



Diseño de una herramienta de seguimiento y evaluación de las actividades técnicas para optimizar la productividad del departamento de ingeniería biomédica del hospital Alma Máter de Antioquia.

Emiliano Zapata Ortiz

Mabel Catalina Zapata, Magister en Ingeniería (MSc)

Lucia Uribe Herrera, Bioingeniera

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería

Bioingeniería

Medellín, Antioquia

Cita	Zapata Ortiz [1]
Referencia	[1] E. Zapata Ortiz, "Diseño de una herramienta de seguimiento y evaluación de las actividades técnicas para optimizar la productividad del departamento de ingeniería biomédica del hospital Alma Máter de Antioquia," Semestre de industria, Pregrado en Bioingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, 2025
Estilo IEEE (2020)	



Centro de documentación de ingeniería CENDO I

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Julio César Saldarriaga Molina.

Jefe departamento: John Fredy Ochoa Gómez

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

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
I. INTRODUCCIÓN.....	8
II. OBJETIVOS.....	11
III. MARCO TEÓRICO.....	12
IV. METODOLOGÍA.....	15
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
REFERENCIAS.....	46

LISTA DE TABLAS

TABLA I	
RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA.....	17
TABLA II	
SERVICIOS HOSPITALARIOS ASIGNADOS A CADA TÉCNICO “RESPONSABLE.”..	21
TABLA III	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS MENSUALES POR SERVICIO.....	29
TABLA IV	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS MENSUALES POR RESPONSABLE.....	29
TABLA V	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS MENSUALES POR SERVICIO.....	32
TABLA VI	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS MENSUALES POR RESPONSABLE.....	32
TABLA VII	
EQUIPOS QUE SE TENDRÁN EN CUENTA EN LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO....	33
TABLA VIII	
TIEMPO PROMEDIO POR TRASLADO POR SERVICIO.....	39

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Metodología del proyecto.....	15
Fig. 2. Cantidad mensual de mantenimientos preventivos por servicio.....	26
Fig. 3. Cantidad mensual de mantenimientos preventivos por responsable.....	27
Fig. 4. Promedio mensual de mantenimientos preventivos realizados por servicio, en un trimestre.....	28
Fig. 5. Promedio mensual de mantenimientos preventivos realizados por responsable.....	28
Fig. 6. Cantidad mensual de mantenimientos correctivos por servicio.....	30
Fig. 7. Cantidad mensual de mantenimientos correctivos por responsable.....	30
Fig. 8. Promedio mensual de mantenimientos correctivos realizados por servicio.....	31
Fig. 9. Promedio mensual de mantenimientos correctivos realizados por responsable.....	31
Fig. 10. Resultados de mantenimientos preventivos obtenidos en el estudio, a partir de Power BI.....	36
Fig. 11. Resultados de mantenimientos correctivos obtenidos en el estudio.....	37
Fig. 12. Resultados finales de la productividad de cada servicio.....	38
Fig. 13. Tiempo promedio de mantenimiento preventivo de monitores de signos vitales con desviación estándar.....	41

RESUMEN

Este proyecto se enfoca en diseñar una herramienta de seguimiento de las actividades realizadas por el personal técnico del departamento de ingeniería biomédica del Hospital Alma Máter de Antioquia, el cual realiza tareas como mantenimiento preventivo y correctivo de equipos médicos, capacitación de personal asistencial y labores administrativas. Actualmente, este departamento cuenta con un gran desafío, que reside en la falta de un sistema adecuado para medir la productividad y recolectar datos relacionados con las actividades del personal, lo que genera resultados que no representan la situación real del departamento. Esto limita la capacidad de identificar áreas críticas de mejora y dificulta la implementación de estrategias basadas en datos. Para ello, se empleó una combinación de datos recolectados del hospital y de la bibliografía consultada, además, del desarrollo de una herramienta de seguimiento que permitió obtener datos reales sobre las actividades de los responsables de cada servicio clínico. Con este análisis y utilizando herramientas estadísticas, fue posible identificar puntos críticos y proponer estrategias de mejora, relacionadas con la identificación y reducción del tiempo dedicado a otras actividades, la reducción de la desviación estándar en mantenimientos comunes y la articulación del personal de los servicios permitiendo una posible disminución en los tiempos de traslado y búsqueda de equipos. Finalmente, se concluye que la herramienta desarrollada tiene la capacidad de medir adecuadamente las actividades de los responsables de los servicios del hospital, proporcionando un medio para monitorear y plantear opciones de mejora.

***Palabras clave* — Departamento, Ingeniería Biomédica, Productividad, Mantenimiento.**

ABSTRACT

This project focuses on designing a tracking tool for the activities performed by the technical staff of the biomedical engineering department at the Hospital Alma Mater de Antioquia. The staff carries out tasks such as preventive and corrective maintenance of medical equipment, training of healthcare personnel, and administrative duties. Currently, this department faces a significant challenge due to the lack of an adequate system to measure productivity and collect data related to staff activities, resulting in outcomes that do not accurately represent the department's actual situation. This limits the ability to identify critical areas for improvement and hinders the implementation of data-driven strategies. To address this, a combination of data collected from the hospital and the literature review was used, along with the development of a tracking tool that allowed for obtaining real data on the activities of the staff responsible for each clinical service. Through this analysis and the use of statistical tools, it was possible to identify critical points and propose improvement strategies, including identifying and reducing time spent on other activities, reducing standard deviation in common maintenance tasks, and better coordinating service staff to potentially decrease movement and equipment search times. Finally, it is concluded that the developed tool is capable of adequately measuring the activities of the hospital's service staff, providing a means to monitor and propose improvement options.

Keywords — **Biomedical engineering department, Productivity, Maintenance.**

I. INTRODUCCIÓN

El Hospital Alma Máter de Antioquia, fundado en 1950, ha desarrollado una sólida reputación a lo largo de sus más de 70 años de operación, ofreciendo una amplia gama de servicios médicos y quirúrgicos a la comunidad. Actualmente, el hospital cuenta con más de 40 especialidades médicas, que incluyen cardiología, oncología, neurología, pediatría, ginecología y obstetricia, entre otras. Adicionalmente, cuenta con una capacidad de más de 500 camas, 14 quirófanos y un servicio de urgencias las 24 horas; está preparado para atender tanto a pacientes ambulatorios como hospitalizados, brindando un cuidado integral y personalizado [1]. Entre sus múltiples departamentos, cuenta con un equipo de ingeniería biomédica, el cual será objeto de estudio en el presente trabajo. El departamento, está conformado por 18 empleados, que se encargan de realizar diversas funciones y procesos vitales, como evaluar el potencial de implementación y rentabilidad de nuevas tecnologías médicas, proporcionar programas de mantenimiento preventivo y correctivo y realizar capacitación e investigación en ingeniería clínica [2]. Estas funciones y procesos pretenden garantizar la continuidad y seguridad de los servicios de salud a través de la gestión efectiva del ciclo de vida de los 6579 dispositivos médicos con los que cuenta la institución.

Actualmente, existe una dificultad significativa para recolectar información precisa sobre la productividad y las actividades que realiza cada integrante de la unidad de ingeniería biomédica, debido al control insuficiente de estas. Esto genera la necesidad de establecer mecanismos que permitan medir de manera efectiva dichas actividades, lo cual es esencial para identificar el nivel real de productividad del área y detectar posibles oportunidades de mejora. Medir y proponer acciones que mejoren la eficiencia y la productividad del departamento, implicaría maximizar el tiempo en que los técnicos están realizando labores de mantenimiento y resolviendo problemas relacionados con los equipos médicos, lo que involucra una reducción en el tiempo de mantenimiento por equipo, así como un incremento en la velocidad de respuesta para caso de fallos, ayudando a mantener un servicio al cliente en excelentes condiciones [3].

El departamento de ingeniería biomédica desempeña un papel crucial en la operación del hospital, gestionando el mantenimiento de los equipos médicos y asegurando la disponibilidad de

tecnologías avanzadas, actualmente no se cuenta con una herramienta adecuada que permita monitorear y analizar de manera precisa el desempeño de cada integrante. Esta carencia de información detallada y confiable impide la identificación de áreas de mejora, así como la implementación de estrategias para optimizar los procesos internos, lo que podría estar afectando la eficiencia general del departamento y, por ende, la calidad del servicio ofrecido. Ante esta situación, es crucial desarrollar un sistema que no solo recopile datos de manera continua y sistemática, sino que también permita realizar análisis detallados que sirvan como base para decisiones informadas y mejoras en los procesos operativos del departamento [4].

La implementación de estrategias destinadas a medir la productividad de un departamento y realizar ajustes basados en los resultados obtenidos es una práctica que ya ha sido aplicada con éxito en diversas instituciones. Estas iniciativas buscan optimizar los recursos y mejorar la eficiencia operativa mediante la recopilación y análisis de datos clave, permitiendo identificar puntos críticos y establecer acciones correctivas. Además, sirven como referencia para adaptar estas metodologías a contextos específicos, maximizando su impacto en diferentes entornos organizativos, un ejemplo de esto es el diseño y desarrollo de un control estadístico de procesos (*SPC*, por sus siglas en inglés), en el departamento de ingeniería clínica de un hospital en Guanajuato, México, ejecutado con el fin mejorar la productividad y los procesos internos de la institución. Los datos se recopilaron durante un período de 9 meses, abarcando múltiples equipos médicos y procedimientos de verificación para su análisis. Se utilizaron diversas herramientas estadísticas, como gráficos de control, gráficos de Pareto y estadística descriptiva, para analizar los datos recopilados. A partir de estos análisis, se propusieron modificaciones específicas en los procesos del departamento, con el objetivo de optimizar la eficiencia, reducir los costos y mejorar la calidad del servicio, basándose en la evidencia obtenida de los análisis estadísticos realizados [5].

Partiendo de la necesidad de conocer la productividad del departamento de ingeniería biomédica del Hospital Alma Máter de Antioquia, el presente trabajo se centra en definir una estrategia para medirla, haciendo énfasis en los retos asociados a la ausencia de herramientas efectivas para monitorear las actividades realizadas. Adicionalmente, describe las problemáticas actuales del departamento, destacando cómo estas limitan su capacidad operativa y afectan la

calidad del servicio. A través del uso de herramientas estadísticas y metodologías específicas, se identifican áreas críticas y se evalúan los factores que impactan el desempeño. Además, se desarrollan estrategias basadas en evidencia y casos exitosos en otras instituciones, orientadas a optimizar procesos internos, mejorar la eficiencia operativa y garantizar un servicio de mayor calidad. Este enfoque busca fortalecer la sostenibilidad del departamento y su contribución al funcionamiento integral del hospital.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Diseñar una herramienta de seguimiento y evaluación de las actividades técnicas del departamento de ingeniería biomédica del Hospital Alma Máter de Antioquia, con el propósito de optimizar la productividad operativa y mejorar la gestión de los recursos tecnológicos del hospital.

B. Objetivos específicos

- Identificar las variables clave para la medición de la productividad en los procesos internos del departamento de ingeniería biomédica, mediante un análisis detallado de los procesos y actividades técnicas.
- Desarrollar una herramienta de seguimiento que analice y evalúe la información de las variables seleccionadas para mejorar la productividad del departamento de ingeniería biomédica.
- Proponer estrategias de mejora basadas en el análisis estadístico de los datos recolectados, que permitan optimizar los tiempos de respuesta y la eficiencia operativa del departamento.

