenimiento de equipos biomédicos. Integra técnicas de gestión de mantenimiento con buenas prácticas de administración de recursos tecnológicos en entornos hospitalarios. Esto busca no solo mejorar la eficiencia en la gestión, sino también puede facilitar el monitoreo y control de los equipos, garantizando el cumplimiento de las normativas de seguridad y calidad en el sector de la salud.

En el aspecto aplicado, la implementación de este sistema impactará directamente en el ámbito hospitalario, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo los tiempos de inactividad de los equipos biomédicos. Esto permitirá a las instituciones médicas optimizar el uso de sus recursos tecnológicos, aumentar la disponibilidad de equipos críticos y mejorar la calidad de la atención médica. Además, el sistema facilitará la toma de decisiones basada en datos al proporcionar información detallada y en tiempo real sobre el estado de los equipos, su historial de mantenimiento y las necesidades de intervención técnica.

## IV. OBJETIVOS

### *IV-A. Objetivo general*

Desarrollar un sistema de información web que permita la gestión técnica y el mantenimiento preventivo y correctivo de equipos biomédicos, garantizando la optimización de su uso, la reducción de tiempos de inactividad y la mejora de la calidad de los servicios de atención médica.

### *IV-B. Objetivos específicos*

- Realizar una investigación exhaustiva sobre las necesidades y requisitos de gestión de equipos biomédicos para diseñar un sistema de información que se ajuste a las demandas del mantenimiento preventivo y correctivo.
- Diseñar e implementar un sistema de información que permita registrar, gestionar y actualizar la información relacionada con el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos biomédicos seleccionados, asegurando la trazabilidad y accesibilidad de los datos.
- Desarrollar una funcionalidad de monitoreo que permita programar y notificar de manera automatizada las tareas de mantenimiento preventivo, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento y reducir los tiempos de inactividad de los equipos biomédicos.

## V. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Este apartado tiene como objetivo proporcionar un marco conceptual que sustente la propuesta a desarrollar de un sistema de información de gestión técnica y para el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos biomédicos. Por medio de una revisión exhaustiva de la literatura, se busca comprender las teorías, conceptos y enfoques que respaldan tanto la gestión de equipos médicos como el diseño de sistemas de información aplicados en este contexto.

La relación entre el problema de estudio y la fundamentación teórica radica en la necesidad de abordar los desafíos actuales en la gestión de equipos biomédicos, tales como la falta de registros automatizados, la ineficiencia en la programación de mantenimiento y la limitada accesibilidad a datos históricos de intervención técnica. Estos aspectos afectan negativamente la disponibilidad y operatividad de equipos críticos en instituciones de salud, lo que a su vez compromete la calidad de la atención médica.

### V-A. *Gestión técnica y mantenimiento de equipos biomédicos*

La gestión técnica de equipos biomédicos se refiere a la planificación, control y supervisión de las actividades relacionadas con el mantenimiento y la operación de los dispositivos médicos, asegurando su funcionamiento adecuado, la seguridad del paciente y la longevidad del equipo. Este proceso implica la aplicación de estrategias que permitan optimizar la vida útil de los equipos, disminuir el tiempo de inactividad y garantizar el cumplimiento de normativas de seguridad y calidad establecidas por organizaciones de salud a nivel mundial.

#### **Definición y conceptos clave**

*V-A1. Mantenimiento preventivo:* Es el conjunto de acciones programadas que buscan evitar fallos en los equipos biomédicos antes de que ocurran, garantizando su disponibilidad y correcto funcionamiento. Este tipo de mantenimiento implica la revisión periódica de los equipos, limpieza, calibración, lubricación y otras acciones que prolongan su vida útil [2].

*V-A2. Mantenimiento correctivo:* Se refiere a las acciones necesarias para reparar un equipo biomédico cuando presenta una falla o mal funcionamiento. A diferencia del preventivo, el correctivo es reactivo, ya que se lleva a cabo después de que se identifica un problema en el equipo. Su objetivo principal es restaurar el funcionamiento normal del dispositivo en el menor tiempo posible [3].

*V-A3. Disponibilidad del equipo:* Este concepto se enfoca en la capacidad de los equipos biomédicos para estar operativos y accesibles cuando se necesitan. La disponibilidad es un indicador clave de la efectividad del mantenimiento, ya que una alta disponibilidad significa que los equipos están en condiciones óptimas para su uso clínico [4].

*V-A4. Eficiencia operativa:* En el contexto de la gestión de equipos biomédicos, la eficiencia operativa se refiere a la capacidad de un equipo para realizar sus funciones previstas con la mínima interrupción posible. La gestión adecuada del mantenimiento contribuye a mejorar la eficiencia operativa, minimizando el tiempo de inactividad y maximizando la producción de servicios médicos [5].

*V-A5. Normativas y estándares internacionales:* La gestión y mantenimiento de equipos biomédicos debe cumplir con normas internacionales, como las establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la International Electrotechnical Commission (IEC), y la International Organization for Standardization (ISO). Estas normativas proporcionan lineamientos sobre la calidad, seguridad y eficacia en la operación y mantenimiento de equipos médicos, asegurando un entorno seguro tanto para el paciente como para el operador [6].

V-A6. *Planificación del mantenimiento:* La planificación del mantenimiento implica establecer un cronograma de actividades que asegure el funcionamiento continuo de los equipos biomédicos. Esto incluye la programación de inspecciones, ajustes, pruebas y reparaciones, además de la asignación adecuada de recursos y personal capacitado para llevar a cabo las tareas [7].

V-A7. *Evaluación de riesgos:* Es un proceso fundamental dentro de la gestión técnica de equipos biomédicos, ya que identifica y prioriza los riesgos asociados con el mal funcionamiento de los equipos. La evaluación de riesgos permite implementar medidas correctivas y preventivas que minimicen los riesgos potenciales para los pacientes y el personal médico [8].

### Importancia del mantenimiento en el sector de la salud

El mantenimiento de equipos biomédicos es fundamental para el sector de la salud, ya que asegura el correcto funcionamiento de los dispositivos médicos y contribuye directamente a la calidad de la atención al paciente. La falta de un mantenimiento adecuado puede resultar en diagnósticos incorrectos, tratamientos ineficaces, e incluso poner en riesgo la vida del paciente. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la gestión eficiente del mantenimiento de equipos médicos mejora la seguridad, aumenta la confiabilidad de los equipos, y optimiza el uso de los recursos [1].

Un mantenimiento bien planificado y ejecutado reduce el tiempo de inactividad de los equipos, aumenta su vida útil y mejora la eficiencia operativa. Esto se traduce en una mayor disponibilidad de equipos críticos, lo que permite a los profesionales de la salud realizar diagnósticos y tratamientos precisos. Además, un programa de mantenimiento integral minimiza los costos asociados con reparaciones imprevistas y reemplazo prematuro de equipos [3].

### Tipos de mantenimiento: Preventivo y Correctivo

El mantenimiento de equipos biomédicos se clasifica principalmente en dos tipos: preventivo y correctivo, cada uno con objetivos y métodos específicos. A continuación en la **Tabla 1**, se describen ambos tipos en detalle:

Tabla I  
TIPOS DE MANTENIMIENTO EN EQUIPOS BIOMÉDICOS

Tipo de Mantenimiento	Descripción	Objetivo Principal	Ejemplos de Actividades
Mantenimiento Preventivo	Implica la realización de acciones programadas para prevenir fallas y asegurar el funcionamiento óptimo de los equipos.	Prolongar la vida útil de los equipos, reducir la probabilidad de fallas y mantener la disponibilidad operativa.	Inspecciones periódicas, limpieza, calibración, lubricación, pruebas de funcionamiento.
Mantenimiento Correctivo	Se lleva a cabo cuando un equipo presenta una falla o mal funcionamiento, y se enfoca en la reparación para restaurar su operatividad.	Corregir fallas identificadas, restaurar el funcionamiento normal y minimizar el tiempo de inactividad.	Reparación de componentes, reemplazo de piezas defectuosas, ajustes mecánicos o electrónicos.

El mantenimiento preventivo es esencial para garantizar que los equipos biomédicos estén disponibles cuando se necesitan y para evitar el deterioro por falta de uso o intervenciones inapropiadas. En contraste, el mantenimiento correctivo es reactivo, abordando fallas inesperadas que pueden poner en riesgo el funcionamiento normal de los dispositivos [2].

## **Normativas y estándares internacionales en la gestión de equipos biomédicos**

La gestión de equipos biomédicos debe cumplir con normativas y estándares internacionales que garantizan la seguridad y eficiencia de estos dispositivos. Entre las normativas más relevantes se encuentran:

### **Organización mundial de la salud (OMS)**

La OMS establece lineamientos generales para la adquisición, uso y mantenimiento de equipos médicos, con el objetivo de promover la seguridad del paciente y la calidad de la atención médica. Estos lineamientos destacan la importancia de la planificación y ejecución de programas de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar la operatividad continua de los dispositivos biomédicos [1].

### **International electrotechnical commission (IEC)**

La IEC proporciona estándares técnicos para la seguridad eléctrica y la funcionalidad de los dispositivos médicos, asegurando que cumplan con requisitos mínimos de seguridad en su diseño y operación (IEC 60601).

### **International organization for standardization (ISO)**

En lugar de la ISO 13485, que se centra en el diseño y fabricación de dispositivos médicos, se aplica la normativa ISO 9001, que establece los requisitos para un sistema de gestión de la calidad. Esta norma es ampliamente utilizada en la implementación de sistemas que buscan garantizar la calidad en procesos organizativos, como la gestión de mantenimiento de equipos biomédicos. La ISO 9001 promueve la mejora continua y la satisfacción del cliente mediante la optimización de procesos y la gestión eficiente de recursos [9]

### **Normativas para la realización de un sistema de gestión**

- **ISO 9001:2015:** Esta norma establece los requisitos para un sistema de gestión de calidad aplicable a cualquier organización. En el contexto del sistema propuesto, la ISO 9001 garantiza que los procesos involucrados en la gestión de equipos biomédicos, desde el mantenimiento preventivo hasta el correctivo, se realicen de manera estandarizada, optimizando recursos y asegurando la satisfacción de los usuarios finales[9].
- **ISO/IEC 8001:** Enfocada en la gestión de riesgos en redes de tecnología médica, esta norma es crucial si el sistema interactúa con dispositivos conectados. Asegura que las conexiones entre sistemas y equipos biomédicos no comprometan la seguridad del paciente ni la funcionalidad del dispositivo.
- **Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) o normativa equivalente local:** Esta normativa regula la protección de datos personales, garantizando que la información sensible manejada por el sistema, como registros técnicos y datos asociados a equipos médicos, se maneje de forma segura y confidencial.

### **Acreditaciones internacionales**

Las acreditaciones internacionales, como las otorgadas por la Joint Commission International (JCI), aseguran que los hospitales y centros de salud cumplan con estándares globales de calidad y seguridad. Estas acreditaciones incluyen requisitos específicos para la gestión de equipos biomédicos, destacando la necesidad de mantener registros detallados, implementar programas de mantenimiento preventivo y garantizar la capacitación adecuada del personal técnico. La JCI evalúa aspectos como la planificación, documentación y ejecución del mantenimiento, promoviendo la seguridad del paciente y la eficiencia operativa[10].

## **Manual de mantenimientos de equipos de la OPS**

El manual publicado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) proporciona directrices detalladas sobre la planificación y ejecución de actividades de mantenimiento técnico. Este documento es una base fundamental para diseñar sistemas de información que gestionen estos procesos. Los puntos clave incluyen:

### ■ **Cálculo de la frecuencia de revisiones:**

- El manual establece que la frecuencia de las revisiones debe basarse en factores como la criticidad del equipo, la intensidad de uso y las recomendaciones del fabricante.
- Por ejemplo, equipos críticos como ventiladores y monitores requieren revisiones trimestrales, mientras que equipos de baja criticidad pueden ser revisados semestralmente.

### ■ **Rutinas de mantenimiento:**

- Se incluyen pasos detallados para la realización de mantenimientos preventivos y correctivos, destacando la importancia de verificar parámetros eléctricos, calibraciones, y condiciones físicas de los equipos.

### ■ **Protocolos de actuación:**

- La OPS recomienda protocolos estandarizados que aseguren la trazabilidad de cada intervención técnica, promoviendo la documentación detallada y la generación de reportes que faciliten la toma de decisiones.

## **Acuerdos ministeriales del MSP**

El Ministerio de Salud Pública (MSP) emite acuerdos ministeriales que regulan la gestión de equipos biomédicos en el ámbito nacional. Entre los aspectos más relevantes están:

### ■ **Directrices para la gestión técnica:**

- El MSP exige que las instituciones de salud cuenten con un programa estructurado de mantenimiento técnico que incluya inventarios actualizados de equipos, planificación de revisiones y registros de cada intervención.

### ■ **Políticas de documentación:**

- Los acuerdos ministeriales requieren que toda actividad de mantenimiento esté respaldada por documentación detallada, garantizando la trazabilidad y transparencia en la gestión.

## **Permisos de Mantenimiento - ACESS**

La Agencia de Aseguramiento de la Calidad de los Servicios de Salud y Medicina Prepagada (ACESS) regula los permisos necesarios para realizar actividades de mantenimiento técnico en equipos biomédicos. Entre sus requisitos están:

### ■ **Documentación requerida:**

- Registro de los equipos a mantener, incluyendo número de serie, ubicación y condición actual.
- Certificación del personal técnico encargado del mantenimiento.

- **Requisitos para técnicos y empresas:**

- Los técnicos deben estar capacitados y contar con certificaciones reconocidas a nivel nacional e internacional.
- Las empresas deben demostrar cumplimiento con normativas de calidad, como la ISO 9001.

- **Auditorías periódicas:**

- La ACESS realiza inspecciones y auditorías para verificar que las actividades de mantenimiento se realicen conforme a los estándares establecidos, promoviendo la seguridad del paciente y la operatividad de los equipos.

## **Manual MSO - Gestión de mantenimiento**

El Manual MSO (Mantenimiento Seguro y Operativo) se enfoca en la implementación de sistemas de gestión técnica eficientes para equipos biomédicos. Los lineamientos clave incluyen:

- **Criterios de seguridad:**

- Asegura que todas las intervenciones técnicas cumplan con estándares de seguridad, minimizando riesgos asociados con fallas o mal uso de los equipos.

- **Indicadores de gestión:**

- El manual propone indicadores clave, como el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR), para evaluar la eficiencia de las actividades de mantenimiento.

- **Sistemas de Información:**

- Destaca la importancia de implementar sistemas que centralicen la información técnica, facilitando la generación de reportes, el seguimiento de tareas y la planificación de mantenimientos futuros.

## **Impacto del mantenimiento en la seguridad del paciente**

Un mantenimiento deficiente de los equipos biomédicos puede conducir a diagnósticos incorrectos, tratamientos inadecuados e incluso poner en riesgo la vida de los pacientes. Según un estudio, un alto porcentaje de los eventos adversos en la atención sanitaria está relacionado con el uso inadecuado de tecnologías biomédicas [11]. Por lo tanto, garantizar que los equipos funcionen correctamente es fundamental para la seguridad del paciente.

La implementación de planes de mantenimiento preventivo sirve para identificar y corregir posibles fallas antes de que afecten la atención médica. Esto no solo mejora la seguridad del paciente, sino que también aumenta la confianza del personal de salud en el desempeño de los equipos [12].