III. MARCO TEÓRICO

Con el fin de comprender el presente trabajo es necesario explorar conceptos teóricos fundamentales relacionados con la gestión eficiente de recursos y la productividad, la cual, se refiere a la relación entre los resultados obtenidos, productos o servicios, y los recursos utilizados, como mano de obra, capital, materiales o tiempo, en la producción de dichos resultados. Este es un indicador clave de eficiencia, dado que mide la capacidad de una organización o sistema para maximizar la producción utilizando la menor cantidad de recursos posible, por lo tanto, la productividad no solo implica generar más con menos, sino también optimizar los procesos internos para mejorar la calidad y reducir los desperdicios. Generalmente se expresa en términos de una relación cuantitativa, como unidades producidas por hora de trabajo o ingresos generados por capital invertido [6].

El departamento de ingeniería biomédica del hospital, es una unidad especializada que se encarga del mantenimiento, la gestión y la optimización de los equipos médicos y tecnológicos utilizados en el diagnóstico, tratamiento y monitoreo de los pacientes. Su objetivo principal es garantizar que todos los dispositivos biomédicos funcionen de manera segura, eficaz y eficiente, minimizando el tiempo de inactividad y asegurando la continuidad de la atención médica. Entre sus funciones, el departamento realiza mantenimientos preventivos y correctivos, calibra y verifica el correcto funcionamiento de los equipos, ejecuta revisiones de tecnovigilancia, lleva a cabo evaluaciones tecnológicas para la adquisición de nuevos dispositivos y proporciona formación y capacitación al personal asistencial y técnico en el uso adecuado de estos equipos. Además, puede involucrarse en actividades de investigación y desarrollo para mejorar las tecnologías existentes y en la implementación de sistemas de gestión de calidad para cumplir con las normativas y estándares de salud vigentes [2].

El departamento también forma parte del proceso de gestión del ciclo de vida de la tecnología médica en el hospital, el cual abarca todas las etapas desde la concepción hasta el retiro del uso de todos los dispositivos médicos. Comienza con la fase del pre-mercado, donde se realiza la investigación y diseño del dispositivo, seguido por la fase de validación y pruebas,

donde se llevan a cabo ensayos clínicos y se verifica su seguridad y eficacia. Una vez aprobado, se entra en la fase de post-mercado, donde el dispositivo se fabrica a escala y se distribuye al mercado. Durante la fase de implementación, en la cual comienza la participación del departamento de ingeniería biomédica, el dispositivo es instalado y puesto en funcionamiento en los entornos clínicos, con el soporte técnico necesario, posteriormente, se da lugar a la fase de uso y mantenimiento, la cual implica el monitoreo constante del rendimiento del dispositivo, realizando mantenimientos preventivos y correctivos para asegurar su operatividad y seguridad. En esta fase se contempla la resolución 4816 de 2008, emitida por el Ministerio de Salud y Protección Social, la cual, reglamenta el Programa Nacional de Tecnovigilancia, además de que promueve la capacitación continua de los profesionales de la salud [7]. Finalmente, la fase de retiro y disposición final ocurre cuando el dispositivo ha llegado al fin de su vida útil, y debe ser desinstalado y eliminado de manera segura y conforme a las regulaciones medioambientales y sanitarias. Cada una de estas fases es crucial para garantizar que los dispositivos médicos cumplan con los estándares de calidad y seguridad, proporcionando así un cuidado óptimo a los pacientes [8, 9].

Por otro lado, existen otros procesos importantes que requieren de un marco normativo, como lo es la habilitación, la cual es un proceso regulatorio que asegura que los prestadores de servicios de salud cumplan con los estándares mínimos de calidad y seguridad establecidos por las autoridades de salud, este proceso incluye la verificación de la infraestructura, la capacidad tecnológica y científica, la suficiencia patrimonial y financiera, y la capacidad técnico-administrativa de los prestadores de servicios de salud. Este proceso es fundamental para garantizar que los servicios de salud sean seguros, eficientes y de alta calidad para los pacientes. En Colombia, la habilitación está regulada por la Resolución 3100 de 2019, emitida por el Ministerio de Salud y Protección Social. Esta resolución adopta el Manual de Inscripción de Prestadores y Habilitación de Servicios de Salud, que especifica los criterios y estándares que deben cumplir los prestadores de servicios de salud para ser habilitados. Entre los aspectos clave que regula esta resolución se encuentran la inscripción en el Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud (REPS), la autoevaluación periódica de las condiciones de habilitación y la realización de visitas de verificación por parte de las autoridades de salud [10].

La gestión eficiente en el ámbito biomédico es un elemento clave para abordar los retos operativos que enfrentan instituciones como el Hospital Alma Máter de Antioquia. La eficiencia se entiende como la capacidad de alcanzar los mejores resultados clínicos y operativos utilizando de manera óptima los recursos disponibles. Esto incluye no solo el mantenimiento adecuado y la utilización efectiva de los equipos médicos, sino también la administración estratégica del tiempo, del personal y de los costos asociados. En este contexto, la eficiencia puede evaluarse a través de indicadores específicos, como la reducción de tiempos de inactividad de los equipos, la rapidez en la respuesta a fallos, la disminución de errores en diagnósticos y tratamientos, y la mejora continua en los procesos de mantenimiento y calibración. Alcanzar este nivel de eficiencia resulta fundamental para garantizar una atención de alta calidad al paciente, optimizar los costos operativos y asegurar la sostenibilidad del sistema de salud en conjunto [11].

Ahora bien, con el fin de poder medir la productividad del departamento de ingeniería biomédica, es necesario delimitar el alcance de la misma, esta, es una medida de la eficiencia con la que se utilizan los recursos para generar bienes o servicios, por lo que se define como la relación entre la producción obtenida y los recursos empleados en el proceso. En otras palabras, mide cuántos bienes o servicios se producen en comparación con los medios e insumos utilizados. Estos recursos pueden incluir el capital invertido, el número de empleados, la maquinaria, el tiempo y otros factores relevantes. Una mayor productividad implica que se están utilizando los recursos de manera más eficiente para producir una cantidad mayor de bienes o servicios con los mismos o menos recursos, lo cual es crucial para mejorar la competitividad y la rentabilidad de cualquier organización. La productividad puede analizarse a nivel individual, departamental o de toda una organización, y se puede mejorar mediante la optimización de procesos, la capacitación del personal, la implementación de nuevas tecnologías y la gestión efectiva de los recursos [12].

IV. METODOLOGÍA

En la **Fig. 1**, se presenta una versión resumida de la metodología que se llevó a cabo para ejecutar el proyecto.

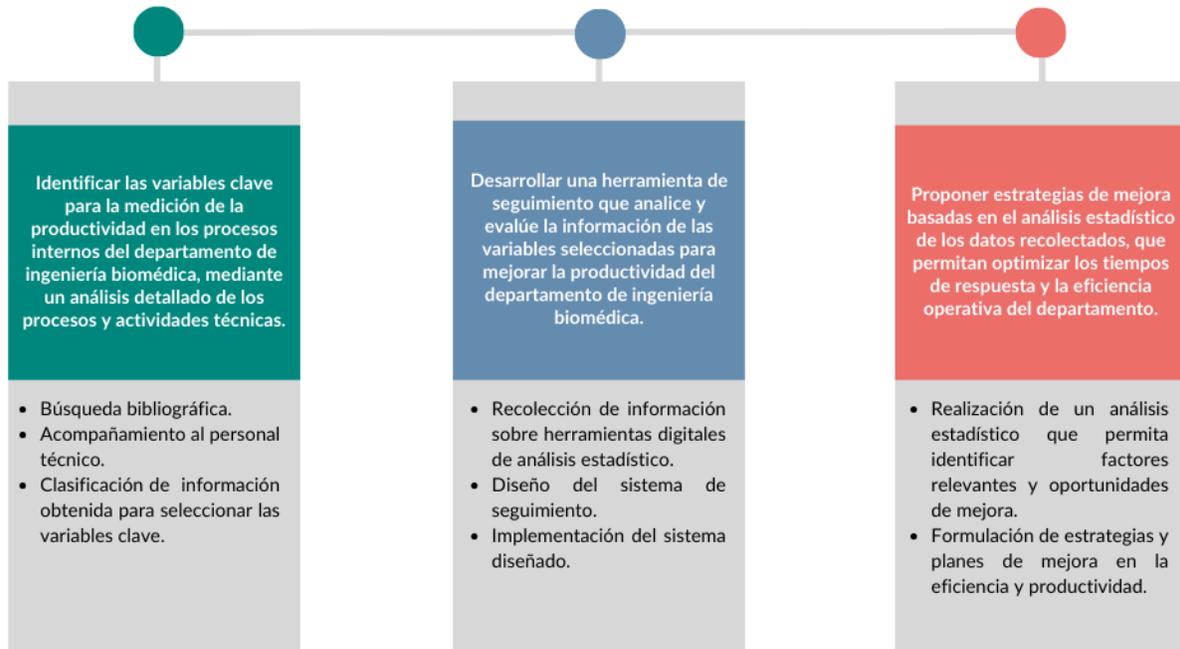


Fig. 1. Metodología del proyecto.

Para diseñar una herramienta de seguimiento efectivo, es fundamental realizar un análisis profundo que permita conocer y comprender la labor del departamento de ingeniería biomédica en un hospital de alto nivel, como es el hospital Alma Máter de Antioquia. Este análisis se complementó con una búsqueda bibliográfica, así como con el seguimiento y acompañamiento directo al personal técnico en sus respectivos servicios y labores. Esto permitió conocer de primera mano las actividades que cada técnico realiza, obteniendo así la información y las variables clave necesarias para evaluar la productividad de los procesos. Entre estas variables se incluyen aspectos como el tiempo dedicado a los mantenimientos preventivos y correctivos, el tiempo de respuesta, los recursos invertidos en cada tarea y la información sobre las capacitaciones realizadas, como cantidad de personal impactado, número de capacitaciones por periodo, duración, entre otras. Una vez se contó con toda la información, fue necesario clasificar las variables obtenidas en función de su impacto en el nivel de productividad, con el fin de

determinar cuáles eran las más influyentes, las cuales fueron seleccionadas y denominadas como variables clave. Con el fin de efectuar esta recolección y clasificación inicial de información se usó la herramienta de análisis y visualización de datos de Excel, la cual proporciona una plataforma familiar y accesible para el personal técnico.

Con la información recolectada y las variables clave previamente identificadas, se diseñó una herramienta de seguimiento utilizando Excel. Cada responsable recibió una capacitación para familiarizarse con su uso, asegurando un manejo adecuado y consistente. Los responsables debían registrar datos relacionados con los mantenimientos realizados durante un mes, incluyendo el equipo intervenido, la fecha y hora de inicio y finalización, y si se llevó a cabo alguna actividad educativa asociada. Esta información fue recopilada y actualizada de forma continua, sirviendo como base para un análisis detallado de los procesos.

Adicionalmente, se empleó Power BI para el análisis estadístico y la visualización de datos. Esta herramienta permitió realizar un tratamiento avanzado de la información y desarrollar dashboards interactivos que facilitaban la identificación de factores críticos y áreas de mejora. Esta integración tecnológica ofreció una perspectiva más completa y precisa para evaluar la productividad del departamento.

Para calcular los tiempos de traslado de equipos, se realizaron mediciones en diferentes horarios del día y para cada servicio, lo que permitió obtener un promedio representativo del tiempo empleado en estas actividades. Con estos datos, se analizaron las oportunidades de mejora y se plantearon propuestas específicas para optimizar los traslados, reducir tiempos improductivos y aumentar la productividad general. Estas iniciativas no solo mejoraron el seguimiento de las actividades, sino que también proporcionaron una base sólida para tomar decisiones fundamentadas en datos confiables.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Identificación de las variables clave para la medición de la productividad.

Con el fin de dar cumplimiento al primer objetivo específico del trabajo, se realizó una búsqueda bibliográfica, sobre artículos relacionados con la medición de la productividad en el área de ingeniería biomédica de centros médicos. Sin embargo, no se encontró información relevante ni suficiente, dado que la mayoría estaban enfocados a mejorar la atención a los pacientes, como disminuir los tiempos de estancia en un servicio o predecir la ocupación de este. Adicionalmente, los artículos relacionados con el departamento de ingeniería o mantenimiento de equipos, estaban orientados a predecir los mantenimientos correctivos de los dispositivos, para disminuir la frecuencia con que se ejecutan mantenimientos preventivos. Por lo tanto, la búsqueda no se limitó al sector hospitalario, sino que se amplió a otras industrias, como la manufacturera y la industria automotriz, con el fin de extrapolar las variables que pudieran ser aplicables al contexto biomédico y encontrar información relacionada con las mediciones de productividad, cómo desarrollarlas, qué variables tener en cuenta, cómo clasificar la información, entre otras. En la **TABLA I**, se presentan los artículos más relevantes y la información significativa para el desarrollo del primer objetivo.

TABLA I
RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA

Artículo	Información relevante
Efficiency measurement based on novel performance measures in total productive maintenance (TPM) using a fuzzy integrated COPRAS and DEA method [13]	Este artículo tiene como objetivo proponer un marco para la evaluación del desempeño del TPM, el cual es una herramienta de cuatro fases (diseño, evaluación, implementación y revisión), empleada para mejorar el desempeño y la sustentabilidad de la manufactura, así como aumentar la eficiencia de un equipo. Para poner a prueba su metodología realizaron una aplicación de esta en una empresa manufacturera de la industria automotriz, segmentando las líneas de la empresa sobre las que iban a trabajar y empleando indicadores de desempeño que incluían tanto información cuantitativa como cualitativa, algunos de estos fueron: disponibilidad de personal de mantenimiento, indicadores de la competencia del personal de mantenimiento, experiencia de los operadores, confiabilidad del operador, capacitación y educación continua, indicadores de satisfacción de los empleados, como el ausentismo laboral, la tasa de rotación de empleados y el rechazo de horas extendidas u horas extras. El estudio permitió concluir que el sistema de medición del desempeño
Medición de la eficiencia basada en nuevas métricas de desempeño en el mantenimiento productivo total (TPM) utilizando un método integrado de COPRAS difuso y DEA [13].	
Suecia, 2023	

	<p>del mantenimiento productivo total propuesto puede ayudar a mejorar la eficacia de las prácticas de mantenimiento, así como aumentar la seguridad de los equipos, mejorar la calidad del producto, entre otros. Lo que puede fomentar la innovación y crear una cultura de mejora continua en la organización.</p>
<p>The effect of efficiency measurement to the improvement of maintenance productivity [14].</p> <p>El efecto de la medición de la eficiencia en la mejora de la productividad del mantenimiento [14].</p> <p>Indonesia, 2018</p>	<p>Este artículo tiene como objetivo demostrar que la reducción de actividades que no generan valor agregado en el mantenimiento de los equipos contribuye significativamente a mejorar la eficiencia operativa. Para ello, todas las actividades asociadas al mantenimiento se clasificaron en dos categorías: Valor Agregado (<i>VA</i>) y Valor No Agregado (<i>NVA</i>), diferenciando entre las etapas de preparación y las fases posteriores. La información se recopiló mediante métodos como la observación directa de los miembros del equipo y el registro detallado de las actividades realizadas. Una vez obtenida la información, se aplicaron análisis estadísticos para evaluar qué actividades podían eliminarse o reducir su inversión de tiempo. Adicionalmente, se calculó la carga total de trabajo de las máquinas, con el objetivo de determinar la cantidad óptima de personal de mantenimiento requerido. Como resultado del estudio, se logró aumentar la eficiencia del 20.4% al 49.5%, principalmente a través de la reducción de actividades NVA. Además, se identificó una disminución en el número de personal necesario, pasando de 6 a 4 personas. Este hallazgo resalta que la eficiencia en el mantenimiento es un factor crítico para mejorar el rendimiento general de la producción, ya que permite identificar áreas de mejora, optimizar los tiempos de operación y garantizar un uso más efectivo de los recursos disponibles.</p>
<p>La capacitación como herramienta efectiva para mejorar el desempeño de los empleados [15]</p> <p>México, 2016</p>	<p>En este artículo se presentan los beneficios y la importancia de capacitar al personal de una empresa, destacando la mejora que produce en el desempeño de los empleados, dado que propicia la innovación y la competitividad. Hace especial énfasis en ver las capacitaciones como una oportunidad para aumentar la eficiencia y productividad de los trabajadores cuando se planea estratégicamente para alinearse a los objetivos de la compañía.</p>
<p>A Review of Research on the Effects of Employee Workplace Micro-breaks on Job Performance [16].</p> <p>Revisión de investigaciones sobre los efectos de las micro-pausas en el lugar de trabajo de los empleados en el desempeño laboral [16].</p> <p>China, 2024</p>	<p>En este artículo se centran en realizar una revisión literaria de la bibliografía disponible sobre los efectos de tomar micro descansos dentro del trabajo. Los resultados de estos estudios apuntan a la relación positiva entre la mejora del rendimiento laboral ligada a los micro descansos, sin embargo, también destaca la importancia de evaluar el tiempo de duración, la frecuencia y la actividad realizada durante el descanso, con el fin de obtener los mejores resultados, dada la influencia del descanso en aspectos emocionales, de recuperación y de compromiso cognitivo.</p>

Ahora bien, teniendo en cuenta la información relevante hallada durante la búsqueda bibliográfica y condensada en la **TABLA I**, es necesario explorar aquellas variables que pueden

aplicarse al contexto del presente trabajo. El artículo publicado por Bekar [13], destaca por sus esfuerzos en mejorar el desempeño y la sustentabilidad en la industria automotriz, específicamente midiendo la efectividad del equipo técnico. Aunque muchas de las variables identificadas no eran directamente aplicables al área biomédica, algunas fueron adaptables. Entre estas variables útiles se encuentran el número de mantenimientos correctivos realizados, el tiempo medio entre reparaciones (*MTTR*, por sus siglas en inglés), el tiempo medio entre fallos (*MTBF*, por sus siglas en inglés), el tiempo de espera para la llegada de repuestos, el ausentismo de los empleados, la tasa de rotación del personal que va ligada a la curva de aprendizaje de estos y de los practicantes que se encuentran en sus servicios, y la experiencia del personal técnico. Asimismo, se identificaron variables relacionadas con la formación continua del personal técnico, dado que las capacitaciones frecuentes son esenciales para mejorar la competencia y habilidades del equipo. Todas estas variables tienen un paralelo con el trabajo que realizan los tecnólogos del área de ingeniería biomédica del hospital, dado que son actividades cuantificables que estos ejecutan dentro de sus múltiples funciones, por lo que resultan útiles para medir la productividad del departamento.

Por otro lado, el artículo de Rizlan *et al* [14], clasifica el tiempo del personal técnico en una empresa de la industria alimentaria en dos categorías: VA y NVA. Esta clasificación permite obtener información detallada sobre las actividades que realizan los técnicos y cuánto tiempo dedican a cada una. El objetivo es identificar las actividades NVA, es decir, aquellas que no contribuyen directamente a la productividad, para reducirlas y así optimizar el rendimiento general. Sin embargo, el enfoque del artículo presenta una definición estricta de VA, considerando solo el tiempo en el que el personal tiene todos los insumos y herramientas listas, y ha comenzado el mantenimiento. Actividades como labores administrativas, capacitaciones u otras tareas no se consideran en esta categoría, por lo tanto, no se contabilizan en la productividad del personal. Este enfoque resulta limitante para su aplicación en el ámbito biomédico, dado que no refleja la realidad de un equipo técnico que desempeña diversas funciones críticas más allá del mantenimiento. Por esta razón, se propone adaptar la idea de separar el tiempo en categorías similares de VA y NVA, pero con una visión más equilibrada que incluya tareas necesarias como la capacitación y la gestión administrativa, reconociendo su valor para el funcionamiento integral del departamento. Además, se busca complementar este enfoque con estrategias que promuevan

el bienestar laboral, lo que podría contribuir tanto a generar mayor eficiencia, como a aumentar la satisfacción del personal técnico.

Por otra parte, también es importante mencionar la importancia o influencia que tienen las actividades que se clasificaron en el artículo anterior como NVA, para el presente trabajo, no se emplearán clasificaciones tan estrictas, pues es importante resaltar el papel de aspectos como los descansos y las capacitaciones, por lo que se usarán categorías como Actividades de Mantenimiento Efectivo (*ME*), Actividades de Mantenimiento No Efectivo (*MNE*) y Otras Actividades (*OA*), cuya descripción será presentada más adelante. Con el fin de revisar la relevancia de estos aspectos, se revisaron artículos sobre el efecto de capacitar al personal con el aumento de la productividad, y el peso de desarrollar pausas activas o descansos cortos durante las actividades laborales. Osorio y Luévano [15, 17] resaltan la importancia que tiene en una compañía el fomentar la capacitación, al producir un beneficio tanto para el trabajador como para la organización, puesto que fomenta nuevas competencias y establece claramente los objetivos de la compañía, por lo que no es apropiado reducir los tiempos dedicados al aprendizaje, sino que estos procesos de capacitación deben ser incluidos dentro de las estrategias de crecimiento de la institución, siempre y cuando se desarrollen ligados al marco de interés de la compañía. Por otro lado, en cuanto a los descansos durante la jornada laboral, diversos autores [16, 18 - 20], exponen la creencia de las compañías a tomarlos como actividades que influyen negativamente en el rendimiento de los empleados, no obstante, sus estudios demuestran que estos descansos tienen un efecto positivo en la productividad, aumentando no solo la calidad del rendimiento sino también la cantidad, al estimular a los empleados emocionalmente. Sin embargo, también coinciden en la necesidad de identificar aquellas actividades que logren activar al trabajador, como boxeo, actividades de socialización, juegos o sistemas de relajación, en lugar de aquellas que no promuevan estos estados, como siestas o consumo de alimentos sin propósito, así como estudiar la influencia de la duración y la frecuencia de las mismas [16].