## **Innovaciones recientes en mantenimiento biomédico**

La integración de tecnologías como el IoT y sensores inteligentes ha transformado el mantenimiento de equipos biomédicos. Estas innovaciones permiten el monitoreo en tiempo real del estado y rendimiento de los equipos, facilitando una planificación proactiva del mantenimiento [13].

## **Aplicaciones del IoT en el mantenimiento biomédico:**

- **Monitoreo remoto** Los dispositivos IoT recopilan datos sobre el rendimiento de los equipos, permitiendo a los ingenieros biomédicos evaluar su estado de forma remota y solucionar problemas sin necesidad de intervención física [14].
- **Mantenimiento predictivo:** El análisis de datos en tiempo real facilita la detección de anomalías antes de que se conviertan en fallas graves, optimizando las estrategias de mantenimiento y reduciendo el riesgo de infecciones postoperatorias hasta en un 15 por ciento [15].
- **Gestión Eficiente de Recursos:** La tecnología IoT simplifica la gestión de medicamentos y equipos médicos, ahorrando tiempo a los profesionales y mejorando la eficiencia operativa [16].

Estas innovaciones no solo mejoran la eficiencia del mantenimiento, sino que también contribuyen a la seguridad del paciente al garantizar que los equipos biomédicos funcionen de manera óptima.

### *V-B. Tecnología de la información para la gestión de equipos biomédicos*

#### **Uso de sistemas de información en la gestión de tecnología médica**

Los sistemas de información desempeñan un papel esencial en la gestión eficiente de los equipos biomédicos dentro de las instituciones de salud. Estas herramientas permiten un control preciso sobre el inventario, el monitoreo del estado de los equipos y la planificación de tareas de mantenimiento. Un Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento (CMMS) facilita la recopilación y análisis de datos, optimizando la toma de decisiones y asegurando la disponibilidad continua de los equipos médicos [1].

La implementación de sistemas de información integrados permite a las instituciones sanitarias gestionar de manera efectiva el ciclo de vida de los equipos biomédicos, desde su adquisición hasta su desmantelamiento. Esto asegura que los equipos estén en óptimas condiciones para su uso clínico, garantizando la seguridad del paciente y la eficiencia en la prestación de servicios de salud [17].

#### **Ventajas de la digitalización en el mantenimiento de equipos médicos**

La digitalización en el área de los mantenimientos de equipos médicos ofrece múltiples beneficios:

*V-B1. Eficiencia operativa :* La automatización de procesos permite programar y realizar seguimiento al mantenimiento preventivo y correctivo de manera más efectiva, reduciendo tiempos de inactividad y optimizando el uso de recursos humanos y materiales [18].

*V-B2. Reducción de costos :* Al prevenir fallas inesperadas y prolongar la vida útil de los equipos, se disminuyen los gastos en reparaciones de emergencia y se optimizan las inversiones en tecnología médica [19].

*V-B3. Mejora en la calidad de la atención :* La disponibilidad constante de equipos bien mantenidos asegura diagnósticos más precisos y tratamientos más efectivos, elevando los estándares de calidad en la atención al paciente [20].

*V-B4. Toma de decisiones basadas en datos :* Los sistemas digitalizados proporcionan información en tiempo real sobre el estado de los equipos, facilitando decisiones informadas y oportunas para el mantenimiento y reemplazo de dispositivos [21].

## Internet de las cosas (IoT) aplicado a equipos biomédicos

El IoT permite el monitoreo en tiempo real de equipos biomédicos mediante sensores conectados que recopilan datos sobre su estado y rendimiento. Esta información se transmite a sistemas centralizados, facilitando la detección temprana de anomalías y la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo. Además, el IoT mejora la gestión de activos al proporcionar datos precisos sobre la ubicación y utilización de los equipos, optimizando su disponibilidad y reduciendo pérdidas. En el ámbito de la salud, el IoT ha demostrado mejorar la efectividad de los tratamientos y prevenir situaciones de riesgo, elevando la calidad del servicio y proporcionando soporte para la toma de decisiones [22].

La combinación de IA e IoT en la gestión de equipos biomédicos no solo mejora la eficiencia en la operatividad, sino que también aporta a la seguridad del paciente, garantizando que los equipos funcionen de manera óptima, eficaz y estén disponibles cuando se necesiten.

### V-C. Tecnologías utilizadas

El desarrollo de un sistema de información para la gestión técnica y de mantenimiento de equipos biomédicos requiere el uso de tecnologías robustas y eficientes que permitan crear una solución efectiva y escalable. El sistema se construirá utilizando una combinación de herramientas de backend y frontend, incluyendo XAMPP, MySQL, CodeIgniter, PHP, JavaScript, HTML, y Bootstrap. Estas tecnologías se seleccionaron por su facilidad de integración, su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos, y su adaptabilidad en el desarrollo de aplicaciones web responsivas y seguras.

V-C1. *XAMPP*: Es un paquete de software libre que provee un servidor web multiplataforma, facilitando el desarrollo y pruebas de aplicaciones web de manera local. XAMPP incluye Apache (servidor web), MySQL (base de datos), PHP (lenguaje de programación), y Perl, lo que lo convierte en una solución todo-en-uno para el desarrollo de aplicaciones [23].

### Características de XAMPP

A continuación en la **Tabla II** se muestra las características principales de XAMPP.

Tabla II  
CARACTERÍSTICAS DE XAMPP

Característica	Descripción
Multiplataforma	XAMPP es compatible con Windows, macOS y Linux, lo que permite a los desarrolladores trabajar en cualquier sistema operativo.
Paquete Completo	Incluye Apache, MySQL, PHP y Perl, proporcionando todas las herramientas necesarias para el desarrollo web en un solo paquete.
Fácil Instalación	Ofrece un instalador simplificado que permite configurar el entorno de desarrollo rápidamente, facilitando la puesta en marcha del sistema.
Interfaz de Control	Cuenta con un panel de control que permite gestionar los servicios de Apache y MySQL de manera sencilla.

XAMPP se selecciona para el proyecto debido a su simplicidad en la configuración y su capacidad para simular un entorno de servidor real, lo que permite probar el sistema de manera segura antes de su implementación en un servidor en producción [24].

V-C2. *MySQL*: Es un sistema de gestión de bases de datos relacional (RDBMS) basado en el lenguaje SQL (Structured Query Language). Es ampliamente utilizado en el desarrollo de aplicaciones web debido a su robustez, velocidad y escalabilidad [25].

## Características de MySQL

A continuación en la **Tabla III**, se muestra las características de MySQL

Tabla III  
CARACTERÍSTICAS DE MYSQL

Característica	Descripción
Eficiencia en la Gestión	MySQL permite gestionar grandes volúmenes de datos de manera eficiente, lo que es esencial para manejar la información relacionada con el mantenimiento de equipos biomédicos.
SQL Estandarizado	Soporta SQL estándar, lo que facilita la creación de consultas, manipulación de datos y administración de bases de datos de manera coherente.

La elección de MySQL se debe a su capacidad para manejar datos estructurados de manera eficaz y a su amplia aceptación en la industria, lo que facilita el mantenimiento y escalabilidad del sistema propuesto [26].

*V-C3. CodeIgniter (Framework de PHP):* Es un framework de desarrollo web para PHP que sigue el patrón de arquitectura MVC (Modelo-Vista-Controlador). Es conocido por su rapidez, simplicidad y capacidad para crear aplicaciones web seguras y de alto rendimiento [27].

## Características de CodeIgniter

A continuación en la **Tabla IV**, se presenta las principales características de Codeigniter.

Tabla IV  
CARACTERÍSTICAS DE CODEIGNITER

Característica	Descripción
Patrón MVC	Implementa el patrón de arquitectura MVC, separando la lógica de la aplicación en Modelo, Vista y Controlador, lo que facilita la gestión del código y su mantenimiento.
Ligero y Rápido	CodeIgniter es uno de los frameworks más ligeros para PHP, lo que mejora el rendimiento de las aplicaciones y reduce el tiempo de respuesta del servidor.
Seguridad Integrada	Ofrece características de seguridad como filtrado de entradas y salidas, protección contra CSRF (Cross-Site Request Forgery), y encriptación de datos, lo que mejora la protección del sistema.
Facilidad de Aprendizaje	Su documentación clara y extensa permite a los desarrolladores aprender rápidamente y poner en marcha aplicaciones de manera efectiva.

CodeIgniter se selecciona como framework para el proyecto debido a su enfoque ligero, la implementación de MVC, y su compatibilidad con MySQL y PHP, lo que permite desarrollar una aplicación escalable y mantenible para la gestión de equipos biomédicos.

*V-C4. PHP:* (Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de programación de código abierto diseñado específicamente para el desarrollo de aplicaciones web. Es un lenguaje del lado del servidor que permite a los desarrolladores crear páginas dinámicas que interactúan con bases de datos y manejan grandes volúmenes de datos de manera eficiente.

## Características de PHP

A continuación en la **Tabla V**, se detallan las características de PHP.

PHP se utiliza en este proyecto debido a su capacidad para manejar la lógica del backend y su integración con CodeIgniter, lo que permite el desarrollo rápido y seguro del sistema de gestión de equipos biomédicos.

Tabla V  
CARACTERÍSTICAS DE PHP

Característica	Descripción
Lenguaje del lado del servidor	PHP se ejecuta en el servidor web, generando contenido dinámico que luego se envía al navegador del cliente. Esto permite la generación de páginas web personalizadas en función de las solicitudes de los usuarios.
Integración con Bases de Datos	PHP puede conectarse fácilmente a múltiples bases de datos, incluyendo MySQL, lo que facilita la gestión y manipulación de datos de manera segura y eficaz.
Compatibilidad multiplataforma	PHP es compatible con diversos sistemas operativos como Windows, Linux, y macOS, lo que lo hace muy flexible para el desarrollo web.
Código abierto y comunidad activa	PHP es de código abierto, lo que significa que cuenta con una gran comunidad de desarrolladores que contribuyen a su mejora y mantenimiento.
Seguridad incorporada	PHP ofrece funciones de seguridad integradas, como la encriptación de datos y la protección contra inyecciones SQL y ataques XSS, lo que lo hace seguro para aplicaciones críticas como la gestión de datos médicos.

V-C5. *JavaScript*: Es un lenguaje de programación del lado del cliente utilizado para crear interactividad en las páginas web. Se ejecuta en el navegador del usuario, permitiendo la creación de elementos dinámicos, como formularios interactivos, validaciones, efectos visuales, y actualizaciones de contenido sin recargar la página [28].

### Características de JavaScript

A continuación en la **Tabla VI** se presenta con detalle las principales características de JavaScript.

Tabla VI  
CARACTERÍSTICAS DE JAVASCRIPT

Característica	Descripción
Lenguaje del lado del cliente	JavaScript es ejecutado directamente en el navegador del usuario, permitiendo la creación de experiencias de usuario más rápidas y fluidas sin necesidad de comunicación constante con el servidor.
Interactividad dinámica	JavaScript puede manipular el DOM (Document Object Model) logrando modificar el contenido, el estilo y la estructura de las páginas web en respuesta a las interacciones del usuario.
Compatibilidad con múltiples navegadores	Es compatible con la mayoría de los navegadores web modernos, lo que garantiza una amplia accesibilidad y usabilidad.
Librerías y frameworks populares	JavaScript cuenta con numerosas librerías y frameworks, como jQuery, React, y Angular, que facilitan el desarrollo de interfaces complejas y enriquecen la experiencia del usuario.
AJAX (Asynchronous JavaScript and XML)	Permite realizar solicitudes al servidor de manera asíncrona, actualizando partes específicas de la página web sin recargar completamente, mejorando la eficiencia del sistema.

## VI. MARCO METODOLÓGICO

El desarrollo del sistema de información para la gestión técnica y el mantenimiento de equipos biomédicos se fundamentó en una metodología estructurada que combina investigación bibliográfica, documental y de campo. Este enfoque permitió recopilar y analizar información relevante tanto teórica como práctica, garantizando que el sistema diseñado.

### VI-A. Tipo de investigación

*VI-A1. Investigación bibliográfica y documental:* Se llevó a cabo una investigación bibliográfica exhaustiva para identificar y analizar normativas internacionales, estándares de calidad, y manuales técnicos relevantes para la gestión de equipos biomédicos. Las principales fuentes consultadas incluyeron:

- Normas ISO 9001 e ISO/IEC 80001, que regulan la calidad y la gestión de riesgos en sistemas relacionados con equipos biomédicos.
- Manuales de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) sobre mantenimiento técnico y protocolos operativos.
- Documentos de acreditaciones internacionales, como las directrices de la Joint Commission International (JCI), que aseguran el cumplimiento de estándares globales en instituciones médicas.
- Además, se revisaron acuerdos ministeriales del Ministerio de Salud Pública (MSP) y lineamientos de la Agencia de Aseguramiento de la Calidad de los Servicios de Salud (ACESS) para garantizar que el sistema propuesto cumpla con las regulaciones nacionales aplicables.

### VI-B. Métodos de investigación

En este proyecto se emplearon métodos de investigación cualitativos y cuantitativos para recopilar información relevante que respaldara el diseño y desarrollo del sistema de información para la gestión de equipos biomédicos.

- **Enfoque cuantitativo:** Se realizó mediante encuestas abiertas, que permitieron explorar las percepciones, necesidades y experiencias del personal técnico y administrativo de la empresa médica respecto a la gestión actual del mantenimiento de equipos biomédicos.
- **Enfoque cuantitativo:** Consistió en la aplicación de preguntas estructuradas con escalas de medición (como la escala de Likert) para recolectar datos numéricos sobre aspectos como la frecuencia de fallas en los equipos, tiempos de inactividad, y el nivel de satisfacción con los métodos actuales de gestión.

Estos métodos garantizaron un entendimiento integral del problema, combinando perspectivas subjetivas y datos objetivos que fundamentan las funcionalidades prioritarias del sistema.

### VI-C. Técnicas de investigación

Se utilizó la técnica de encuestas para recolectar información de manera directa y sistemática del personal de la empresa. Estas encuestas se diseñaron para identificar las limitaciones del sistema actual, las expectativas de los usuarios, y las áreas clave que debía cubrir el sistema propuesto.

### VI-D. Instrumentos de investigación

- **Análisis documental:** El análisis documental sirvió como instrumento para poder examinar y evaluar registros y documentos relacionados a la gestión técnica de los equipos biomédicos. Estos documentos incluyeron reportes de mantenimiento, registros de equipos, protocolos operativos y normativas técnicas aplicadas en la empresa médica. Este análisis permitió identificar patrones, carencias y oportunidades de mejora en la gestión

actual, sirviendo como base para el diseño del sistema.

- **Prueba de software:** Como parte del desarrollo iterativo, se realizó una versión preliminar del sistema de información. Esta prueba permitió evaluar funcionalidades básicas, identificar ajustes necesarios y recopilar retroalimentación del personal clave de la empresa.
  - **Aplicación:** Validación de módulos esenciales como la programación de mantenimientos, generación de notificaciones y reportes.
  - **Resultados esperados:** Garantizar que el sistema sea funcional, intuitivo y cumpla con los requerimientos establecidos por los usuarios.

#### VI-E. Población y muestra

La población de este estudio incluyó al personal técnico, administrativo y operativo de varias instituciones del sector de salud, quienes están directamente involucrados en la gestión y mantenimiento de los equipos biomédicos.

##### ■ Muestra

- Se seleccionó una muestra representativa de empleados, asegurando la participación de técnicos de mantenimiento, operadores de equipos y administradores encargados de la gestión técnica.
- La diversidad en la selección garantizó una visión integral de las necesidades y desafíos que enfrenta la empresa, permitiendo un diseño de sistema que atienda a todas las partes interesadas.

#### VI-F. Metodología ágil: desarrollo con Scrum

El desarrollo del sistema de información para la gestión técnica de equipos biomédicos se llevó a cabo utilizando la metodología ágil Scrum. Esta metodología, ampliamente reconocida en el ámbito del desarrollo de software, permitió gestionar el proyecto de manera iterativa e incremental, fomentando la colaboración constante con los usuarios finales y asegurando que el sistema cumpliera con sus necesidades específicas.

*VI-F1. Justificación del uso de Scrum:* La elección de Scrum como metodología de desarrollo se fundamenta en sus características únicas que permiten adaptarse a proyectos con requerimientos cambiantes, como el presente caso. A continuación, se detallan las principales razones que justifican su selección:

- **Adaptabilidad:** Scrum es ideal para proyectos donde los requisitos no están completamente definidos al inicio, permitiendo realizar ajustes en cada iteración (Sprint) según la retroalimentación del cliente.
- **Enfoque incremental:** Permite entregar funcionalidades operativas en cada Sprint, asegurando que el cliente pueda validar avances y proporcionar retroalimentación oportuna.
- **Colaboración y comunicación:** Fomenta la interacción constante entre el equipo de desarrollo y los stakeholders, lo que garantiza un sistema alineado con las necesidades reales de los usuarios.
- **Riesgo reducido:** Al trabajar en ciclos cortos, Scrum permite identificar problemas o ajustes necesarios de manera temprana, reduciendo costos y tiempos de implementación.

#### VI-G. Comparación con otras metodologías

Para resaltar las ventajas de Scrum, a continuación la **Tabla VII**, se presenta un cuadro comparativo con otras metodologías de desarrollo comúnmente utilizadas:

Tabla VII  
COMPARACIÓN ENTRE SCRUM, CASCADA Y KANBAN

Aspecto	Scrum	Cascada (Waterfall)	Kanban
Estructura	Iterativa e incremental	Lineal y secuencial	Flujo continuo
Flexibilidad	Alta, permite cambios durante el proyecto	Baja, los requisitos son fijos al inicio	Alta, pero carece de estructura fija
Retroalimentación	Constante en cada Sprint	Generalmente al final del proyecto	En tiempo real, pero sin ciclos definidos
Entrega de resultados	Funcionalidades entregadas en cada Sprint	Producto final entregado al finalizar	Mejoras entregadas de forma continua
Gestión del equipo	Roles definidos: Scrum Master, Product Owner, Equipo de Desarrollo	Jerárquica	Equipo autogestionado, sin roles definidos
Adecuación al cambio	Alta, ajusta requisitos en cada iteración	Baja, cambios son costosos	Alta, pero puede perder enfoque en proyectos complejos

VI-G1. *Aplicación de Scrum en el proyecto:* El desarrollo del sistema de información para la gestión técnica y mantenimiento de equipos biomédicos se realizó siguiendo el marco ágil Scrum, implementado para gestionar proyectos de manera iterativa e incremental, promoviendo la colaboración continua con los stakeholders y la adaptabilidad a cambios en los requerimientos.

### Historia de Usuario (HU)

Las historias de usuario representan las necesidades y requisitos específicos del usuario en un lenguaje sencillo. En este proyecto, cada HU describe una funcionalidad del sistema desde la perspectiva del usuario final, estructurada de la siguiente manera:

- **Formato:** “Como [rol de usuario], quiero [objetivo] para [beneficio esperado]”.
- **Ejemplo:** “Como técnico de mantenimiento, quiero recibir notificaciones automáticas sobre tareas pendientes para garantizar el cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo”.

Las historias de usuario fueron priorizadas y desglosadas en tareas específicas para ser abordadas durante los Sprints.

### Product Backlog

El Product Backlog es una lista dinámica y priorizada que contiene todas las historias de usuario, requisitos y mejoras necesarias para el sistema. Este artefacto sirve como una hoja de ruta del proyecto y se actualiza constantemente según las necesidades del cliente.

#### ▪ Ejemplo de Ítems en el Product Backlog

- Desarrollo del módulo de programación de mantenimientos.
- Implementación de notificaciones automáticas.
- Generación de reportes técnicos en formato PDF.

El Product Owner fue responsable de gestionar el Product Backlog, asegurando que reflejara las prioridades del cliente.

## Sprint Planning

El Sprint Planning es el evento en el que el grupo desarrollador define y acuerda qué historias de usuario se abordarán durante un Sprint. Durante esta reunión, el equipo colabora para descomponer las historias de usuario escogidas en tareas específicas y estimar los recursos necesarios para completarlas.

- **Objetivo:** Planificar un incremento funcional del producto que pueda entregarse al finalizar el Sprint.
- **Duración:** Dos horas al inicio de cada Sprint.
- **Resultado:** Un Sprint Backlog claramente definido.

## Sprint Backlog

El Sprint Backlog es el conjunto de tareas y actividades derivadas del Product Backlog que el equipo se compromete a cumplir durante el Sprint. Incluye:

- Historias de usuario escogidas para realizar el Sprint.
- Subtareas técnicas para cumplir con cada historia de usuario.
- Estimaciones de tiempo para cada tarea.

El equipo monitorea el progreso del Sprint Backlog mediante un tablero visual (como un Kanban), asegurando que las tareas se completen según lo planificado.

## Método de priorización mediante MoSCoW

Para priorizar las historias de usuario y garantizar que se aborden las funcionalidades más importantes, se utilizó el método MoSCoW, que clasifica los requisitos en cuatro categorías:

- **M (Must have):** Funcionalidades esenciales, sin las cuales el sistema no puede operar.
- **S (Should have):** Funcionalidades importantes, pero no críticas.
- **C (Could have):** Funcionalidades deseables que se implementarán si el tiempo lo permite.
- **W (Won't have):** Funcionalidades que no se incluirán en la versión actual, pero podrían desarrollarse en el futuro.

Este método ayudó a optimizar los recursos y a garantizar que las funcionalidades prioritarias estuvieran disponibles en los primeros incrementos del producto.

## Incremento del producto

El incremento del producto es el resultado tangible de cada Sprint, que incluye las funcionalidades completadas y listas para ser entregadas al usuario. Cada incremento fue evaluado para asegurar que cumpliera con los criterios de aceptación definidos en las historias de usuario.

## Sprint

Un Sprint es un ciclo de trabajo definido en Scrum con una duración específica, en este caso de dos semanas. Durante cada Sprint, el equipo se enfoca en entregar un incremento funcional del producto que cumpla con los requisitos acordados en el Sprint Planning.

- Eventos clave en el Sprint
  - **Daily Standup:** Sesiones diarias para revisar el progreso y discutir impedimentos.
  - **Sprint Review:** Presentación del incremento al público dirigido para recibir retroalimentación.

- **Sprint Retrospective:** Etapa donde se evalúa el Sprint para identificar áreas de mejora en el equipo y en los procesos.

**Pruebas** Las pruebas se realizaron como parte integral del desarrollo iterativo en cada Sprint. Incluyeron:

- **Pruebas unitarias:** Validación de componentes individuales dentro del sistema.
- **Pruebas de integración:** Verificación del funcionamiento conjunto de los módulos desarrollados.
- **Pruebas de para los usuario:** Evaluación del sistema por parte de los usuarios finales para garantizar que cumple con sus expectativas y necesidades.

Estas pruebas aseguraron que cada incremento entregado fuera funcional, seguro y alineado con los requisitos definidos.

## VII. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto, organizados según los diferentes métodos y enfoques aplicados. Estos resultados son el reflejo del proceso de investigación y desarrollo llevado a cabo, y permiten evaluar el cumplimiento de los objetivos planteados.

El análisis de los datos recopilados, combinado con el seguimiento riguroso de la metodología de desarrollo Scrum, permitió generar un sistema funcional y adaptado a las necesidades específicas de la empresa médica. Además, los resultados de las entrevistas brindaron una visión integral sobre las expectativas y requerimientos del personal, fundamentales para priorizar funcionalidades clave del sistema.

### VII-A. Resultados de las entrevistas

Las entrevistas realizadas al personal técnico y administrativo de la empresa médica proporcionaron información detallada sobre las necesidades, problemas actuales y expectativas relacionadas con la gestión de equipos biomédicos. Estas entrevistas, estructuradas en preguntas abiertas y cerradas, permitieron identificar patrones y prioridades que guiaron el diseño y desarrollo del sistema.

**Pregunta 1:** ¿Existe un programa de mantenimiento preventivo en marcha para todos los dispositivos médicos, equipo médico y tecnología médica? [29]

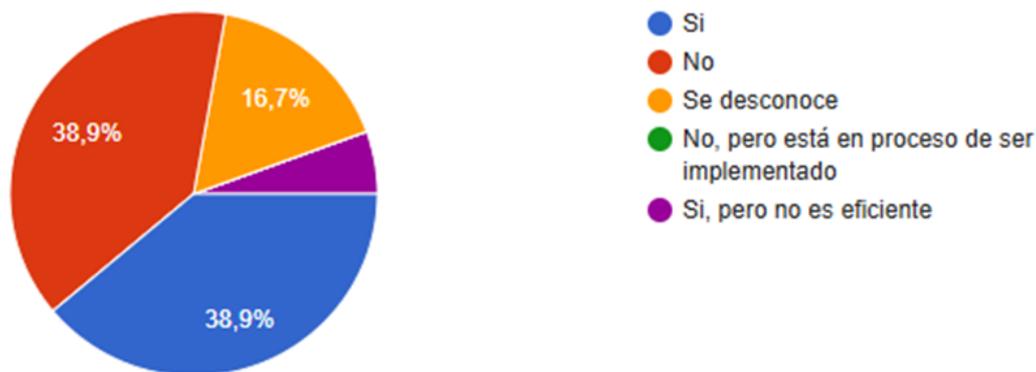


Figura 1. Tabulación pregunta 1

Tabla VIII  
RESUMEN RESULTADO PREGUNTA 1

Respuestas	Cantidad	Porcentaje
Sí	7	38,9 %
No	7	38,9 %
Se desconoce	3	16,7 %
No, pero está en proceso de ser implementado	-	-
Sí, pero no es eficiente	1	5,6 %
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>100 %</b>

### Interpretación

Los resultados muestran que el 38,9% del personal entrevistado indica que si tienen un programa de mantenimiento preventivo existe en marcha para los dispositivos médicos, mientras que un porcentaje igual (38,9%) señala

que no hay un programa implementado. Un 16,7 % desconoce si dicho programa existe, reflejando una posible falta de comunicación o claridad en la gestión. Además, el 5,6 % considera que el programa existente no es eficiente, lo que evidencia áreas de mejora en su implementación. Estos datos resaltan la necesidad de establecer un sistema centralizado y eficiente para la gestión del mantenimiento preventivo en la empresa.

**Pregunta 2:** ¿Existen informes de mantenimiento preventivo documentados? [29]

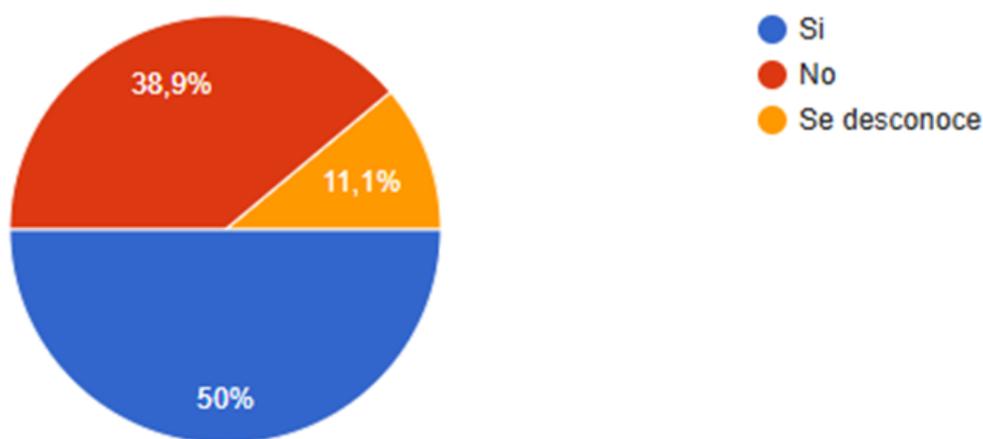


Figura 2. Tabulación pregunta 2

Tabla IX  
RESUMEN RESULTADOS PREGUNTA 2

Respuestas	Cantidad	Porcentaje
Sí	9	50 %
No	7	38,9 %
Se desconoce	2	11,1 %
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>100 %</b>

### Interpretación

El 50 % de los encuestados confirma que existen informes de mantenimiento preventivo documentados, lo que indica un esfuerzo por registrar las actividades realizadas. Sin embargo, el 38,9 % señala que no se llevan registros, evidenciando una falta de estandarización en los procesos de documentación. Además, el 11,1 % desconoce si dichos informes existen, reflejando una posible falta de comunicación interna o acceso limitado a esta información. Estos resultados subrayan la necesidad de un sistema centralizado que garantice la documentación y accesibilidad de los informes de mantenimiento.

**Pregunta 3:** ¿Los líderes de la organización cuentan con un proceso para evaluar la efectividad del programa de mantenimiento preventivo? [29]

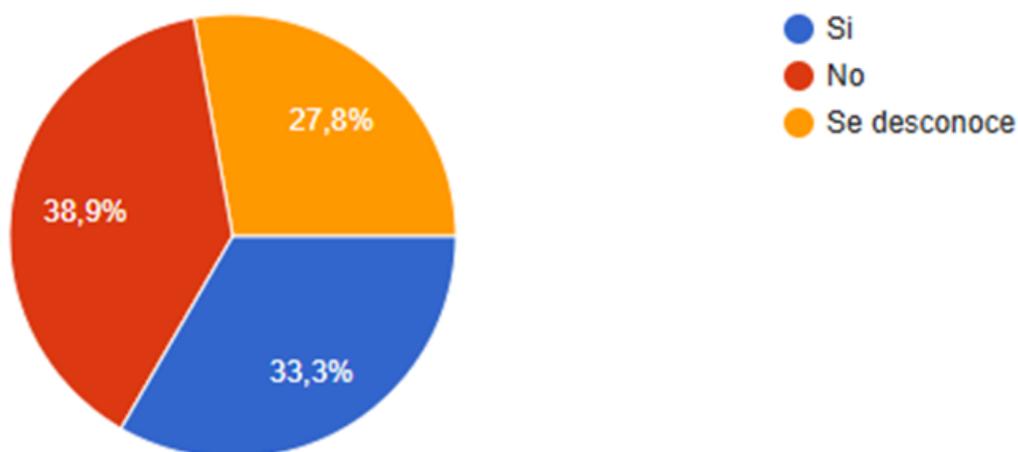


Figura 3. Tabulación pregunta 3

Tabla X  
RESUMEN RESULTADOS PREGUNTA 3

Respuestas	Cantidad	Porcentaje
Sí	6	33,3 %
No	7	38,9 %
Se desconoce	5	27,8 %
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>100 %</b>

### Interpretación

Los resultados muestran que solo el 33,3 % de los encuestados afirma que los administradores o encargados de la organizaciones relacionadas a la salud cuentan con un proceso para evaluar la efectividad del programa de mantenimiento preventivo. Por otro lado, el 38,9 % señala que no existe un proceso definido, lo que evidencia una carencia importante en la supervisión y medición del impacto de las actividades de mantenimiento. Además, el 27,8 % desconoce si se lleva a cabo esta evaluación, lo que podría indicar una falta de comunicación interna sobre los procesos existentes. Estos resultados resaltan la importancia de establecer un sistema estructurado y transparente para evaluar la eficiencia de mantenimientos preventivos.