Esta información, recopilada y presentada en la **TABLA I**, proporciona una base para establecer las variables específicas que se aplicaron en el departamento de ingeniería biomédica, adaptando aquellas más relevantes al contexto hospitalario para medir y mejorar la productividad. Sin embargo, la información bibliográfica encontrada, se complementó con datos específicos

recolectados del hospital, lo que permitió obtener una visión más precisa de la situación actual. En este sentido, se buscó detallar las labores diarias de los 6 técnicos responsables, quienes gestionan uno o más servicios, como se puede observar en la **TABLA II**. Para obtener esta información, se realizó una encuesta a cada uno de los responsables sobre las actividades que realizan con mayor frecuencia y el tiempo estimado que dedican a estas. Además, se obtuvo el perfil técnico del cargo de "Tecnólogo del área de ingeniería biomédica", el cual sirvió como referencia para comparar si las tareas que realizan coinciden con las responsabilidades asignadas desde su contratación. Esta comparación es fundamental para evaluar si los técnicos están alineados con las expectativas del cargo o si existen desajustes que podrían afectar su desempeño y la productividad general del departamento. La identificación de posibles brechas permitirá implementar mejoras en la asignación de tareas y optimizar el tiempo dedicado a cada actividad clave.

TABLA II
SERVICIOS HOSPITALARIOS ASIGNADOS A CADA TÉCNICO "RESPONSABLE."

Responsables	Servicio
Responsable 1	Cirugía
Responsable 2	UCI UCE
Responsable 3	Consulta externa Hemodinamia Oncología Cardiodiagnóstico Central de esterilización Neumología
Responsable 4	Hospitalización
Responsable 5	Urgencias Atención domiciliaria Ingeniería
Responsable 6	Sede ambulatoria / Sede Prado

Según el perfil técnico, el tecnólogo en ingeniería biomédica tiene la responsabilidad de mantener los equipos biomédicos en óptimas condiciones para garantizar la seguridad de los pacientes y el personal asistencial, así como la eficiencia en los servicios de salud. Dentro de sus actividades más destacadas, se encuentran, la recepción técnica de los equipos biomédicos, asegurándose de que cumplan con los requerimientos normativos vigentes antes de su integración en la institución, además de la realización de pruebas iniciales de funcionamiento y la gestión de documentación técnica correspondiente.

Otra de las funciones claves del tecnólogo es la ejecución de planes de mantenimiento preventivo, siguiendo los cronogramas establecidos para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos a lo largo del tiempo. Este trabajo incluye la coordinación con proveedores y contratistas para realizar calibraciones, reparaciones y otras pruebas técnicas que garanticen la calidad y seguridad de los equipos. Adicionalmente, el tecnólogo debe registrar y procesar la información sobre las intervenciones técnicas, lo cual permite un seguimiento adecuado y trazabilidad de cada equipo.

Además de las actividades de mantenimiento, el tecnólogo realiza rondas diarias para identificar posibles fallos en los equipos biomédicos, incidentes o eventos adversos. A partir de estos hallazgos, se realizan reportes y se coordinan las acciones correctivas necesarias. También participa activamente en comités y programas de mejora continua, asegurando que todas las actividades cumplan con las normativas vigentes y los requisitos de calidad establecidos por la institución.

Por último, el tecnólogo debe apoyar la producción de gases medicinales, asegurándose de que los equipos y áreas cumplan con las normativas de buenas prácticas de manufactura. Verificar las condiciones de los filtros y equipos utilizados en la producción y almacenamiento de gases medicinales, garantizando que se sigan los controles necesarios para evitar contaminación.

Teniendo el perfil técnico claro, la información de cada uno de los integrantes del personal técnico es la siguiente:

Responsable 1.

El responsable del área de cirugía realiza un conjunto de actividades diarias que abordan tanto labores preventivas como correctivas, todas enfocadas a garantizar la disponibilidad y correcto funcionamiento de los equipos en los quirófanos. Su jornada comienza a las 6:00 a.m con el alistamiento de los 14 quirófanos, el cual consiste en realizar pruebas de fugas a todas las máquinas de anestesia que se encuentran en el servicio. Luego, revisa con los jefes de servicio si

hubo algún reporte de la noche en los diferentes ambientes. Esta rutina matutina incluye también la revisión de órdenes pendientes, con especial atención a la disponibilidad de equipos para el mantenimiento preventivo. Otra parte esencial de su labor se centra en estar atento a las fallas que puedan ocurrir en los quirófanos, asegurando que los equipos estén siempre listos para las cirugías programadas, especialmente en horas pico de la mañana. Entre las 9:00 a.m. y las 12:00 p.m., el responsable se dedica tanto a realizar mantenimientos preventivos como correctivos, además de gestionar tecnologías para labores administrativas. Más tarde, a partir del mediodía, se enfoca en intervenciones específicas como alistamiento de mesas de tracción y otros equipos utilizados en procedimientos de ortopedia y cirugía. Además, realiza tareas como la verificación de bombas de infusión y otros dispositivos críticos, asegurando que todos los equipos quirúrgicos estén en óptimas condiciones para su uso.

Finalmente, durante la tarde, se dedica a la realización de mantenimientos correctivos y a la planificación del siguiente día de trabajo. Esto incluye la revisión de la programación quirúrgica, para conocer si se requiere la disponibilidad de equipos específicos, los cuales necesitan documentación adicional, para garantizar que todos los sistemas de apoyo quirúrgico estén listos para cualquier eventualidad.

Responsable 2

El responsable de los servicios de la Unidad de Cuidados Intensivos (*UCI*) y la Unidad de Cuidados Especiales (*UCE*), desempeña un papel crucial en garantizar el correcto funcionamiento de los equipos médicos en dos áreas de alta complejidad y urgencia. Entre sus principales labores, realiza rondas diarias en ambos servicios, inspeccionando minuciosamente los equipos para verificar que no presenten fallos y estén en óptimas condiciones de uso. Además, coordina el traslado de equipos médicos entre servicios, asegurándose de que los dispositivos que requieren mantenimiento preventivo por parte de proveedores externos estén disponibles y listos para su revisión.

En su día a día, este responsable también permanece alerta ante posibles fallos en los equipos, gestionando de manera proactiva los mantenimientos correctivos necesarios para

minimizar el tiempo de inactividad de los dispositivos críticos. Complementariamente, lleva a cabo mantenimientos preventivos de aquellos equipos que son propiedad del hospital, una tarea esencial para garantizar la continuidad de los servicios y la seguridad de los pacientes.

Responsable 3

El responsable de las áreas de consulta externa, hemodinamia, oncología, cardiodiagnóstico, central de esterilización y neumología tiene una rutina bastante diversa y ocupada, centrada en la gestión y el mantenimiento tanto preventivo como correctivo de los equipos médicos esenciales para cada uno de estos servicios. Durante la jornada, que se extiende desde las primeras horas de la mañana hasta la tarde, este profesional debe revisar los correos electrónicos y requerimientos pendientes, lo que implica la atención a solicitudes de mantenimiento y la resolución de informes previos. Aproximadamente a partir de las 9:30 a.m., realiza una ronda general por los equipos de los diferentes servicios asignados, donde se verifica el estado de los dispositivos médicos, atendiendo a las prioridades y realizando los mantenimientos correctivos necesarios.

Además, el técnico se enfoca en actividades más específicas, como el soporte a los equipos de diagnóstico cardiovascular en cardiodiagnóstico, el mantenimiento de bombas de infusión en oncología, y la verificación del adecuado funcionamiento de los equipos de la central de esterilización. Durante la tarde, entre las 2:00 p.m. y las 5:00 p.m., se atienden los mantenimientos correctivos que surgen a lo largo del día y se finalizan informes.

Responsable 4

El responsable del área de hospitalización tiene un conjunto de actividades distribuidas de manera clara a lo largo del día, enfocadas principalmente en la revisión de requerimientos, la gestión de correos y el cierre de informes, tareas que se llevan a cabo entre las 7:00 a.m. y las 9:00 a.m. Esta etapa es crucial para garantizar la coordinación entre las distintas áreas y asegurar que todas las necesidades técnicas están siendo atendidas. Posteriormente, entre las 9:30 a.m. y las 12:30 p.m., realiza una ronda general, inspeccionando los equipos y llevando a cabo los

mantenimientos preventivos necesarios en los dispositivos bajo su responsabilidad. Esta fase implica revisar el estado operativo de los equipos y atender posibles fallas menores antes de que se conviertan en problemas más serios, optimizando así el funcionamiento del área.

Finalmente, por la tarde, de 2:00 p.m. a 5:00 p.m, su atención se centra tanto en los mantenimientos correctivos como preventivos, atendiendo emergencias y fallos que puedan presentarse, para finalmente cerrar los informes del día.

Responsable 5.

El responsable de los servicios de Urgencias, Ingeniería y atención domiciliaria tiene una serie de actividades clave que se distribuyen a lo largo de la semana, cubriendo distintas áreas operativas esenciales. En las mañanas, comienza con el registro de los datos del compresor de aire medicinal, asegurando que el equipo funcione adecuadamente. Los martes, se realiza el cambio de lote, actividad que se lleva a cabo antes del mediodía, garantizando que los suministros de gases estén listos para su uso. También, en las primeras horas del día, se encarga de la recepción de cilindros y actualiza la información de los niveles de los tanques, lo cual es crucial para el abastecimiento continuo de gases.

Durante la tarde, enfoca su tiempo en las rondas y los mantenimientos preventivos, dividiendo estas tareas antes y después del almuerzo, de manera que se mantenga la operatividad de los equipos sin interrupciones. Además, diariamente hace el pedido de cilindros, basándose en las cantidades informadas por el encargado, asegurando que los suministros necesarios están siempre disponibles. Una responsabilidad importante es la gestión de los formatos del sistema de gestión de Buenas Prácticas de Manufactura de gases, los cuales revisa, prepara y entrega para su aprobación y posterior envío a la farmacia.

A fin de mes, asume la tarea de revisar las remisiones de la empresa proveedora de oxígeno líquido y gaseoso para el hospital, para validar los pagos, asegurando que se cumplan con los procedimientos establecidos. También supervisa los formatos de limpieza del compresor de aire medicinal y se asegura de que todos los documentos relacionados con los gases, como los formatos impresos, estén actualizados y en conformidad con las versiones vigentes en el Sistema

de Control de Calidad (*CALIPSU*). Con este conjunto de responsabilidades, garantiza que el servicio funcione de manera eficiente, manteniendo un control riguroso de las operaciones del área.

Por otro lado, también se han recolectado datos sobre los mantenimientos preventivos realizados en los últimos cuatro meses, clasificados por servicio y asignados a los responsables correspondientes. Es importante destacar que varios responsables están a cargo de uno o más servicios, como se presentó previamente, lo que implica una gestión más compleja. Esta información puede observarse de manera gráfica en las **Fig. 2 y 3**, las cuales muestran la distribución de los mantenimientos por cada responsable y servicio. Este análisis permite identificar tanto la carga de trabajo de cada técnico como la distribución de las actividades preventivas, lo que es clave para el diseño de un sistema de seguimiento eficiente.