**Pregunta 4:** ¿Está documentado el seguimiento relacionado con la investigación de los incidentes y los problemas relacionados con equipos biomédicos? [29]

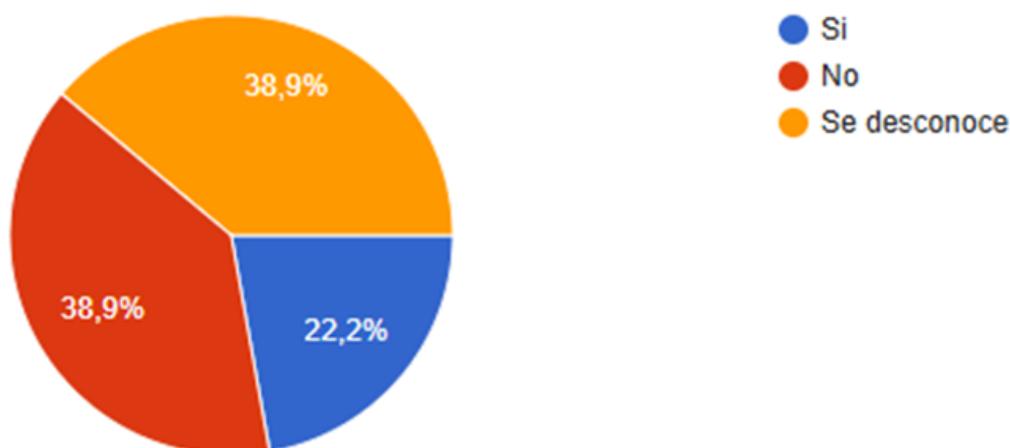


Figura 4. Tabulación pregunta 4

Tabla XI  
RESUMEN RESULTADOS PREGUNTA 4

Respuestas	Cantidad	Porcentaje
Sí	4	22,2 %
No	7	38,9 %
Se desconoce	7	38,9 %
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>100 %</b>

### Interpretación

Los resultados muestran que solo el 22,2 % de los encuestados indica que si se tiene documentado el seguimiento relacionado con la investigación de incidentes con equipos biomédicos. Por otro lado, el 38,9 % afirma que no existe dicha documentación, y un porcentaje igual (38,9 %) desconoce si este seguimiento se lleva a cabo. Esto refleja una falta de estandarización y transparencia en el manejo de incidentes, lo que dificulta la identificación de causas reiteradas y la implementación de soluciones efectivas. La implementación de un sistema centralizado podría mejorar la trazabilidad y la gestión de estos problemas.

**Pregunta 5:** ¿Usted cree que tener en óptimas condiciones un equipo biomédico está directamente relacionado a una buena gestión técnica? [29]

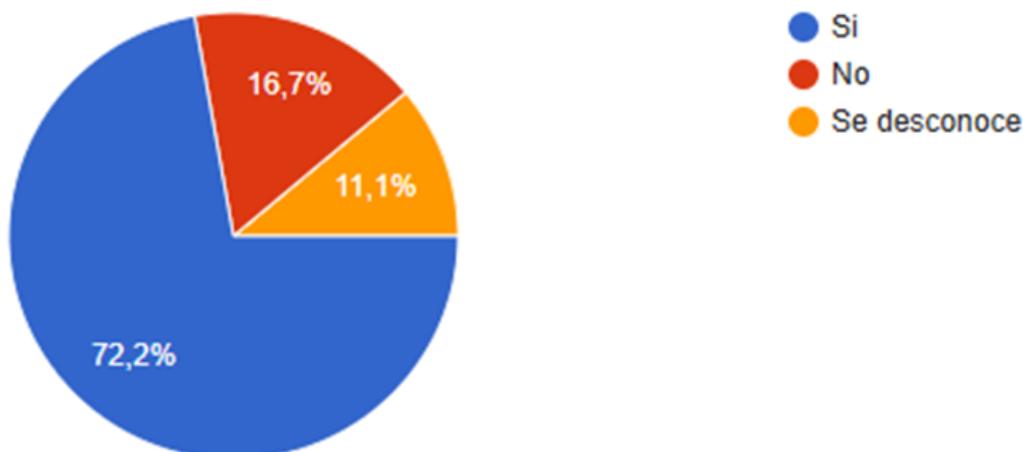


Figura 5. Tabulación pregunta 5

Tabla XII  
RESUMEN RESULTADOS PREGUNTA 5

Respuestas	Cantidad	Porcentaje
Sí	13	72,2 %
No	3	16,7 %
Se desconoce	2	11,1 %
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>100 %</b>

### Interpretación

Los resultados reflejan que el 72,2 % de los encuestados considera que tener un equipo biomédico en óptimas condiciones está directamente relacionado con una buena gestión técnica. Sin embargo, el 16,7 % no lo percibe así, mientras que el 11,1 % desconoce esta relación. Estos datos subrayan la importancia de implementar prácticas sólidas de gestión técnica y mantenimiento para garantizar la operatividad y seguridad de los equipos biomédicos. La percepción positiva mayoritaria refuerza la necesidad de un sistema que facilite una gestión técnica eficiente y estructurada.

### VII-B. Desarrollo con metodología Scrum

En el desarrollo del sistema de información para la gestión técnica y mantenimiento de equipos biomédicos, se utilizó la metodología ágil Scrum. Este marco metodológico permitió estructurar el proyecto de manera iterativa e incremental, asegurando la entrega de resultados funcionales y alineados con los requisitos y expectativas de los usuarios finales. Además, Scrum fomentó la colaboración constante entre el equipo de desarrollo y los stakeholders, lo que garantizó la flexibilidad necesaria para ajustar el producto a los cambios en las necesidades del cliente.

*VII-B1. Justificación del uso de Scrum:* Scrum fue seleccionado como la metodología de desarrollo debido a su capacidad para manejar proyectos dinámicos, donde los requisitos pueden evolucionar a medida que el proyecto avanza. En comparación con metodologías tradicionales como el modelo en cascada, Scrum ofrece una estructura

más flexible y adaptable, lo cual es crítico en proyectos de software como este, donde las funcionalidades requeridas están influenciadas por las operaciones del usuario final.

### Las principales razones para elegir Scrum son:

- **Adaptabilidad a requisitos cambiantes:** Scrum permite que los requisitos sean redefinidos en cada iteración (Sprint), asegurando que el producto final refleje las necesidades actuales del cliente.
- **Entrega de incrementos funcionales:** En cada Sprint, se entrega un incremento del producto con funcionalidades completas, lo que permite realizar pruebas tempranas y obtener retroalimentación continua.
- **Enfoque colaborativo:** Scrum fomenta la comunicación entre el equipo de desarrolladores y los stakeholders a través de reuniones frecuentes como los Daily Standups, revisiones de Sprint y retrospectivas.
- **Gestión eficiente del proyecto:** El uso de artefactos como el Product Backlog y el Sprint Backlog garantiza una organización clara de las tareas y una priorización efectiva basada en el método MoSCoW.

*VII-B2. Identificación de requisitos:* A partir del análisis de los resultados de las encuestas realizadas al personal técnico y administrativo de la empresa médica, se pudieron definir los requisitos funcionales y no funcionales del sistema. Estos requisitos representan las necesidades específicas del usuario final y los estándares técnicos necesarios para garantizar la calidad y el rendimiento del sistema.

### Requisitos funcionales

Los requisitos funcionales se enfocan en las funcionalidades específicas que debe cumplir el sistema para satisfacer las necesidades de los usuarios. Entre ellos se destacan:

Tabla XIII  
REQUISITOS FUNCIONALES DEL SISTEMA

ID	Descripción de los requisitos funcionales
RF-01	El sistema permitirá la gestión de usuarios con roles específicos, como administrador, técnico.
RF-02	Los usuarios deben poder autenticarse mediante un sistema de inicio de sesión con correo electrónico y contraseña.
RF-03	El sistema debe gestionar la información básica de los equipos, incluyendo datos como nombre, marca, modelo y prioridad.
RF-04	Los usuarios deben poder adjuntar documentos relevantes relacionados con los equipos para consulta futura.
RF-05	El sistema debe permitir el registro y gestión de mantenimientos en dos formatos: único y periódico, con estados como pendiente, en progreso y finalizado.
RF-06	Se debe permitir la planificación y gestión de cronogramas de mantenimientos periódicos, con seguimiento de fechas clave.
RF-07	Los usuarios deben poder registrar detalles de fallas detectadas y las medidas aplicadas durante los mantenimientos.
RF-08	El sistema debe generar reportes gráficos interactivos para visualizar información como estado de equipos y mantenimientos.
RF-09	Los reportes deben incluir gráficos de pastel y tablas de datos, con filtros de rango de fechas aplicables.
RF-10	Los usuarios deben poder registrar comentarios sobre los mantenimientos realizados, sin posibilidad de edición posterior.
RF-11	Se debe permitir consultar el estado general de los equipos, indicando si tienen mantenimientos realizados o pendientes.
RF-12	El sistema debe notificar sobre plazos de mantenimiento y cambios en el estado de los mismos.

## Requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales garantizan que el sistema cumpla con estándares técnicos y de rendimiento, como seguridad, escalabilidad y usabilidad. Entre ellos se incluyen:

Tabla XIV  
REQUISITOS NO FUNCIONALES DEL SISTEMA

ID	Descripción de los requisitos no funcionales
RNF-01	El sistema debe ser accesible desde navegadores modernos y contar con un diseño responsivo para adaptarse a diferentes dispositivos.
RNF-02	Los datos deben almacenarse en una base de datos relacional que garantice integridad y consistencia.
RNF-03	El tiempo de respuesta del sistema no debe superar los 2 segundos en operaciones comunes.
RNF-04	Las operaciones de lectura y escritura deben ser transaccionales para prevenir inconsistencias.
RNF-05	El sistema debe implementar protocolos de seguridad como hashing de contraseñas y validación de datos para evitar vulnerabilidades.
RNF-06	Se deben registrar logs de errores para facilitar la depuración y el mantenimiento del sistema.
RNF-07	El sistema debe soportar al menos 50 usuarios concurrentes sin afectación significativa al rendimiento.
RNF-08	La implementación debe ser compatible con tecnologías modernas, asegurando un entorno de desarrollo y producción actualizado.

### VII-C. Planificación del proyecto

La planificación del proyecto permitió organizar y estructurar los requisitos funcionales y no funcionales en elementos accionables, facilitando su desarrollo mediante la metodología Scrum. Este proceso inició con la definición del Product Backlog, donde se transformaron los requisitos en elementos concretos, y continuó con la creación de historias de usuario para representar las necesidades del cliente.

*VII-C1. Definición del Product Backlog:* El Product Backlog es el principal artefacto de planificación en Scrum y consiste en una lista en donde se priorizada de todas las funcionalidades que se deben implementar en el sistema. A partir de los requisitos funcionales y no funcionales, se definieron los siguientes elementos del Backlog:

Tabla XV  
ELEMENTOS DEL BACKLOG Y SUS DESCRIPCIONES

ID	Elemento del Backlog	Descripción	Requisito Relacionado
PB-01	Implementar sistema de inicio de sesión	Crear un formulario de autenticación para usuarios, con validación de credenciales y recuperación de contraseñas.	RF-02, RNF-05
PB-02	Gestión de usuarios con roles específicos	Permitir al administrador registrar usuarios y asignar roles como técnico o administrador.	RF-01
PB-03	Registro de equipos biomédicos	Diseñar un módulo para registrar datos básicos de los equipos, incluyendo nombre, marca, modelo, prioridad y estado.	RF-03
PB-04	Notificaciones automáticas	Configurar alertas que notifiquen sobre mantenimientos pendientes y cambios de estado de los equipos.	RF-12
PB-05	Generación de reportes gráficos	Implementar gráficos interactivos que muestren estadísticas de mantenimientos, incluyendo gráficos de pastel y barras, con filtros por rango de fechas.	RF-08, RF-09

VII-C2. *Historias de usuario derivadas de los requisitos:* A partir de los elementos del Product Backlog, se redactaron historias de usuario que describen las funcionalidades desde la perspectiva del usuario final. Las historias se redactaron en un formato estándar, asegurando que fueran comprensibles y accionables.

**Formato Utilizado:**

“Como [rol de usuario], quiero [acción específica] para [lograr un beneficio].”

Tabla XVI  
HISTORIAS DE USUARIO Y REQUISITOS RELACIONADOS

ID Historia	Historia de Usuario	Requisito Relacionado
HU-01	Como administrador, quiero registrar usuarios con roles específicos para controlar el acceso al sistema.	RF-01
HU-02	Como técnico, quiero registrar los mantenimientos realizados para llevar un historial detallado de los equipos.	RF-05
HU-03	Como usuario, quiero recibir notificaciones sobre tareas pendientes para asegurar el cumplimiento de los plazos.	RF-12
HU-04	Como administrador, quiero generar reportes gráficos con estadísticas clave para analizar el rendimiento del mantenimiento.	RF-08, RF-09
HU-05	Como técnico, quiero registrar fallas detectadas y medidas aplicadas durante el mantenimiento para mejorar la trazabilidad.	RF-07

VII-C3. *Priorización de requisitos (Método MoSCoW):* La priorización de los requisitos funcionales y no funcionales se realizó utilizando el método MoSCoW, una técnica ampliamente utilizada en el manejo de proyectos ágiles donde hay que determinar la importancia relativa de cada funcionalidad. Este método clasifica los requisitos en cuatro categorías:

**Proceso de Priorización**

- **Identificación de funcionalidades críticas:** A partir de los resultados de las encuestas y las entrevistas, se identificaron las necesidades más relevantes para los usuarios finales. Estas funcionalidades se categorizaron inicialmente como "Must have." "Should have".
- **Evaluación de impacto y factibilidad:** Cada requisito fue evaluado en términos de su impacto en la operación del sistema y su viabilidad técnica dentro del alcance del proyecto.
- **Asignación de categorías:** Basado en el análisis anterior, los requisitos funcionales y no funcionales fueron clasificados utilizando el método MoSCoW.

VII-C4. *Planificación del Sprint inicial:* El Sprint inicial tuvo una duración de dos semanas y se planificó con el objetivo de entregar un primer incremento funcional del sistema, enfocado en las funcionalidades más críticas. Basándose en la priorización realizada mediante el método MoSCoW, se seleccionaron historias de usuario esenciales del Product Backlog para ser desarrolladas en este Sprint. Estas historias se desglosaron en tareas técnicas concretas para facilitar su implementación.

**Historias de usuario seleccionadas**

Las historias de usuario seleccionadas para el Sprint inicial se centraron en garantizar la seguridad del acceso al sistema y la gestión básica de los equipos biomédicos.

Tabla XVII  
CLASIFICACIÓN MOSCOW DE LOS REQUISITOS FUNCIONALES

ID	Requisito	Prioridad	Justificación
RF-01	El sistema debe permitir la gestión de usuarios con roles específicos.	Must have	Fundamental para garantizar la seguridad y control del sistema.
RF-02	Los usuarios deben poder autenticarse mediante un sistema de inicio de sesión.	Must have	Necesario para el acceso seguro y personalizado.
RF-03	El sistema debe gestionar la información básica de los equipos.	Must have	Esencial para centralizar los datos de los equipos biomédicos.
RF-12	El sistema debe notificar sobre plazos de mantenimiento.	Must have	Crítico para asegurar el cumplimiento de los mantenimientos en tiempo.
RF-08	El sistema debe generar reportes gráficos interactivos.	Should have	Mejora el análisis de datos, pero no es crítico en la primera fase.
RF-09	Los reportes deben incluir gráficos de pastel y tablas con filtros.	Should have	Importante para la presentación de datos, pero no afecta el funcionamiento básico.
RF-10	Los usuarios deben poder registrar comentarios sobre mantenimientos.	Could have	Deseable para la trazabilidad, pero no es esencial para la operatividad inicial.