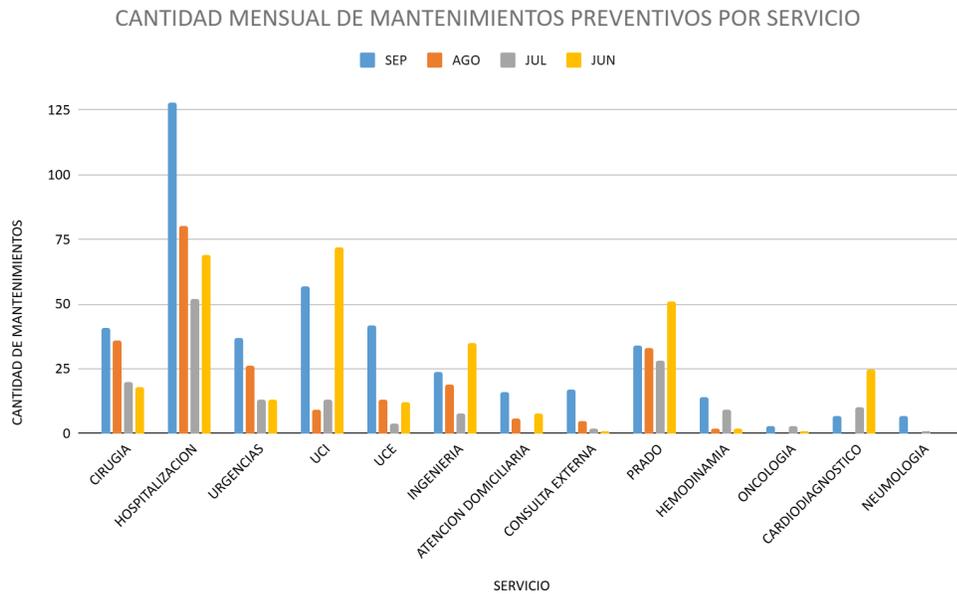


Fig. 2. Cantidad mensual de mantenimientos preventivos por servicio.

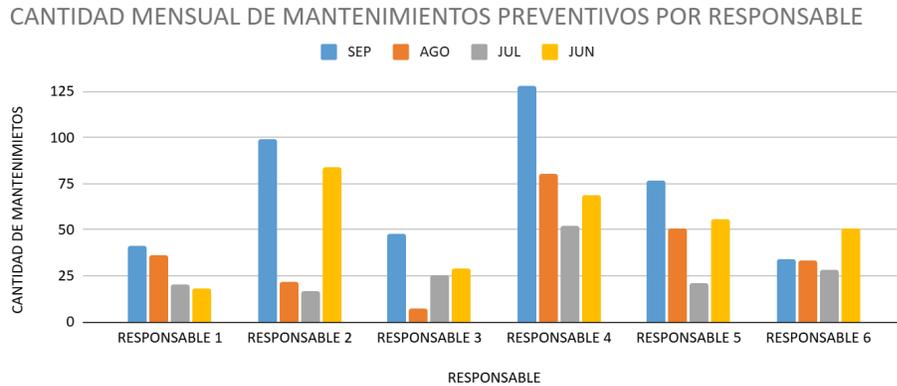


Fig. 3. Cantidad mensual de mantenimientos preventivos por responsable.

Además, esta información permite calcular los promedios de mantenimientos preventivos tanto por servicio como por responsable, lo cual facilita el análisis de la distribución y frecuencia de las actividades realizadas. Al observar los datos presentados en las **Fig. 4 y 5**, se visualiza cómo varía la carga de trabajo entre los diferentes responsables y servicios, donde es posible apreciar el desequilibrio entre estos, dado que el Responsable 4, realiza entre un 48 y 200% más de mantenimientos preventivos que el resto de integrantes del equipo, por lo que su carga laboral es mayor, por lo menos en cantidad. Este análisis es clave para identificar áreas donde se concentran más actividades de mantenimiento (Hospitalización, UCI y Sede Prado), permitiendo una gestión más eficiente de los recursos humanos y técnicos. Los resultados obtenidos no solo ayudan a equilibrar mejor las responsabilidades entre el personal, sino que también permiten anticipar necesidades futuras de capacitación o redistribución de tareas. Lo que puede resultar en una mejora de la productividad y ayudar a asegurar que el equipo técnico opere de manera óptima en cada uno de los servicios del hospital.

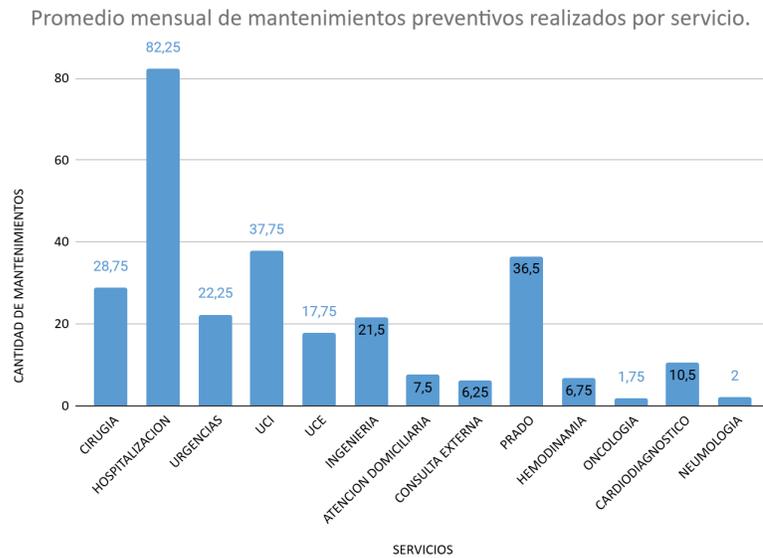


Fig. 4. Promedio mensual de mantenimientos preventivos realizados por servicio, en un trimestre.

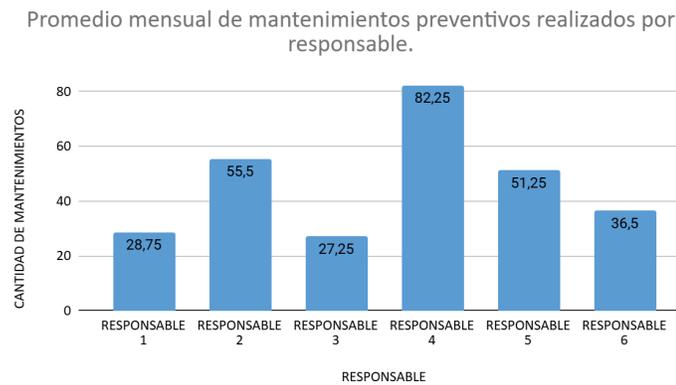


Fig. 5. Promedio mensual de mantenimientos preventivos realizados por responsable.

A parte de la información presentada anteriormente, es posible obtener la desviación estándar para cada uno de los mantenimientos preventivos mensuales por servicio, como se puede observar en las **TABLAS III y IV**. Esta métrica es muy útil para evaluar la consistencia y la variabilidad en los tiempos de mantenimiento, lo que permite identificar patrones y posibles anomalías en los procesos. Además, la identificación de variaciones en los tiempos de mantenimiento puede ayudar a enfocar esfuerzos en áreas específicas que requieran intervención para mejorar la productividad y la eficiencia del departamento.

TABLA III
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS MENSUALES POR SERVICIO.

Servicio	Desviación estándar
Cirugía	11.47
Hospitalización	32.6
Urgencias	11.59
UCI	31.53
UCE	16.66
Ingeniería	11.21
Atención domiciliaria	6.61
Consulta externa	7.37
Prado	10.02
Hemodinamia	5.85
Oncología	1.5
Cardiodiagnóstico	10.54
Neumología	3.37

TABLA IV
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS MENSUALES POR RESPONSABLE.

Responsable	Desviación estándar
Responsable 1	11.47
Responsable 2	42.07
Responsable 3	16.82
Responsable 4	32.6
Responsable 5	23.1
Responsable 6	10.02

Además, se dispone de datos sobre los mantenimientos correctivos realizados, tanto por servicio como por responsable, los cuales se pueden observar en las **Fig. 6 y 7**. Sin embargo, es importante destacar que esta información no es completamente precisa, puesto que no todos los mantenimientos correctivos realizados son registrados de manera formal en cada servicio. A pesar de esta limitación, los datos obtenidos proporcionan un panorama general de la situación de cada servicio y permiten identificar las áreas en las que se presentan fallos con mayor frecuencia, como hospitalización y cirugía. Esto resulta útil para entender mejor la carga de trabajo y las necesidades de atención que tiene cada responsable, como en el caso de los mantenimientos preventivos, el Responsable 4 es quien nuevamente tiene una mayor carga, entre el 35 y 320% superior al resto. Esta información facilita la planificación de recursos y la identificación de posibles puntos críticos que requieren mayor atención. Por otro lado, la información incompleta también sugiere la necesidad de mejorar los procesos de notificación y registro de los

mantenimientos correctivos, lo que podría contribuir a obtener un control más preciso y a largo plazo optimizar la eficiencia del departamento de ingeniería biomédica.

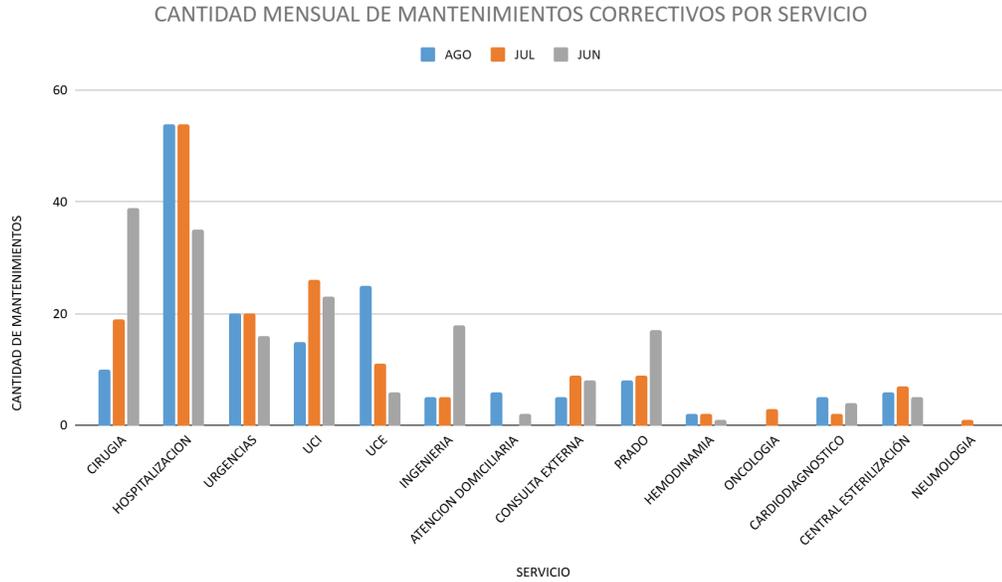


Fig. 6. Cantidad mensual de mantenimientos correctivos por servicio.

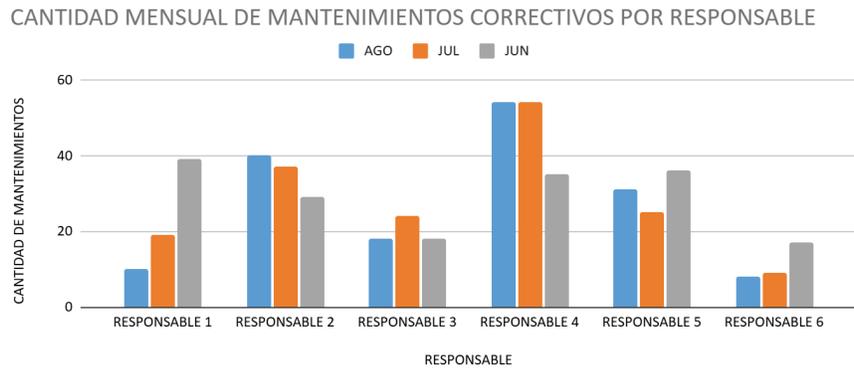


Fig. 7. Cantidad mensual de mantenimientos correctivos por responsable.

En el análisis de los mantenimientos correctivos, también es posible calcular el promedio mensual de estas intervenciones por cada servicio y responsable, esto se puede observar en las Fig. 8 y 9. Este dato resulta valioso, dado que proporciona una visión general del desempeño y la frecuencia de los correctivos realizados en cada área del hospital. Al obtener este promedio, se

pueden identificar tendencias en la necesidad de mantenimiento y posibles problemas recurrentes con equipos específicos. Además, este análisis permite ajustar las estrategias de asignación de recursos y prever futuras necesidades de mantenimiento, lo que podría optimizar tanto el tiempo como los recursos disponibles para cada responsable.

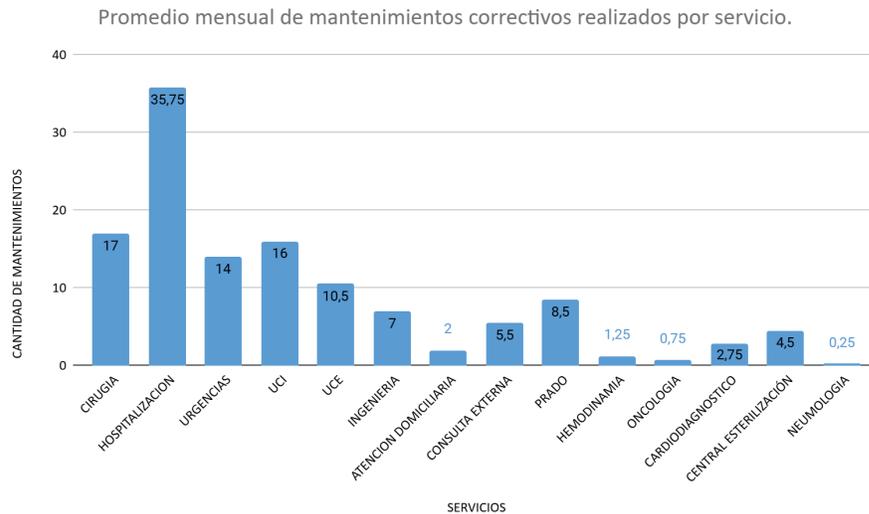


Fig. 8. Promedio mensual de mantenimientos correctivos realizados por servicio.

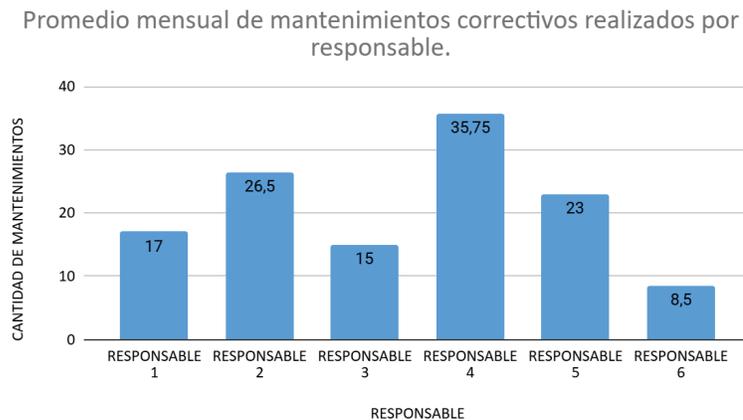


Fig. 9. Promedio mensual de mantenimientos correctivos realizados por responsable.

Finalmente, aunque es posible calcular la desviación estándar de los mantenimientos correctivos y preventivos realizados, los datos disponibles no son completamente precisos, lo cual dificulta un análisis más profundo y confiable de la variabilidad de estos trabajos en

diferentes servicios y entre los responsables. Esta limitación resalta la importancia de contar con un sistema robusto de recolección y registro de información, que permita obtener datos más consistentes y representativos. La implementación de dicha herramienta fortalecería el análisis estadístico y optimizaría la gestión del tiempo y recursos en el departamento, contribuyendo directamente a la solución planteada al problema identificado. Esto se puede observar en las **TABLAS V y VI**, donde se identifican patrones generales, pero cuya precisión podría mejorar significativamente con datos más confiables.

TABLA V
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS MENSUALES POR SERVICIO.

Servicio	Desviación estándar
Cirugía	14.84
Hospitalización	10.97
Urgencias	2.31
UCI	5.69
UCE	9.85
Ingeniería	7.51
Atención domiciliaria	3.06
Consulta externa	2.08
Prado	4.93
Hemodinamia	0.58
Oncología	1.73
Cardiodiagnóstico	1.53
Neumología	0.58
Central de esterilización	1

TABLA VI
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS MENSUALES POR RESPONSABLE.

Responsable	Desviación estándar
Responsable 1	14.84
Responsable 2	5.69
Responsable 3	3.46
Responsable 4	10.97
Responsable 5	5.51
Responsable 6	4.93

Para lograr un control efectivo de los equipos, se realizó un análisis detallado sobre la cantidad y el tipo de dispositivos disponibles en la institución, donde se obtuvo que el hospital cuenta con 6579 dispositivos médicos. A partir de la información recopilada, se identificó la necesidad de enfocar el análisis en equipos específicos de alta complejidad que requieren mayor atención. Esto se debe a la amplia cantidad y diversidad de tecnologías con las que cuenta el hospital, lo que haría inviable incluir todos los tipos de equipos dentro del alcance del proyecto.

Al priorizar equipos de alta criticidad, se logra optimizar el uso de los recursos disponibles y obtener resultados más detallados y significativos. Este enfoque permite profundizar en los aspectos técnicos, operativos y de mantenimiento de los equipos más relevantes, garantizando un impacto directo en la mejora de la eficiencia y la calidad del servicio. A continuación, se presenta la lista de dichos equipos:

TABLA VII
EQUIPOS QUE SE TENDRÁN EN CUENTA EN LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO.

Equipo	Cantidad	Porcentaje (%)
Ventilador	148	2,24
Monitor de signos vitales	451	6,85
Desfibrilador	37	0,56
Aspirador portatil	139	2,11
Electrobisturí	21	0,31
Electrocardiógrafo	23	0,34
Máquina de anestesia	17	0,25
Máquina de hemodiálisis	13	0,19
Ecógrafo	13	0,19
Grabadora Holter ECG	20	0,3
Total	882	13,4

Nota: Porcentaje de equipos respecto al inventario total del hospital.

Teniendo en cuenta estos equipos, se alcanza un total de 882 dispositivos, lo que representa el 13,4% del inventario total de la institución. Sin embargo, para fundamentar el enfoque del proyecto, se aplicó el principio de Pareto, que sugiere que el 20% de los elementos más relevantes suelen ser responsables del 80% de los resultados. Basándose en esta teoría, se decidió ampliar el alcance para cubrir un porcentaje superior al 20%, priorizando aquellos equipos críticos con mayor impacto en el funcionamiento hospitalario [21].

Por esta razón, se incluyeron los pulsioxímetros, los cuales suman 47 dispositivos y las bombas de infusión, que aunque estas son un comodato y no pertenecen directamente a la institución, tienen un uso masivo y continuo en múltiples servicios, sumando 1,008 dispositivos. Si bien su mantenimiento está a cargo del proveedor y no del personal técnico del hospital, su inclusión permite evaluar la carga operativa y el tiempo requerido para su gestión, traslado y supervisión. De esta forma, se asegura que el análisis refleje una representación más completa y significativa del impacto operativo del equipamiento en el hospital. A nivel mundial, las bombas de infusión están asociadas con una alta incidencia de eventos adversos relacionados con errores

de administración de medicamentos, fallos técnicos y problemas operativos. Esta tecnología figura entre las más reportadas por incidentes adversos en el ámbito hospitalario. Esto subraya la importancia de su monitoreo adecuado y gestión eficiente, no solo desde el punto de vista técnico, sino también en términos de seguridad para los pacientes [22].

Con la información recolectada, se definió una lista detallada de variables clave que permitieron evaluar con precisión la productividad y eficiencia de los procesos del departamento de ingeniería biomédica. Estas variables se dividieron en dos grandes categorías: ME y MNE, diferenciando entre aquellas actividades que realmente agregan valor al desempeño técnico y aquellas que no contribuyen directamente a los objetivos de mantenimiento. Además, se identificaron las otras actividades, que hacen referencia a aquellas tareas que, aunque no sean estrictamente de mantenimiento, tienen un impacto en el tiempo del personal técnico.

Mantenimiento Efectivo (ME):

- Mantenimientos preventivos ejecutados.
- Mantenimientos correctivos ejecutados.

Mantenimiento No Efectivo (MNE):

- Búsqueda de herramientas para realizar los mantenimientos.
- Traslados y movimientos de equipos y del personal técnico.
- Tutorías a practicantes.

Otras actividades (OA):

- Trabajo administrativo.
- Brindar y recibir capacitaciones.
- Reuniones laborales.

B. Desarrollar una herramienta de seguimiento que analice y evalúe la información de las variables seleccionadas.

Tras la implementación de la herramienta de seguimiento, desarrollada utilizando Excel y Power BI, se obtuvieron resultados estadísticos detallados que permitieron evaluar el desempeño de los diferentes servicios del hospital. Esta herramienta facilitó la recopilación y análisis de datos relevantes sobre tiempos de mantenimiento preventivo y correctivo, frecuencia de intervenciones y disponibilidad de equipos médicos. Los resultados estadísticos incluyen indicadores como el MTTR, el cual proporciona información clave sobre la eficiencia y confiabilidad de los equipos en cada servicio. Además, se identificaron tendencias en la carga de trabajo por servicio, esto ayudó a destacar áreas críticas que requerían ajustes en la asignación de recursos o en los procesos de mantenimiento. Finalmente, estos análisis también permitieron detectar variaciones significativas en los tiempos de ejecución entre servicios, lo que evidenció la necesidad de implementar estrategias de estandarización y mejora continua.

Al comparar los resultados obtenidos en el análisis bibliográfico inicial con los generados mediante la herramienta de seguimiento implementada, se evidencian coincidencias relevantes, especialmente en el caso del servicio de hospitalización. En ambas partes del estudio, este servicio destaca por tener la mayor cantidad de mantenimientos preventivos realizados, como se presentó en la **Fig. 4**, y la información concuerda con la presentada en la **Fig. 10**, obtenida mediante la herramienta desarrollada. Adicionalmente, este hallazgo se correlaciona directamente con el porcentaje de ME alcanzado por este servicio, dado que obtuvo un 57%, posicionándose como el segundo servicio con mayor tiempo en esta categoría.