Tabla XVIII  
CLASIFICACIÓN MOSCOW DE REQUISITOS NO FUNCIONALES

ID	Requisito	Prioridad	Justificación
RNF-01	El sistema debe ser accesible desde navegadores modernos.	Must have	Garantiza la compatibilidad con diversos dispositivos.
RNF-02	Los datos deben almacenarse en una base de datos relacional.	Must have	Esencial para la integridad y consistencia de la información.
RNF-05	El sistema debe implementar protocolos de seguridad como hashing de contraseñas.	Must have	Fundamental para proteger los datos de los usuarios.
RNF-03	El tiempo de respuesta del sistema no debe superar los 2 segundos.	Should have	Asegura una experiencia de usuario óptima, pero no es crítico en la primera versión.
RNF-07	El sistema debe soportar al menos 50 usuarios concurrentes.	Could have	Importante para escalabilidad futura, pero no esencial en la fase inicial.

Tabla XIX  
HISTORIAS DE USUARIO Y SUS OBJETIVOS

ID Historia	Historia de Usuario	Objetivo
HU-01	Como administrador, quiero registrar usuarios con roles específicos para controlar el acceso al sistema.	Garantizar la seguridad y el control del acceso.
HU-02	Como usuario, me interesa iniciar sesión en el sistema con mi correo electrónico y una contraseña.	Permitir un acceso personalizado al sistema.
HU-03	Como técnico, quiero registrar equipos biomédicos con información detallada.	Asegurar la correcta gestión de los equipos biomédicos.

### Tareas escogidas para el Sprint

Las tareas específicas para cada historia de usuario se planificaron detalladamente, asignándolas a los responsables correspondientes, con estimaciones de tiempo.

### Planificación de actividades

Para asegurar el progreso eficiente del Sprint, las actividades se organizaron en etapas:

Tabla XX  
TAREAS, DURACIÓN ESTIMADA Y RESPONSABLES POR HISTORIA DE USUARIO

Historia Relacionada	Tarea	Duración Estimada	Responsable
HU-01	Diseñar formulario de registro de usuarios	4 horas	Diseñador Frontend
HU-01	Implementar lógica de backend para roles	6 horas	Desarrollador Backend
HU-01	Configurar base de datos para usuarios y roles	3 horas	Especialista en BD
HU-02	Diseñar interfaz de inicio de sesión	3 horas	Diseñador Frontend
HU-02	Implementar validaciones de credenciales	4 horas	Desarrollador Backend
HU-02	Desarrollar lógica de autenticación con hashing	5 horas	Desarrollador Backend
HU-03	Diseñar formulario de registro de equipos	5 horas	Diseñador Frontend
HU-03	Configurar base de datos para equipos biomédicos	4 horas	Especialista en BD

Tabla XXI  
ETAPAS DEL PROYECTO Y DURACIÓN TOTAL

Etapa	Descripción	Duración Total
Diseño de Interfaces	Creación de formularios para registro de usuarios, inicio de sesión y registro de equipos.	12 horas
Implementación de Lógica	Desarrollo de funcionalidades backend para roles, autenticación y registro de datos.	15 horas
Configuración de Base de Datos	Diseño de tablas y configuración para usuarios y equipos biomédicos.	7 horas
Pruebas Iniciales	Validación de funcionalidades implementadas con datos simulados.	6 horas

### Criterios de Éxito

El éxito del Sprint inicial se definió mediante los siguientes criterios:

- Los administradores deben poder registrar usuarios y asignar roles específicos.
- Los usuarios deben autenticarse de manera segura.
- Los técnicos deben registrar equipos biomédicos con los datos requeridos.

*VII-C5. Desarrollo del sistema:* El desarrollo del sistema de información para la gestión técnica y mantenimiento de equipos biomédicos se realizó de manera iterativa, siguiendo la metodología ágil Scrum. En cada Sprint, se implementaron funcionalidades específicas que fueron priorizadas en el Product Backlog. El enfoque ágil permitió ajustar el desarrollo a las necesidades reales de los usuarios mediante la retroalimentación constante y la validación progresiva de los módulos implementados.

### Diagrama de flujo del sistema

Para garantizar una gestión eficiente del mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos biomédicos, se diseñó un flujo de procesos que permite visualizar la secuencia de acciones dentro del sistema. Este diagrama de flujo representa la interacción del usuario con las distintas funcionalidades del sistema, incluyendo el inicio de sesión, el registro de equipos, la programación de mantenimientos, la generación de reportes y el envío de notificaciones automáticas.

El flujo del sistema está diseñado para ser intuitivo y optimizado, asegurando que cada operación siga una lógica clara y estructurada. En el siguiente diagrama se puede observar la secuencia de actividades desde el acceso al sistema hasta el procesamiento de cada funcionalidad principal.

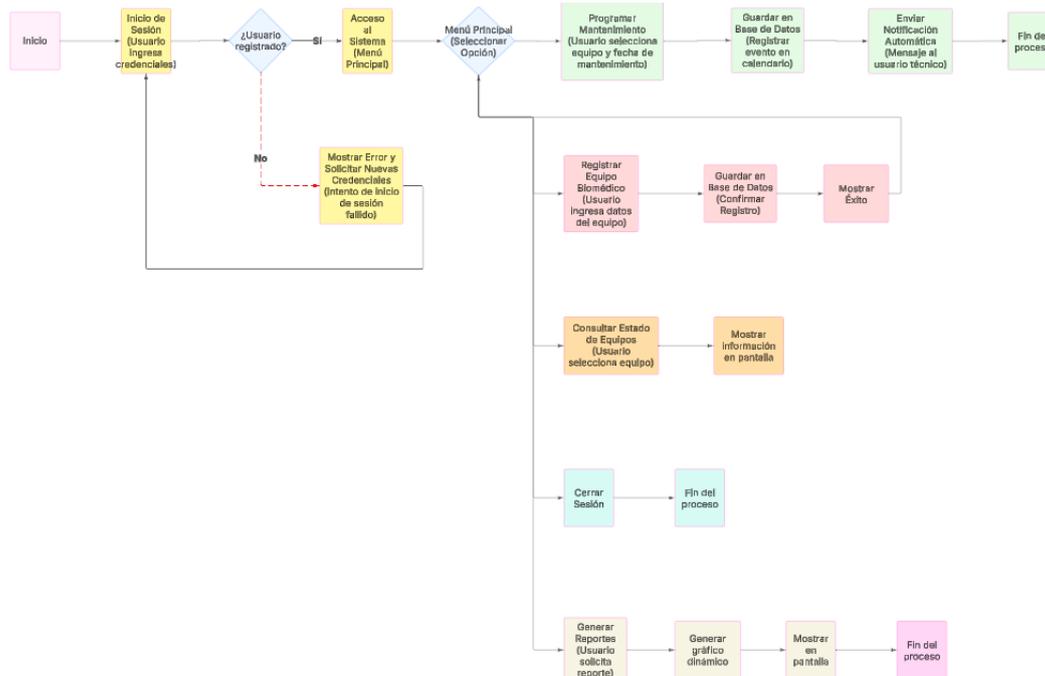


Figura 6. Diagrama flujo del sistema

## Gestión de usuarios y roles

La funcionalidad de gestión de usuarios y roles fue una de las primeras en desarrollarse, ya que establecía los permisos de acceso dentro del sistema. Se diseñó una estructura de base de datos con las siguientes tablas:

Tabla XXII  
ESTRUCTURA DE TABLAS EN LA BASE DE DATOS

Tabla	Campos	Descripción
usuarios	(id-usuario), (nombre), (correo), (contraseña), (id-rol)	Almacena los datos de cada usuario registrado.
roles	(id-rol), (nombre-rol)	Define los tipos de roles disponibles (Administrador, Técnico).

## El desarrollo incluyó las siguientes etapas

- **Interfaz de usuario:** Creación de formularios para el registro, edición y eliminación de usuarios.
- **Backend:** Desarrollo de lógica en CodeIgniter para gestionar el acceso según los roles asignados.

## Sistemas de autenticación

El sistema de autenticación garantiza que solo los usuarios autorizados puedan acceder. Se implementó con inicio de sesión mediante correo y contraseña encriptada.

### Flujo de trabajo

- **Ingreso de credenciales:** El usuario introduce su correo y contraseña en la interfaz de inicio de sesión.
- **Verificación en base de datos:** Se busca el correo y se valida la contraseña con el algoritmo bcrypt.

- **Inicio de sesión seguro:** Si las credenciales son correctas, se inicia sesión y se almacena la sesión en PHP.

### Registro de Equipos Biomédicos

El módulo de gestión de equipos permite registrar los dispositivos biomédicos con información detallada. Se desarrolló con una interfaz intuitiva y validaciones en tiempo real.

Tabla XXIII  
ESTRUCTURA DE LA BASE DE DATOS PARA EQUIPOS

<b>Campo</b>	<b>Descripción</b>
id-equipo	Identificador único del equipo.
nombre	Nombre del equipo.
marca	Marca del equipo.
modelo	Modelo del equipo.
prioridad	Nivel de importancia del equipo.
estado	Estado actual (operativo, en mantenimiento).

*VII-C6. Pruebas del sistema:* La validación del sistema es una etapa de suma importancia en el desarrollo de software, ya que permite asegurar que todas las funcionalidades implementadas trabajen correctamente y cumplan con los requisitos establecidos. Para garantizar la calidad del sistema de información para la gestión técnica y mantenimiento de equipos biomédicos, se llevaron a cabo pruebas estructuradas en dos enfoques principales: pruebas de caja blanca y pruebas de caja negra.

#### Pruebas de caja blanca

Las pruebas de caja blanca consisten en la verificación detallada de la lógica dentro del sistema, incluyendo el flujo de ejecución del código, las condiciones lógicas y el manejo de datos en la base de datos. Estas pruebas se aplicaron para garantizar que cada módulo funcionara correctamente a nivel de código y que los procesos internos fueran óptimos y eficientes.

#### Autenticación y control de acceso

##### Objetivo

Verificar que el sistema rechace intentos de autenticación con credenciales incorrectas y muestre mensajes de error apropiados, sin revelar información sensible.

##### Escenario de prueba

1. Un usuario accede al sistema y se le presenta un formulario donde debe ingresar su correo electrónico y contraseña.

Iniciar Sesión

Email

jose.perez@gmail.com

Contraseña

••••

Iniciar Sesión

Figura 7. Inicio de Sesión

2. Si las credenciales ingresadas son incorrectas, el sistema debe mostrar un mensaje de error sin revelar información específica sobre la cuenta..

Iniciar Sesión

Usuario o Contraseña incorrecta

Email

Contraseña

Figura 8. Credenciales incorrectas

3. Si las credenciales son correctas, el usuario debe ser redirigido al panel correspondiente.

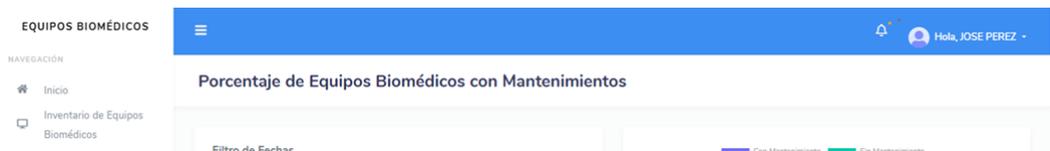


Figura 9. Credenciales correctas inicia sesión

### Criterios de éxito

- El sistema debe rechazar accesos no autorizados mostrando un mensaje como “Usuario o Contraseña incorrectos”.
- No debe proporcionar detalles como “Usuario no encontrado”, o “Contraseña incorrecta”, para evitar filtraciones de información.
- Intentos con campos vacíos deben ser detectados y rechazados con un mensaje de advertencia.

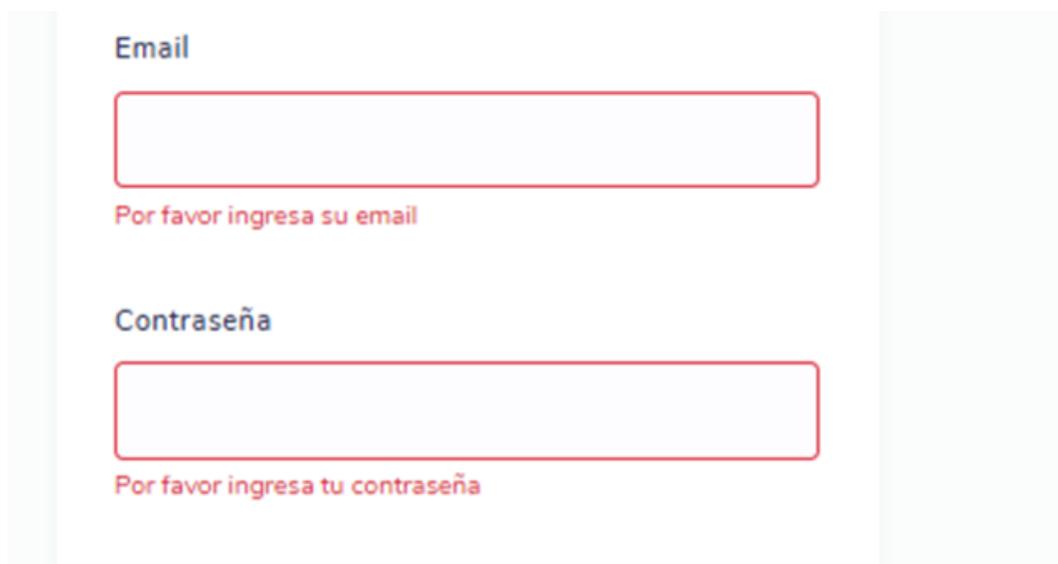


Figura 10. Credenciales incorrectas

### Creación de mantenimiento único

#### Objetivo

Verificar que el sistema permita la creación de un mantenimiento único con datos válidos y rechace entradas incorrectas o incompletas, mostrando mensajes de validación adecuados.

#### Escenario de prueba

1. Un usuario con permisos de administrador accede al módulo de mantenimiento y selecciona la opción para crear un nuevo mantenimiento.

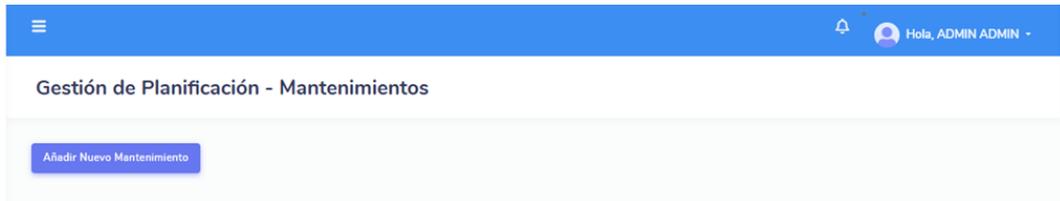


Figura 11. Gestión de mantenimiento

2. Selecciona el formato “Único”.



Figura 12. Selección de formato

3. El usuario ingresa todos los datos requeridos, como:

- Selección de equipo biomédico.
- Asignación de técnico responsable.
- Fecha de inicio del mantenimiento.
- Tipo de mantenimiento (preventivo, correctivo o emergencia).