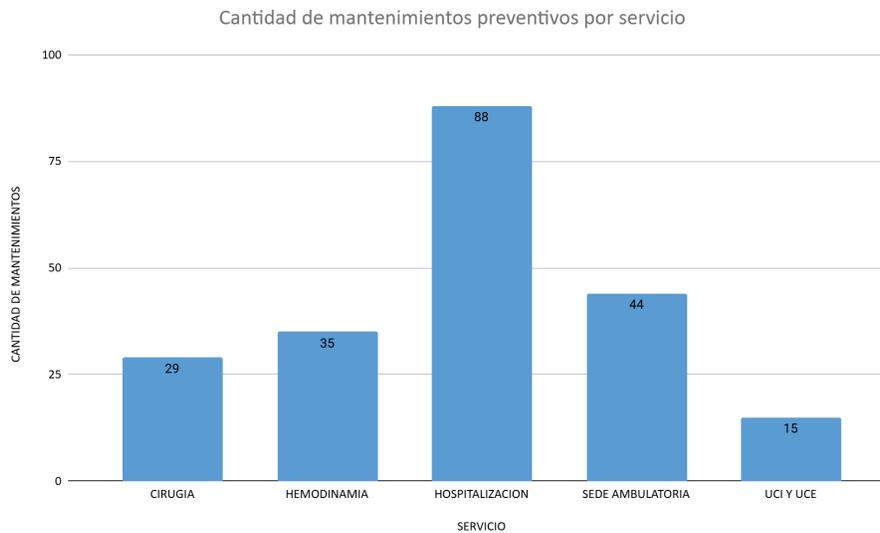


Fig. 10. Resultados de mantenimientos preventivos obtenidos en el estudio, a partir de Power BI.

La alta proporción de mantenimientos en este servicio puede atribuirse a la cantidad y diversidad de equipos médicos requeridos para la atención de pacientes en hospitalización, lo que incrementa la necesidad de intervenciones preventivas para garantizar su operatividad continua. Además, esta coincidencia refuerza la validez de las herramientas utilizadas, mostrando que estas permiten identificar tendencias clave en la gestión del mantenimiento y la productividad del personal.

Un aspecto que genera contraste en los datos analizados es la cantidad de mantenimientos correctivos realizados en el servicio de cirugía. Según el análisis bibliográfico inicial, se estimó que el promedio de mantenimientos correctivos en este servicio era de aproximadamente 17 intervenciones mensuales (**Fig. 8**). Sin embargo, los resultados obtenidos mediante la herramienta de seguimiento reflejan una cifra significativamente mayor, alcanzando los 90 mantenimientos correctivos mensuales (**Fig. 11**), lo que lo posiciona por encima del servicio de hospitalización y no concuerda con el resultado presentado en la sección A. Esta disparidad se explica debido a que durante el uso de la herramienta de seguimiento se consideraron como mantenimientos correctivos los llamados urgentes relacionados con fallos en los quirófanos. Estos incluyen intervenciones rápidas y específicas necesarias para corregir problemas en equipos clave durante

procedimientos quirúrgicos, los cuales son críticos dada la alta dependencia tecnológica en este servicio, sin embargo, estos no se reportan en los datos de dónde se obtuvo la información de la sección A. Esta diferencia resalta la relevancia de definir criterios claros en la categorización de los tipos de mantenimiento, puesto que una interpretación más uniforme permitiría una mejor comparación y análisis de los datos entre estudios y herramientas.

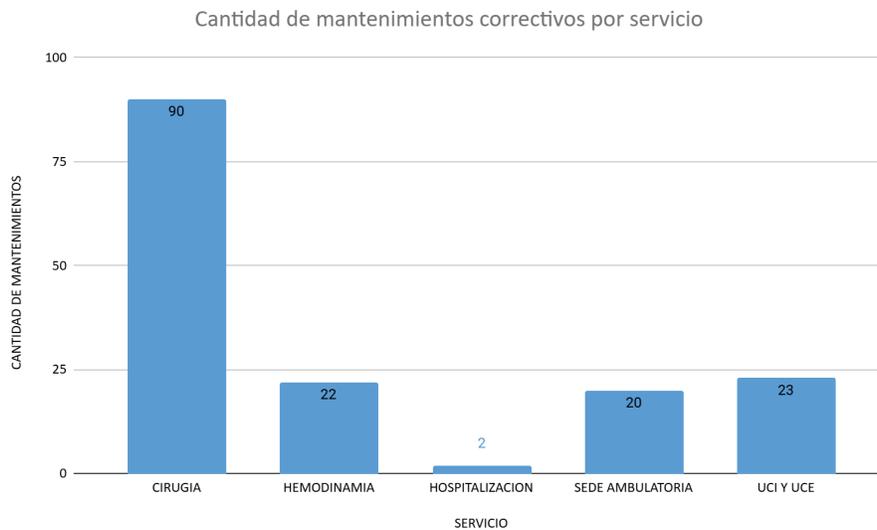


Fig. 11. Resultados de mantenimientos correctivos obtenidos en el estudio.

Por otro lado, la cantidad de MC efectuado por el servicio de hospitalización en comparación con los MP, 2 contra 90, respectivamente, permite inferir que la dedicación del servicio a mantener la tecnología adecuadamente y centrarse en desarrollar un enfoque preventivo, permite que se disminuyan el número de correcciones que deben realizarse a los dispositivos, manteniéndolos en condiciones que disminuyan el tiempo de inactividad del mismo. Esta es una cualidad destacable que debe ser extrapolada a otros servicios como cirugía, UCI y UCE, donde los MC superan la cantidad de MP, así mismo, en los servicios de hemodinamia y sede ambulatoria, aunque la situación no es tan crítica, si superan el 50% de los MP de estos servicios.

Finalmente, los resultados obtenidos tanto en la revisión bibliográfica como en el análisis de la herramienta diseñada se reflejan claramente en las gráficas finales de productividad (**Fig.**

12). En estas, se evidencia una notable reducción en el tiempo dedicado al ME en los servicios de Hemodinamia, UCI, UCE y Cirugía. Este cambio resalta que estos servicios presentan un mayor porcentaje de tiempo destinado a otras actividades, lo que podría deberse a varias razones: atención de urgencias, realización de capacitaciones al personal, actividades administrativas relacionadas con el manejo de equipos críticos u otro uso del tiempo. Es importante destacar que, aunque estas actividades son necesarias, es fundamental garantizar que no afecten de manera negativa la disponibilidad de los equipos médicos, la calidad del servicio o el tiempo invertido tanto en MP como en MC.

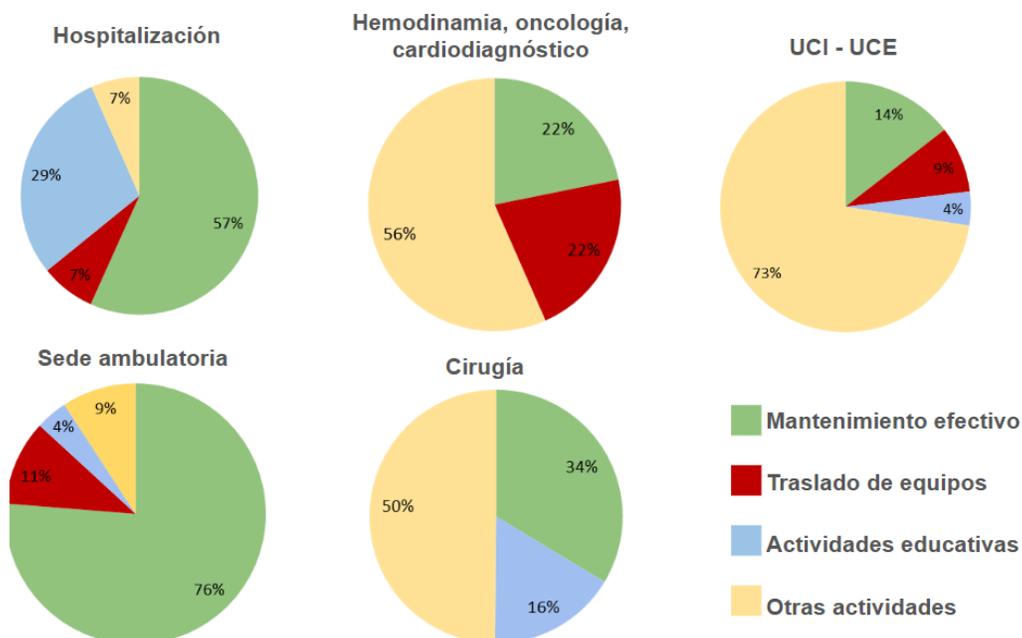


Fig. 12. Resultados finales de la productividad de cada servicio.

Una de las variables clave en el análisis de eficiencia es el tiempo dedicado al traslado de equipos, que incluye tanto el movimiento de los equipos como el desplazamiento del responsable hacia el servicio asignado. En el caso de Cirugía, esta variable puede considerarse despreciable, dado que el responsable tiene una oficina dentro del servicio, eliminando la necesidad de traslados frecuentes y optimizando significativamente este tiempo, por lo que no se midió, dado que ningún traslado dentro del servicio supera un minuto de recorrido.

En el resto de los servicios, el tiempo dedicado a los traslados de equipos resulta considerablemente significativo, lo que impacta directamente en la productividad del personal

técnico y la eficiencia operativa del departamento de ingeniería biomédica. Para evaluar este aspecto, se realizó un estudio detallado que analiza los tiempos promedio de traslado de equipos por día en cada servicio (**TABLA VIII**).

TABLA VIII
TIEMPO PROMEDIO POR TRASLADO POR SERVICIO.

Servicio	Tiempo promedio por traslado (Min)
Hospitalización	14,48
UCI y UCE	5,13
Prado	3,14
Hemodinamia, Oncología y Neumología	9,85

En contraparte con el servicio de cirugía, el servicio de hospitalización, aunque no requiere una cantidad tan alta de traslados como los otros servicios, enfrenta el reto de ser el más lejano al departamento de ingeniería biomédica, con un promedio de 14,48 minutos por traslado. Esto implica que los tiempos de traslado hacia y desde este servicio tienden a ser más largos, en comparación con otros servicios que rondan los 5 minutos por traslado en los servicios de UCI y UCE y los 9 minutos en los servicios de hemodinamia y oncología. A pesar de esta desventaja, los traslados se gestionan de manera eficiente, procurando minimizar el número de viajes y maximizar la productividad del tiempo en el servicio.

Por su parte, los servicios de Hemodinamia, UCI, UCE y la sede ambulatoria, aunque se encuentran físicamente más cerca del departamento de ingeniería biomédica, presentan una mayor complejidad operativa. Esta situación incrementa significativamente la frecuencia de traslados debido a la necesidad de atender emergencias con rapidez, gestionar equipos críticos y garantizar un flujo de trabajo constante. Como resultado, se registra un promedio diario de 4 a 5 desplazamientos hacia estos servicios, lo que refleja la alta demanda operativa de estos espacios, donde la continuidad y precisión en la disponibilidad de equipos es fundamental para el desarrollo adecuado de las actividades asistenciales. Particularmente en la sede ambulatoria, a pesar de que el espacio físico no es extenso y cuenta con una oficina propia, los traslados son constantes por la alta rotación de equipos y la naturaleza dinámica de sus actividades.

Este análisis sugiere que la distancia física no es el único factor determinante en el tiempo de traslado. Factores como la frecuencia de traslados, la urgencia de las demandas del servicio y la planificación de las actividades desempeñan un papel importante. La optimización de estos tiempos requiere no solo estrategias logísticas más eficaces, sino también una mejor coordinación entre los servicios y el departamento de ingeniería biomédica para equilibrar las necesidades operativas con los recursos disponibles.