Equipo  
Monitor de Signos Vitales

Usuario para Asignar Mantenimiento  
JOSE PEREZ

Tipo de Mantenimiento  
Preventivo

Formato  
Único

¿Bajo Contrato?  
NO

Proveedor del Servicio  
Técnico Interno

Fecha de Inicio  
29/01/2025

Fecha de Límite (opcional)  
31/01/2025  
Este campo es opcional, puede dejarlo vacío si no aplica una fecha límite.

Notas  
CAMBIAR PANTALLA

Figura 13. Ingreso de información en campos correspondientes

Si la operación es exitosa, el mantenimiento debe aparecer en la lista de mantenimientos con su estado inicial como “Pendiente”[Fig 13].

ID	Equipo	Usuario Asignado	Tipo	Fecha Inicio	Fecha Límite	Estado	Fecha Modificación	Detalles	Acciones
10	Monitor de Signos Vitales	JOSE PEREZ	PREVENTIVO	2025-01-29	2025-01-31	PENDIENTE	NINGUNA	<a href="#">Ver</a>	<a href="#">Opciones</a>

Figura 14. Listado de mantenimientos únicos

#### 4. Criterios de éxito

Si algún campo obligatorio está vacío o contiene datos inválidos, el sistema debe mostrar un mensaje de error adecuado.

Correctivo

¿Bajo Contrato? NO

Fecha de Inicio: dd/mm/aaaa

Único

Proveedor del Servicio: Técnico Interno

Fecha de Límite (opcional): dd/mm/aaaa

Este campo es opcional, puede dejarlo vacío si no aplica una fecha límite.

Completa este campo

Figura 15. Campos obligatorios

Si se selecciona ¿Bajo Contrato? como “No”, el Proveedor del Servicio será automáticamente Técnico Interno.

¿Bajo Contrato? NO

Proveedor del Servicio: Técnico Interno

Fecha de Inicio: dd/mm/aaaa

Fecha de Límite (opcional): dd/mm/aaaa

Este campo es opcional, puede dejarlo vacío si no aplica una fecha límite.

Figura 16. Contratación de servicio No

Si se selecciona ¿Bajo Contrato? como “Sí”, el Proveedor del Servicio será “Técnico Externo”, y deberá seleccionarse una empresa proveedora.

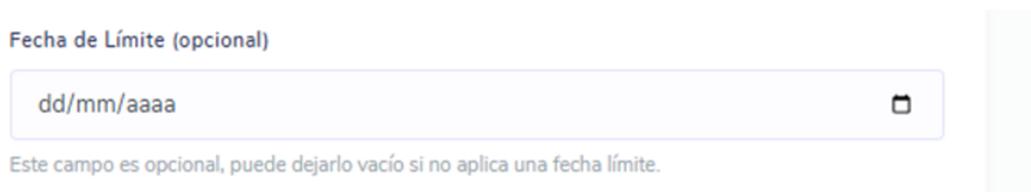


Formulario de contratación de servicio. Incluye los siguientes campos:

- ¿Bajo Contrato?: Seleccionado "Sí".
- Proveedor del Servicio: Seleccionado "Técnico Externo".
- Empresa Asignada: Seleccionado "Mantenimiento Global S.A.". (Nota: Este campo es obligatorio).
- Fecha de Inicio: Formato dd/mm/aaaa.
- Fecha de Límite (opcional): Formato dd/mm/aaaa. Nota: Este campo es opcional, puede dejarlo vacío si no aplica una fecha límite.

Figura 17. Contratación de servicio si

Si se escoge el formato “Único”, la fecha límite del mantenimiento puede ser específica o dejarse sin definir.



Formulario de fecha límite de mantenimiento único. Incluye el siguiente campo:

- Fecha de Límite (opcional): Formato dd/mm/aaaa. Nota: Este campo es opcional, puede dejarlo vacío si no aplica una fecha límite.

Figura 18. Fecha limite de mantenimiento único

## Carga de Archivos en Equipos Biomédicos

### Objetivo

Verificar que el sistema permita la carga de archivos asociados a un equipo biomédico, asegurando que solo se acepten formatos y tamaños válidos, y que los archivos queden correctamente vinculados al equipo.

### Escenario de Prueba

1. Un usuario con permisos de administrador accede al módulo de Equipos Biomédicos y selecciona una de las siguientes opciones:

#### Añadir un nuevo equipo



Figura 19. Agregar un equipo nuevo

## Opciones: Editar

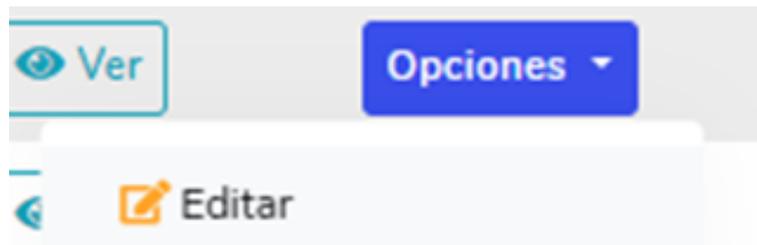


Figura 20. Editar el equipo ingresado

2. En el formulario de creación o edición, el usuario selecciona la opción para subir archivos adjuntos.

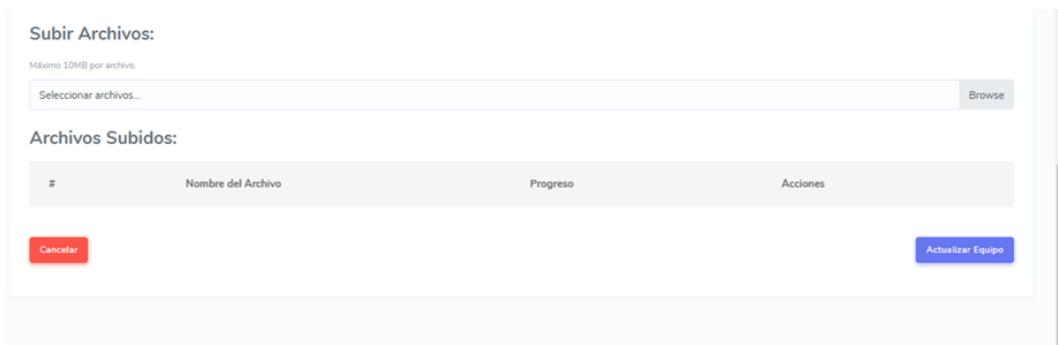


Figura 21. Ingreso de archivos en la descripción del equipo

3. El usuario intenta cargar diferentes tipos de archivos, incluyendo:

- Formatos válidos: JPG, PNG, PDF, XLS, XLSX, PPT, PPTX, DOC, DOCX.
- Formatos no permitidos ejemplos: EXE, MP4, etc.
- Archivos que exceden el tamaño máximo permitido.

Nombre	Fecha de modificacion	lipo
 MANEJO_BOMBAS_INFUSION-final.-sign...	28/01/2025 21:50	Documento Ado
 psqlodbc_x64	07/12/2022 21:16	Paquete de Winc

Figura 22. Seleccion de archivos

4. El usuario completa la información restante del equipo biomédico y guarda los cambios.

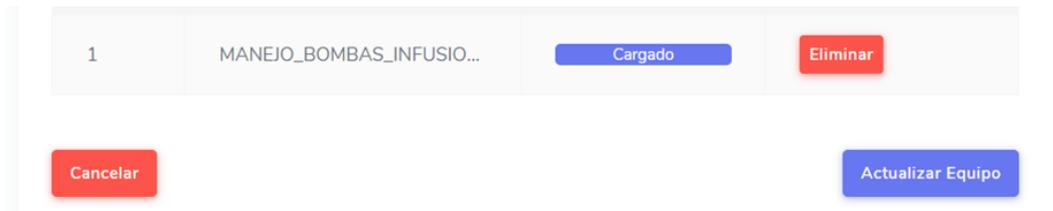


Figura 23. Actualización de equipo

5. En el módulo de Equipos Biomédicos, se accede a la opción de “Ver” para observar los archivos cargados asociados al equipo.



Figura 24. Visualización de archivos cargados

### Criterios de Éxito

El sistema debe aceptar archivos en los formatos permitidos (JPG, PNG, PDF, XLS, XLSX, PPT, PPTX, DOC, DOCX) y rechazar otros formatos con un mensaje de error adecuado.

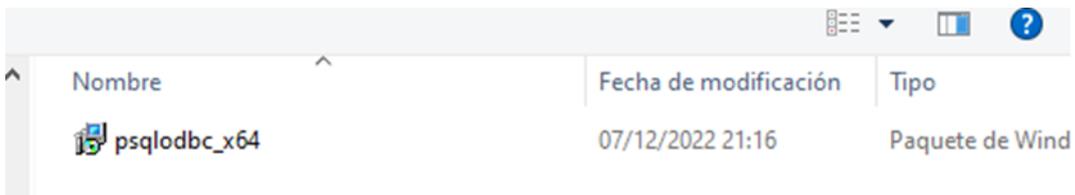


Figura 25. Formato de archivo incorrecto

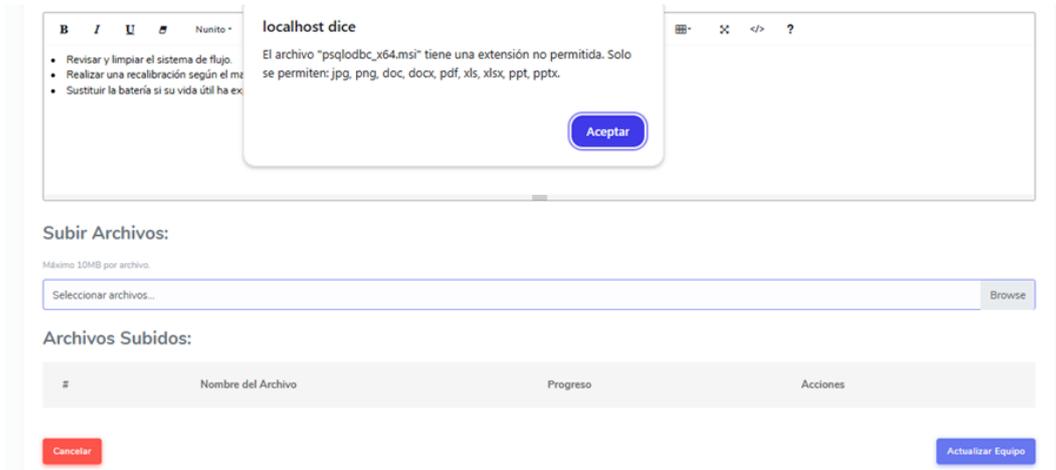


Figura 26. Notificación de formato incorrecto

Si un archivo supera el tamaño permitido, el sistema debe bloquear su carga y mostrar un mensaje de advertencia.

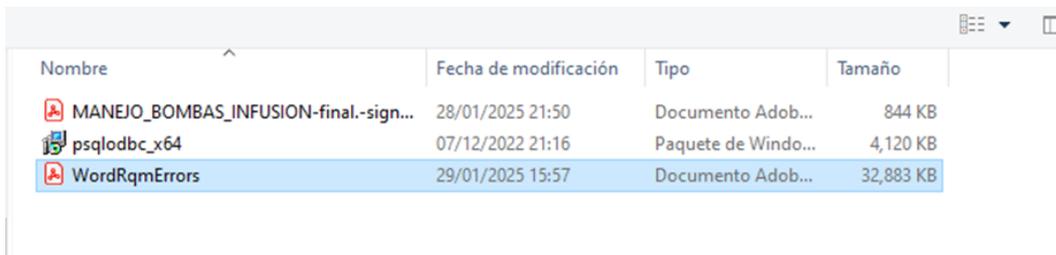


Figura 27. Selección de archivo superior en tamaño

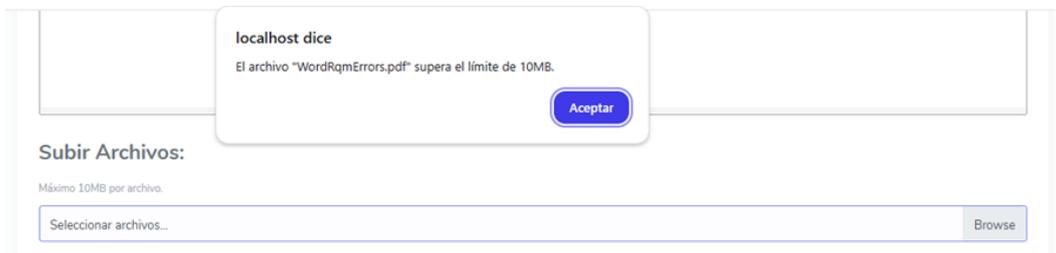


Figura 28. Notificación de archivo superior en tamaño

Los archivos cargados correctamente deben aparecer listados en la vista del equipo biomédico con opciones para eliminar.

## Archivos Subidos:

#	Nombre del Archivo	Progreso	Acciones
1	MANEJO_BOMBAS_INFUSIO...	Cargado	Eliminar

Figura 29. Listado de archivos subido con opción eliminar

## Revisión de Mantenimiento Único Asignado

### Objetivo

Verificar que un usuario asignado (Técnico) a un mantenimiento único pueda visualizar correctamente los detalles del mantenimiento, incluyendo la información del equipo, el estado actual y los comentarios registrados.

### Escenario de Prueba

1. Un usuario técnico con acceso al sistema inicia sesión y navega al módulo Mantenimientos - Órdenes de Trabajo.



Figura 30. Modulo ordenes de trabajo

2. Se mostrará un listado en una tabla Mantenimientos Únicos, donde el usuario buscará un mantenimiento único asignado a él.

Mantenimientos Únicos

Mostrar 10 registros

ID	Equipo	Tipo	Estado	Fecha Inicio	Fecha Limite	Fecha de Realización	Acciones
10	Monitor de Signos Vitales	PREVENTIVO	PENDIENTE	2025-01-29	2025-01-31	NINGUNA	Revisar

Mostrando 1 a 1 de 1 registros Anterior 1 Siguiente

Figura 31. Listado ordenes de trabajo

3. El usuario hace clic en la opción Revisar del mantenimiento.

4. Se debe mostrar la siguiente información en pantalla:

- Nombre del equipo biomédico asociado.
- Tipo de mantenimiento (preventivo, correctivo o emergencia).
- Fecha de inicio del mantenimiento.
- Fecha límite del mantenimiento (si aplica).
- Estado actual del mantenimiento.
- Notas previos del administrador.

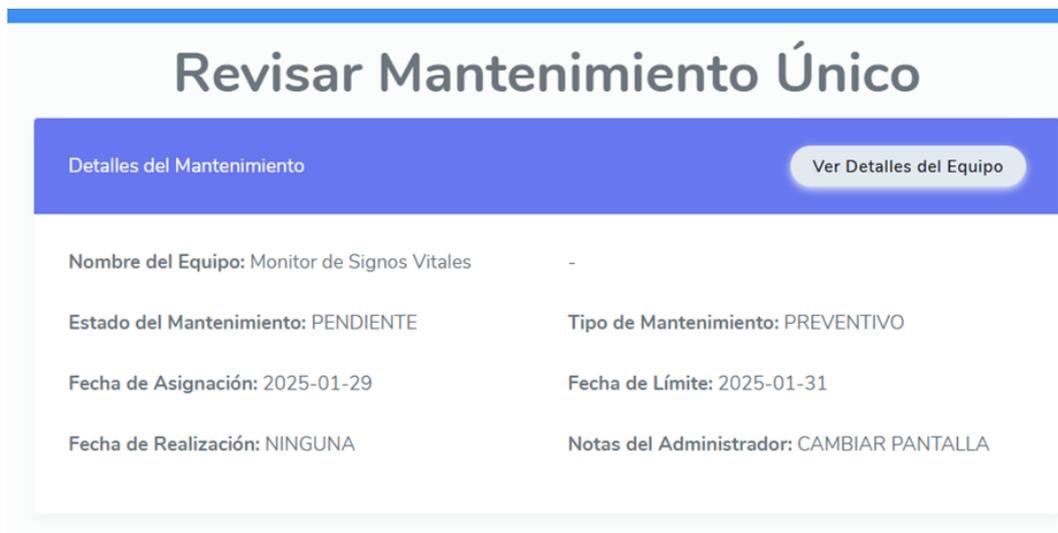


Figura 32. Revisión de mantenimiento asignado

5. El usuario tendrá las siguientes opciones:

- Actualizar Estado del Mantenimiento (Pendiente, En Progreso y Finalizado).
- Selecciona un estado y da hacer clic en Actualizar Estado.

Figura 33. Estado del mantenimiento

6. El usuario podrá acceder a la opción Registrar Datos del Mantenimiento, donde podrá:

- Actualizar Falla Detectada y Medida Aplicada
- Selecciona una opción una opción de cada una y hacer clic en Actualizar.

Figura 34. Actualización de fallas sobre mantenimiento

7. Opcional: Si lo desea, el usuario podrá realizar comentarios en Comentarios del Técnico como parte del feedback.

### Criterios de Éxito

- Si el mantenimiento tiene una fecha límite, debe mostrarse claramente en la vista de detalles.
- Si la fecha límite ya pasó y el mantenimiento sigue en estado “Pendiente”, o “En Progreso”, el sistema debe mostrar una advertencia visual o un mensaje indicando que la fecha ha expirado.
- Si la fecha límite ya pasó, las opciones Actualizar Estado del Mantenimiento y Registrar Datos del Mantenimiento estarán deshabilitadas.

- Si la fecha de inicio aún no ha llegado, las opciones Actualizar Estado del Mantenimiento y Registrar Datos del Mantenimiento estarán deshabilitadas.
- Los comentarios estarán habilitados siempre, sin importar la fecha, para permitir que el usuario informe cualquier observación.

Figura 35. Actualización no permitida por fecha fuera de rango

## Pruebas de caja negra

Las pruebas de caja negra se centraron en evaluar el comportamiento del sistema desde la perspectiva del usuario final. En estas pruebas, se validaron las entradas y salidas del sistema sin considerar la implementación interna, asegurando que todas las funcionalidades cumplieran con los requisitos esperados.

### Objetivo

Verificar que el código del sistema permite a los técnicos agregar comentarios a los mantenimientos asignados, garantizando validaciones adecuadas, seguridad contra inyección de código.

## Análisis del Código

### 1. Validaciones en Backend (agregarComentario(id))

- Verifica si el mantenimiento existe antes de permitir la acción.
- Restringe la longitud del comentario a un máximo de 500 caracteres.
- Aplica htmlspecialchars() para evitar ataques XSS.
- Registra la fecha y hora del comentario en la zona horaria de Ecuador.
- Guarda el comentario en la base de datos y retorna una respuesta en formato JSON.

```

// Validar si el mantenimiento existe antes de continuar
$mantenimiento = (new MantenimientosModel())->find($id);
if (!$mantenimiento) {
    return $this->response->setJSON([
        'status' => 'error',
        'message' => 'El mantenimiento no existe.'
    ]);
}

// Validar el comentario recibido del formulario
$comentario = $this->request->getPost('comentario_com_man');
if (empty($comentario)) {
    return $this->response->setJSON([
        'status' => 'error',
        'message' => 'El comentario no puede estar vacío.'
    ]);
}

// Validar longitud máxima de 500 caracteres
if (strlen($comentario) > 500) {
    return $this->response->setJSON([
        'status' => 'error',
        'message' => 'El comentario no puede exceder los 500 caracteres.'
    ]);
}

// Sanitizar el comentario (evitar XSS)
$comentario = htmlspecialchars($comentario, ENT_QUOTES, 'UTF-8');

```

Figura 36. Código para agregar comentario

## 2. Manejo en el Frontend (mantenimientosunicosrevisar)

- Muestra los comentarios existentes en una lista.
- Permite agregar nuevos comentarios mediante un formulario.
- Usa fetch() para enviar la solicitud AJAX sin recargar la página.
- Si la respuesta es exitosa, agrega dinámicamente el comentario a la lista.

```

document.addEventListener('DOMContentLoaded', function () {
  const form = document.getElementById('form-comentario');
  const listaComentarios = document.getElementById('lista-comentarios');

  form.addEventListener('submit', function (e) {
    e.preventDefault(); // Evitar recargar la página

    const comentario = document.getElementById('comentario_com_man').value;

    // Realizar solicitud AJAX
    fetch(`${base_url}/mantenimientos-asignados/agregar-comentario/${esc($mantenimiento['id_man'])}`, {
      method: 'POST',
      headers: {
        'X-Requested-With': 'XMLHttpRequest',
        'Content-Type': 'application/x-www-form-urlencoded'
      },
      body: new URLSearchParams(new FormData(form))
    })
    .then(response => response.json())
    .then(data => {
      if (data.status === 'success') {
        // Agregar nuevo comentario a la lista
        const nuevoComentario = document.createElement('li');
        nuevoComentario.classList.add('list-group-item');
        nuevoComentario.innerHTML = `
          <strong>${data.comentario.autor}</strong>
          <p>${data.comentario.contenido}</p>
          <small class="text-muted">Fecha: ${data.comentario.fecha}</small>
        `;
        listaComentarios.appendChild(nuevoComentario);

        // Limpiar textarea
        form.reset();
      } else {
        alert(data.message);
      }
    })
  });
});

```

Figura 37. Código para mostrar comentarios agregados

## Seguridad en permisos de usuario

### Objetivo

Verificar que solo los usuarios con rol de Administrador puedan acceder a la gestión de mantenimientos, evitando que técnicos u otros perfiles sin permisos accedan a funciones de administración.

### Análisis del Código

#### Restricción en el Backend (MantenimientosController)

##### 1. Validación de autenticación

- Antes de acceder a cualquier función dentro del módulo de mantenimiento, se verifica si el usuario ha iniciado sesión.
- Si no está autenticado, se redirige a la pantalla de inicio de sesión.

```

// Verificar si el usuario está autenticado
if (!session()->get('is_logged_in')) {
    // Si no está autenticado, redirigir al login
    return redirect()->to('/login');
}

```

Figura 38. Código para autenticación

## 2. Validación de permisos de usuario

- Se verifica el rol del usuario
  - Administrador (Acceso Permitido)
  - Técnico u otro rol (Acceso Denegado)

```

if (session()->get('rol') != 'Administrador') {
    // Redirigir a la página de inicio de sesión con mensaje de error
    return redirect()->to('/dashboard')->with('error', 'No tienes permiso para acceder a esta sección.');
```

Figura 39. Código para verificar permisos

## Creación de Equipo Biomédico

### Objetivo

Verificar que el sistema permite a los administradores registrar nuevos equipos biomédicos asegurando validaciones adecuadas, almacenamiento seguro y consistencia en la base de datos.

### Análisis del Código

#### Restricción de Acceso (MantenimientosController)

##### 1. Verificación de autenticación

- Antes de acceder a la función de creación (crear()), el sistema comprueba si el usuario inició sesión.
- Si el usuario no está autenticado, es enviado nuevamente a la página de inicio de sesión.
- Se verifica el rol del usuario:
  - Administrador (Acceso Permitido)
  - Técnico u otro rol (Acceso Denegado)

```

// Crear equipo biomédico (Vista)
public function crear()
{

```

Figura 40. Código función crear

```

// Verificar si el usuario es administrador
if (session()->get('is_admin')) {
    // Redirigir a una página de acceso denegado o al dashboard
    return redirect()->to('/dashboard')->with('error', 'No tienes permiso para acceder a esta sección.');
```

Figura 41. Código para acceder a diferentes áreas

## Ver Mantenimiento con Período

### Objetivo

Verificar que el sistema permita la visualización de mantenimientos periódicos con su respectivo cronograma, incluyendo la información del equipo, los eventos programados, los comentarios y los datos de fallas detectadas y medidas aplicadas.

### Análisis del Código

#### 1. Restricción de Acceso (MantenimientosController)

- Se verifica si el usuario ha iniciado sesión.

```

// Vista para ver UN Mantenimiento Período
public function verPeriodo($id)
{
    // Verificar si el usuario está autenticado
    if (!session()->get('is_logged_in')) {
        // Si no está autenticado, redirigir al login
        return redirect()->to('/login');
```

Figura 42. Código para restringir acceso

#### 2. Renderización de la Vista (verperiodo)

- Se muestra la información del mantenimiento.
- Se listan los eventos programados con sus respectivas fechas y estados.

```

// Obtener información del mantenimiento periódico principal + empresa asignada
$mantenimiento = $mantenimientosModel
->select('mantenimientos.*, equipos_biomedicos.nombre_equ_bio, usuarios.nombre_usuario, usuarios.apellido_usuario, empresas_asignadas.nombre_empresa')
->join('equipos_biomedicos', 'equipos_biomedicos.id_equ_bio = mantenimientos.id_equ_bio')
->join('usuarios', 'usuarios.id_usuario = mantenimientos.id_usuario_asignado_man')
->join('empresas_asignadas', 'empresas_asignadas.id_empresa = mantenimientos.id_empresa_asignada', 'left')
->where('mantenimientos.id_man', $id)
->where('mantenimientos.formato_man', 'PERIODO')
->first();

if (!$mantenimiento) {
    return redirect()->to('/mantenimientos')->with('error', 'El mantenimiento no existe o no es periódico - No Tiene un Equipo y/o Usuario Asignado.');
```

Figura 43. Código para mostrar vista mantenimiento

### VIII. CRONOGRAMA

A continuación se muestra el cronograma de trabajo en la Tabla VII.

Tabla XXIV  
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

<b>Actividades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Recolección de información	X	X										
Análisis de requerimientos		X	X									
Diseño del sistema (diagramas y prototipos)			X	X	X							
Desarrollo del backend (PHP, MySQL, CodeIgniter)				X	X	X						
Desarrollo del frontend (HTML, JavaScript, Bootstrap)					X	X	X					
Pruebas del sistema (funcionalidad y usabilidad)						X	X	X				
Validación con usuarios							X	X	X			
Implementación y ajustes finales								X	X	X		
Capacitación a usuarios									X	X		
Redacción del informe final										X	X	X
Revisión y presentación de la tesis											X	X

## IX. PRESUPUESTO

A continuación en la Tabla VIII se muestra el presupuesto del trabajo.

Tabla XXV  
PRESUPUESTO DEL PROYECTO

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Unitario (USD)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total (USD)</b>
Equipo de Computación	Computadora personal para el desarrollo y pruebas del sistema.	800	1	800
Software y Licencias	Licencia de IDE de desarrollo (opcional).	100	1	100
	Licencia de herramienta de diseño (Figma, opcional).	15/mes	3	45
Servidor Local	Instalación y configuración de XAMPP.	Gratis	-	0
Base de Datos	MySQL (incluido en XAMPP).	Gratis	-	0
Framework de Desarrollo	CodeIgniter (open source).	Gratis	-	0
Desarrollo de Frontend	Bootstrap, HTML, JavaScript (open source).	Gratis	-	0
Pruebas del Sistema	Herramientas de testing (manuales o automáticas).	50	1	50
Documentación e Impresiones	Impresión y encuadernación de la tesis.	10	5	50
Capacitación a Usuarios	Manuales y material de capacitación (impresos o digitales).	20	5	100
Otros Gastos	Transporte y logística para entrevistas y reuniones.	5	10	50
<b>TOTAL</b>				<b>1195</b>

## X. CONCLUSIONES

Tras la implementación y validación del sistema de información web para la gestión técnica y mantenimiento preventivo y correctivo de equipos biomédicos, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

El sistema desarrollado permitió gestionar de manera eficiente la información relacionada con los equipos biomédicos, optimizando su uso y reduciendo los tiempos de inactividad. Se implementaron funcionalidades clave como autenticación de usuarios, gestión de roles, planificación de mantenimientos y generación de reportes gráficos, mejorando la trazabilidad de los equipos y la calidad de los servicios de atención médica.

A través de una investigación exhaustiva y encuestas dirigidas al personal técnico y administrativo, se logró definir los requisitos funcionales y no funcionales que garantizaron el desarrollo de un sistema alineado con las necesidades operativas. La priorización de requisitos mediante el método MoSCoW permitió organizar el desarrollo en función de su importancia para el usuario final.

Se diseñó e implementó un sistema basado en una arquitectura web segura, utilizando tecnologías modernas como PHP (CodeIgniter), MySQL y Bootstrap. Se aplicaron medidas de seguridad, como el cifrado en contraseñas y validaciones de entrada, garantizando la integridad y confidencialidad de los datos.

Se implementó una funcionalidad de monitoreo que permite programar y notificar de manera automatizada las tareas de mantenimiento preventivo. Esto aseguró el cumplimiento de los calendarios de mantenimiento y contribuyó a la reducción de fallas inesperadas en los equipos biomédicos.

Se realizaron pruebas exhaustivas para evaluar la funcionalidad y seguridad del sistema. Las pruebas de caja blanca permitieron revisar la lógica interna del código, a su vez las pruebas de caja negra verificaron el correcto funcionamiento desde la perspectiva del usuario final. Los resultados evidenciaron que el sistema cumple con los requisitos definidos y otorga al usuario una experiencia intuitiva.

## XI. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos en la investigación y desarrollo del sistema, se proponen las siguientes recomendaciones para futuras mejoras y optimización del sistema:

Se recomienda optimizar la arquitectura del sistema para soportar un mayor número de usuarios y equipos biomédicos en simultáneo, implementando técnicas de optimización de bases de datos y mejora en el rendimiento de consultas.

Para aumentar la funcionalidad del sistema, se sugiere integrar módulos adicionales como un API para interoperatividad con otros sistemas hospitalarios, permitiendo una gestión más completa de los equipos biomédicos en diferentes instituciones.

Se recomienda implementar inteligencia artificial y machine learning para predecir fallas en equipos biomédicos con base en el historial de mantenimientos y patrones de uso, mejorando la eficiencia en la planificación del mantenimiento preventivo.

Se sugiere fortalecer las medidas de seguridad mediante la implementación de autenticación multifactor (MFA), cifrado avanzado de datos sensibles y auditoría de accesos para prevenir posibles brechas de seguridad.

Para garantizar un uso eficiente del sistema, se recomienda la realización de capacitaciones periódicas al personal técnico y administrativo, asegurando que comprendan el funcionamiento de las herramientas de gestión y monitoreo de mantenimientos.

A mediano plazo, se sugiere migrar el sistema a una infraestructura en la nube, lo que permitiría acceso remoto desde cualquier ubicación, reducción de costos en servidores locales y una mayor disponibilidad del servicio.

Es recomendable establecer métricas de desempeño del sistema, evaluando su uso y efectividad en la reducción de tiempos de inactividad de los equipos biomédicos, para realizar mejoras continuas basadas en datos objetivos.

## REFERENCIAS

- [1] O. M. de la Salud, *Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos*, [https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44830/978924350136\\_spa.pdf?sequence=1](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44830/978924350136_spa.pdf?sequence=1), Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos, 2020.
- [2] J. Smith y M. Flores, «Estrategias de mantenimiento preventivo para equipos médicos en instituciones de salud,» *Journal of Biomedical Engineering*, págs. 456-467, 2020. DOI: 10.1097/JBE.0000000000000324.
- [3] L. Johnson, R. Taylor y S. Peters, «Mantenimiento correctivo de dispositivos médicos: desafíos y mejores prácticas,» *International Journal of Healthcare Management*, págs. 123-135, 2021. DOI: 10.1080/20479700.2021.1901195.
- [4] P. Alvarez, D. Ruiz y J. Hernández, «Mejorando la disponibilidad de equipos a través de una gestión eficiente del mantenimiento en hospitales,» *Journal of Health Systems Research*, págs. 215-228, 2019. DOI: 10.1016/j.jhsr.2019.02.002.
- [5] T. García y V. Rodríguez, «Eficiencia operativa en la gestión de equipos biomédicos,» *Journal of Medical Device Management*, vol. 41, n.º 1, págs. 98-109, 2022. DOI: 10.1177/0148558X211065123.
- [6] C. Lee y H. Kim, «Normas internacionales para la seguridad y mantenimiento de equipos biomédicos,» *Journal of Health Technology*, págs. 302-315, 2023. DOI: 10.1007/s12553-023-00612-9.
- [7] R. Fernández, P. Martínez y L. Gómez, «Planificación del mantenimiento para dispositivos biomédicos: un enfoque integrado,» *Journal of Clinical Engineering*, págs. 482-494, 2020. DOI: 10.1097/CCE.0000000000000355.
- [8] A. Martínez y G. Silva, «Evaluación de riesgos en la gestión de dispositivos médicos,» *International Journal of Biomedical Research*, págs. 278-289, 2021. DOI: 10.1016/j.ijbiomed.2021.03.004.
- [9] ISO, *ISO 9001:2015 Quality management systems - Requirements*, <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html>, 2022.
- [10] J. C. International, *Hospital Standards*, <https://www.jointcommissioninternational.org/>, 2022.
- [11] A. M., *Risk Reduction in Electrical Networks and Safety of Biomedical Equipment in Clinical Settings*, [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-95322019000100003&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-95322019000100003&script=sci_arttext), 2020.
- [12] F. Q. Jhordin, *Plan de mantenimiento de equipos biomédicos de alto riesgo en un hospital público del departamento de San Martín*, <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/135646>, 2023.
- [13] J. E. Juárez, «Innovaciones tecnológicas en el mantenimiento hospitalario,» *Revista Médica*, vol. 12, n.º 68, págs. 110-122, 2021.
- [14] D. Mikulak, «El impacto del IoT en el cuidado de la salud,» *Touch Medical*, vol. 2, n.º 3, págs. 12-20, 2023.
- [15] M. Lagreze, «IoT en el mantenimiento de hospitales,» *Fractal*, vol. 5, n.º 1, págs. 20-40, 2024.
- [16] D. C. González, «La revolución del IoT en salud,» *New Medical Economics*, vol. 1, n.º 1, págs. 116-120, 2022.
- [17] J. Quinchia Pineda, «Mejoramiento del sistema de gestión de equipos biomédicos en instituciones de salud,» *Revista de Ingeniería Biomédica*, vol. 12, n.º 23, págs. 13-23, 2020.
- [18] D. Henao, «Mejoramiento a la gestión de la tecnología biomédica del laboratorio de referencia,» *Revista de Ingeniería Biomédica*, vol. 13, n.º 25, págs. 45-56, 2021.
- [19] L. Gómez, «Sistema de información para la adquisición y gestión de equipos biomédicos,» *Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, vol. 14, n.º 1, págs. 33-45, 2019.
- [20] D. M. Jaramillo Quiceno, «Desarrollo de una metodología para la gestión de equipos biomédicos en la fase de disposición final asociada al manejo de riesgos y a la seguridad del paciente,» *Revista de Ingeniería Biomédica*, vol. 15, n.º 27, págs. 78-90, 2023.
- [21] PAME, «Plan de aseguramiento metrológico para equipos biomédicos,» *Revista de Ingeniería Biomédica*, vol. 13, n.º 25, págs. 57-68, 2021.
- [22] P. A. Astorga, «Internet de las cosas en el ámbito de la atención médica: tendencias y desafíos,» *Universidad de las Ciencias Informáticas. Cuba*, vol. 14, n.º 1, págs. 12-15, 2022.
- [23] A. Friends, *XAMPP: About*, <https://www.apachefriends.org/es/about.html>, 2023.
- [24] N. Software, *¿Qué es XAMPP y para qué sirve?* <https://norvicsoftware.com/que-es-xampp/>, 2023.

- [25] InabaWeb, *MySQL: Definición, usos y características*, <https://www.inabaweb.com/mysql-definicion-usos-y-caracteristicas/>, 2023.
- [26] OpenWebinars, *¿Qué es MySQL? Definición, usos y características*, <https://openwebinars.net/blog/que-es-mysql/>, 2023.
- [27] C. España, *Documentación de CodeIgniter*, <https://www.codeigniter.es/>, 2023.
- [28] IONOS, *CodeIgniter: Framework de PHP rápido y versátil*, <https://www.ionos.mx/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/codeigniter-framework-php-rapido-y-versatil/>, 2023.
- [29] C. de planificación, *Acreditación Canada Hospital Provincial General Docente*, <https://acreditacanada.blogspot.com/2013/10/liderazgo-estandares.html>, 2013.

## ANEXO A IMAGENES

```
<div class="card-body">
  <!-- Mostrar mensaje de error si existe -->
  <php if (session()->getFlashdata("error")): ?>
    <div class="alert alert-danger">
      <? session()->getFlashdata("error") ?>
    </div>
  </php endif; ?>

  <form action="{<= base_url('/equipos/guardar')}" method="post" enctype="multipart/form-data">
    <div class="form-group">
      <label for="nombre_equ_bio">Nombre del Equipo</label>
      <input type="text" class="form-control" id="nombre_equ_bio" name="nombre_equ_bio" maxlength="250" required>
    </div>

    <div class="row">
      <div class="form-group col-4">
        <label for="marca_equ_bio">Marca</label>
        <input type="text" class="form-control" id="marca_equ_bio" name="marca_equ_bio" maxlength="250">
      </div>

      <div class="form-group col-4">
        <label for="modelo_equ_bio">Número de Serie</label>
        <input type="text" class="form-control" id="modelo_equ_bio" name="modelo_equ_bio" maxlength="250">
      </div>

      <div class="form-group col-4">
        <label for="numero_compra_contrato_equ_bio">Número de Compra o Contrato del Equipo</label>
        <input type="text" class="form-control" id="numero_compra_contrato_equ_bio" name="numero_compra_contrato_equ_bio" maxlength="250">
      </div>
    </div>

    <div class="row">
      <div class="form-group col-6">
        <label for="fecha_fabricacion_equ_bio">Fecha de Fabricación del Equipo</label>
        <input type="date" class="form-control" id="fecha_fabricacion_equ_bio" name="fecha_fabricacion_equ_bio">
      </div>

      <div class="form-group col-6">
        <label for="fecha_llegada_equ_bio">Fecha de Llegada del Equipo</label>
        <input type="date" class="form-control" id="fecha_llegada_equ_bio" name="fecha_llegada_equ_bio">
      </div>
    </div>

    <div class="row">
      <div class="form-group col-6">
        <label for="prioridad_equ_bio">Prioridad del Equipos</label>
        <select name="prioridad_equ_bio" id="prioridad_equ_bio" class="form-control">
          <option value="BAJO" selected="BAJO">option</option>
          <option value="MEDIO">MEDIO</option>
          <option value="ALTO">ALTO</option>
        </select>
      </div>
    </div>
  </form>
</div>
```

Figura 44. Código para registro de equipos

## ANEXO B IMAGENES

```
<div class="section-body">
  <h2 class="section-title">Formulario para crear nuevo usuario</h2>
  <p class="section-lead">Ingresar los datos necesarios para crear un nuevo usuario.</p>
  <div class="card">
    <div class="card-header">
      <h3>Ingrese los datos</h3>
    </div>
    <div class="card-body">
      <form action="{<= base_url('/usuarios/guardar')}" method="post">
        <div class="row">
          <div class="form-group col-6">
            <label for="nombre_usu">Nombre</label>
            <input type="text" class="form-control" id="nombre_usu" name="nombre_usu" maxlength="100" required
              pattern="[A-Za-zÀíËÖéíóñ ]*"
              title="Solo se permiten letras y espacios">
          </div>

          <div class="form-group col-6">
            <label for="apellido_usu">Apellido</label>
            <input type="text" class="form-control" id="apellido_usu" name="apellido_usu" maxlength="100" required
              pattern="[A-Za-zÀíËÖéíóñ ]*"
              title="Solo se permiten letras y espacios">
          </div>
        </div>

        <div class="row">
          <div class="form-group col-6">
            <label for="email_usu">Correo Electrónico</label>
            <input type="email" class="form-control" id="email_usu" name="email_usu" maxlength="100" required>
          </div>

          <div class="form-group col-6">
            <label for="password_usu">Contraseña</label>
            <input type="password" class="form-control" id="password_usu" name="password_usu" minlength="4" maxlength="100" required>
          </div>
        </div>

        <div class="row">
          <div class="form-group col-6">
            <label for="id_per">Perfil</label>
            <select class="form-control" id="id_per" name="id_per" required>
              <option value="" disabled selected>---Selecione---</option>
              <option value="1">ADMINISTRADOR</option>
              <option value="2">TECNICO</option>
            </select>
          </div>
        </div>

        <div class="form-group d-flex justify-content-between">
          <a href="{<= base_url('/usuarios')}" class="btn btn-secondary" onclick="return confirm('¿Estás seguro de que deseas cancelar?')">Cancelar</a>
          <button type="submit" class="btn btn-primary">Guardar Usuario</button>
        </div>
      </form>
    </div>
  </div>
```

Figura 45. Código agregar usuarios

## ANEXO C IMAGENES

```
<div class="card-header">
  <h4>Formulario /M/
</div>

<div class="card-body">
  <!-- Mostrar mensaje de error si existe -->
  <?php if (session()->getflashdata('error')): ?>
    <div class="alert alert-danger">
      <? session()->getflashdata('error') ?>
    </div>
  <?php endif; ?>

  <form action="{? base_url('/mantenimientos/guardar') ?}" method="post" id="mantenimientoForm">
    <!-- SIEMPRE APARECER -->
    <div class="form-group">
      <label for="id_equ_blo">Equipo /label>
      <select name="id_equ_blo" id="id_equ_blo" class="form-control" required>
        <option value="">----- Seleccione -----</option>
        <?php foreach ($equipos as $equipo): ?>
          <option value="{? esc($equipo['id_equ_blo']) ?}">{? esc($equipo['nombre_equ_blo']) ?}</option>
        <?php endforeach; ?>
      </select>
    </div>

    <!-- SIEMPRE APARECER -->
    <div class="form-group">
      <label for="id_usu_asignado_man">Usuario para Asignar Mantenimiento /label>
      <select name="id_usu_asignado_man" id="id_usu_asignado_man" class="form-control" required>
        <option value="">----- Seleccione -----</option>
        <?php foreach ($usuario_asignar_mantenimientos as $usuario): ?>
          <option value="{? esc($usuario['id_usu']) ?}">{? esc($usuario['nombre_usu'] . ' . $usuario['apellido_usu']) ?}</option>
        <?php endforeach; ?>
      </select>
    </div>

    <!-- SIEMPRE APARECER -->
    <div class="form-group">
      <label for="tipo_man">Tipo de Mantenimiento /label>
      <select name="tipo_man" id="tipo_man" class="form-control" required>
        <option value="">----- Seleccione -----</option>
        <option value="PREVENTIVO">Preventivo /option>
        <option value="CORRECTIVO">Correctivo /option>
        <option value="EMERGENCIA">Emergencia /option>
      </select>
    </div>

    <div class="form-group col-6">
      <label for="formato_man">Formato /label>
      <select name="formato_man" id="formato_man" class="form-control" required>
        <option value="">----- Seleccione -----</option>
        <option value="UNICO">Único /option>
      </select>
    </div>
  </form>
</div>
```

Figura 46. Código crear mantenimiento

## ANEXO D IMAGENES

```
<h4>Mantenimientos Únicos</h4>
</div>
<div class="card-body">
  <div class="table-responsive">
    <table id="mantenimientosAsignadosUnicosTable" class="table table-hover">
      <thead>
        <tr>
          <th>ID</th>
          <th>Equipo</th>
          <th>Tipo</th>
          <th>Estado</th>
          <th>Fecha Inicio</th>
          <th>Fecha Limite</th>
          <th>Fecha de Realización</th>
          <th>Acciones</th>
        </tr>
      </thead>
      <tbody>
        <?php if (empty($mantenimientosUnicos)): ?>
          <tr>
            <td colspan="8">-----</td>
          </tr>
        <?php foreach ($mantenimientosUnicos as $mantenimiento): ?>
          <tr>
            <td>{? esc($mantenimiento['id_man']) ?}</td>
            <td>{? esc($mantenimiento['nombre_equ_blo']) ?}</td>
            <td>{? esc($mantenimiento['tipo_man']) ?}</td>
            <td>{? esc($mantenimiento['estado_man']) ?}</td>
            <td>{? esc($mantenimiento['fecha_inicio_man']) ?}</td>
            <td>{? esc($mantenimiento['fecha_limite_man']) ?} 'NINGUNA' ?></td>
            <td>{? esc($mantenimiento['fecha_realizacion_man']) ?} 'NINGUNA' ?></td>
            <td>
              <a href="{? base_url('/mantenimientos-asignados/revisar/' . $mantenimiento['id_man']) ?}"
                class="btn btn-outline-info btn-sm">
                <i class="fas fa-eye"></i> Revisar
              </a>
            </td>
          </tr>
        <?php endforeach; ?>
      </tbody>
    </table>
  </div>
</div>
</div>
</div>
<!-- Tabla de Mantenimientos con Período -->
<div class="row mt-4">
  <div class="col-12">
    <div class="card">
      <div class="card-header">
        <h4>Mantenimientos con Período</h4>
      </div>
    </div>
  </div>
</div>
```

Figura 47. Código asignar mantenimientos

ANEXO E  
IMAGENES

```
<!-- Nueva sección para la gráfica -->
<div class="col-12 col-md-6">
  <div class="card">
    <div class="card-header">
      <h4>Disponibilidad Global</h4>
    </div>
    <div class="card-body text-center">
      <canvas id="grafico-disponibilidad"></canvas>
      <!-- Nueva tabla para mostrar los datos debajo de la gráfica -->
    </div>

    <!-- tabla -->
    <div class="card-body text-center">
      <div class="table-responsive">
        <table class="table table-bordered table-sm text-center">
          <thead class="thead-light">
            <tr>
              <th>Equipo</th>
              <th>Cantidad</th>
              <th>Porcentaje</th>
            </tr>
          </thead>
          <tbody>
            <tr>
              <td><strong>Disponibles</strong></td>
              <td id="cantidad-disponibles">-</td>
              <td id="porcentaje-disponibles">-</td>
            </tr>
            <tr>
              <td><strong>No Disponibles</strong></td>
              <td id="cantidad-no-disponibles">-</td>
              <td id="porcentaje-no-disponibles">-</td>
            </tr>
          </tbody>
        </table>
      </div>
    </div>
    <!-- tabla fin-->
  </div>
</div>
```

Figura 48. Código para crear gráficas de reporte