Por otro lado, gracias a la herramienta de Power BI, fue posible identificar que el tiempo de mantenimiento preventivo de monitores de signos vitales presentaba una desviación estándar de aproximadamente 29 minutos entre las áreas donde era común este equipo (Hospitalización, cirugía, hemodinamia, oncología, cardiodiagnóstico, UCI y UCE), el tiempo promedio de mantenimiento entre estas áreas para este dispositivo es alrededor de 59 minutos, por lo que la desviación estándar corresponde al 49% de este. Como se presenta en la **Fig. 13**, UCI y UCE presenta el promedio de tiempo más elevado, empleando alrededor de 90 minutos para realizar el mantenimiento de un monitor de signos vitales, mientras que cirugía se toma aproximadamente 20 minutos por equipo, esta gran diferencia denota una irregularidad en la ejecución del proceso, el cual está debidamente estructurado en el instructivo del equipo, la discrepancia entre los tiempos de estas áreas representa un problema que debe ser abordado, puesto que las demoras en la ejecución de mantenimientos disminuyen el tiempo que un equipo está en servicio, además de que pueden suponer una disminución de la productividad del área, el no cumplimiento de la meta mensual de mantenimientos e incluso problemas con las herramientas, los procedimientos o la planeación previa al mismo. Por otra parte, una ejecución acelerada del mantenimiento tampoco es ideal, dado que puede significar que el personal no está capacitado adecuadamente, no ejecuta el procedimiento completo o no presta atención al detalle, lo que podría desencadenar que el equipo presente fallas prematuramente, y supondría un aumento en los mantenimientos correctivos.

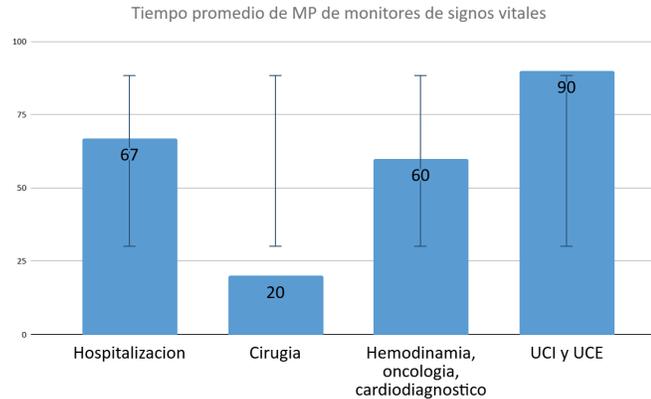


Fig. 13. Tiempo promedio de mantenimiento preventivo de monitores de signos vitales con desviación estándar.

C. Proponer estrategias de mejora basadas en el análisis estadístico de los datos recolectados.

Los resultados anteriores sugieren que los servicios mencionados están operando en contextos de alta presión y demanda constante, lo que implica una mayor necesidad de estrategias de gestión efectivas para equilibrar las actividades operativas de MP, MC y demás. Por lo que con base en este trabajo es posible diseñar estrategias que permitan mejorar la eficiencia operativa del departamento, aumentando la productividad y disminuyendo los tiempos de respuesta del mismo, por lo cual, se planteó abordar los tres problemas más destacados según la estadística descrita con la herramienta de seguimiento: el tiempo que se invierte en los traslados, la desviación estándar en la ejecución de mantenimientos preventivos y el tiempo invertido en otras actividades. Este foco podría no solo mejorar la eficiencia del personal, sino que también ayudaría a garantizar la continuidad en la prestación de servicios esenciales en áreas críticas del hospital.

En primer lugar, para disminuir el tiempo que se invierte en traslado y localización de equipos se propone implementar un cronograma de mantenimiento preventivo segmentado por equipos, el cual será compartido con el personal del servicio donde se encuentran los dispositivos, asegurando que conozcan las fechas específicas en las que se intervendrán los equipos y los mantengan disponibles en esas fechas. El objetivo es que los dispositivos estén disponibles y pre alistados para su desplazamiento al área de mantenimiento, evitando situaciones

en las que los equipos estén en uso, sean trasladados a otras ubicaciones o no se encuentren en su lugar designado. Además, se promoverá una comunicación clara y constante entre el responsable del servicio y el personal asistencial, permitiendo que ambos conozcan con antelación cuándo un equipo no estará disponible y evitará retrasos causados por la espera de que un equipo se desocupe o su búsqueda en ubicaciones no previstas.

En segundo lugar, se abordará la desviación en el tiempo de mantenimiento, en primera instancia se plantea evaluar qué factores específicos están llevando a que se presente tanta variabilidad en el proceso, para identificar si es un problema relacionado con la capacidad del personal o si se debe a otro factor, una vez se cuente con esta información se propone plantear una meta de desviación, la cual se podría ajustar en 10 minutos, es decir, aproximadamente un 17% del valor promedio del tiempo de mantenimiento (59.25 minutos), por lo tanto, se reduciría en un 65% el valor actual (29 minutos). Cabe resaltar que actualmente el desarrollo de MP no cuenta con un tiempo promedio de ejecución establecido en el instructivo, por lo que se propone fijar una meta, la cual puede ser determinada a través de un estudio de tiempos y movimientos. Estos estudios permiten analizar cómo es posible optimizar un proceso y si este se encuentra acelerado o ralentizado en comparación con un valor estándar, como se expone en diversos artículos los análisis de tiempos y movimientos son útiles para aumentar la eficiencia y distribuir adecuadamente tanto las herramientas como el recurso humano, dado que con estos se analiza mediante la observación detallada de la ejecución de una actividad, cómo se puede ejecutar de manera eficiente [23]. Por otro lado, también es necesario efectuar capacitaciones del personal técnico, para garantizar que todos sigan los mismos estándares, así como desarrollar una lista de chequeo con las actividades que se deben ejecutar durante el mantenimiento preventivo de cada equipo, las cuales estarán al alcance del personal, el cual podrá consultarlas o llevarlas consigo durante la ejecución de la actividad, evitando realizar más o menos procesos de los allí descritos.

Finalmente, es necesario aumentar el tiempo de ME y disminuir el tiempo de OA, para que estas no sean iguales o superiores al 50% del tiempo total, como se ve con los servicios de Cirugía, Hemodinamia, UCI y UCE (**Fig. 12**). Puesto que la mayor cantidad de tiempo debería estar distribuido entre ME y actividades educativas, para ello se plantea definir una meta porcentual de productividad o ME con la directriz, con base en los resultados que esta espera del departamento de ingeniería biomédica, una vez definida, se debe estudiar el caso particular de

cada servicio para clasificar y medir cuántas y cuáles son las tareas que hacen parte de OA, puesto que actualmente se tiene claro que allí se contabilizan actividades administrativas, capacitaciones, imprevistos y demás, es por esto que se debe cuantificar cuánto es el tiempo dedicado a estas actividades para analizar si hay factores que permitan reducir u optimizar los procesos, permitiendo identificar oportunidades de mejora para el área.

I. CONCLUSIONES

La falta de control adecuado y la deficiente recolección de datos en el departamento de ingeniería biomédica del Hospital Alma Máter de Antioquia ha derivado en una visión incompleta y distorsionada de las actividades del personal técnico. Esta situación afecta negativamente la capacidad de gestión del departamento, dado que los datos inexactos impiden realizar un análisis claro de la eficiencia operativa, influyendo en la planificación de tareas como mantenimientos preventivos y correctivos, el tiempo de respuesta a fallos y la asignación de recursos. Además, la carencia de registros detallados sobre las labores diarias, la capacitación del personal y el estado de los equipos médicos ha provocado una subestimación del rendimiento real del equipo, dificultando la identificación de áreas de mejora. Esto, a su vez, reduce la capacidad del departamento para implementar estrategias basadas en evidencia que optimicen tanto los recursos humanos como técnicos.

Fue posible utilizar tanto datos específicos del hospital, así como información extrapolada de otras industrias, como la automotriz, para adaptar variables clave, como el tiempo de respuesta, tiempo medio entre fallos, tiempo medio entre reparaciones y otras métricas de productividad a las actividades desarrolladas por los técnicos del hospital, permitiendo desarrollar una herramienta de medición efectiva.

La recopilación continua y sistemática de datos durante el proyecto permitió realizar un seguimiento detallado de las actividades del departamento, estableciendo una base sólida para la toma de decisiones fundamentadas en estadísticas e indicadores. Este enfoque facilitó la propuesta de estrategias y planes de mejora enfocados en optimizar la eficiencia y productividad del equipo técnico. Además, se obtuvo información valiosa sobre los servicios y los equipos médicos de la institución, lo que permitió identificar áreas críticas de mejora.

El análisis de las variables a través de herramientas estadísticas permitió identificar las áreas de mejora más críticas dentro del departamento de ingeniería biomédica. A partir de estos resultados, se logró desarrollar estrategias basadas en datos concretos para incrementar la

productividad. Además, la herramienta implementada proporcionó información detallada y precisa sobre las tareas realizadas por el personal, facilitando la evaluación de la alineación entre sus funciones asignadas y el tiempo invertido en cada actividad.

Como consecuencia, se fortaleció la toma de decisiones informadas en la gestión del departamento, pues permitió plantear estrategias de mejora en búsqueda de la reducción de tiempos improductivos. Finalmente, poner en práctica estas acciones no solo podría beneficiar el funcionamiento interno del departamento, sino que también pueden contribuir a elevar la calidad del servicio ofrecido por el hospital, impactando positivamente la atención al paciente y garantizando un soporte adecuado para los servicios clínicos más críticos.

REFERENCIAS

- [1] Hospital Alma Máter de Antioquia. 2024 [En línea]. Disponible: <https://almamater.hospital/>
- [2] MM. Singh, SK. Patnaik, P. Srivastva y HK. Satia, “Planning and Designing of Clinical Engineering Department in a Hospital,” *International Journal of Research Foundation of Hospital & Healthcare Administration*, vol. 3, n° 2, pp. 129-134, 2015
- [3] R. Netwal, “Clinical Engineering: An Effective Productivity Model. Biomedical Instrumentation & Technology,” vol. 45, n° 6, pp. 450–452, 2011, doi: <https://doi.org/10.2345/0899-8205-45.6.450>.
- [4] R. A. Ramírez Cruz, “Implementación de Un Sistema de Gestión de Calidad en un Laboratorio Clínico” Universidad Nacional Autónoma de México, 2023. Disponible: <https://shorturl.at/qeB9h>
- [5] E. González Campos, A. E. Vázquez Rodríguez, F. J. Rodríguez Trujillo y C. J. Ramírez Mendiola, “Application of statistical processes control for the performance improvement of a clinical engineering department,” *Global clinical engineering journal*, vol. 6, n° 1, 2023, doi: 10.31354/globalce.v6i1.160.
- [6] P. Ajay Dhawan. “Productivity improvement tools used in the Industry-An Overview,” *Indian Scientific Journal Of Research In Engineering And Management*, vol. 8, n° 5, pp. 1-5, 2024, doi: 10.55041/ijsrem35225.
- [7] “RESOLUCIÓN 4816 DE 2008”, Ministerio de la Protección Social, No. 47.201, Colombia, pp. 1-22, 2008.
- [8] E. Torres, “El ciclo de vida de la gestión de la tecnología biomédica” 2022, [En línea], Disponible: <https://shorturl.at/Gbocq>
- [9] L. Montesinos, P. Checa Rifá, M. Rifá Fabregat, J. Maldonado-Romo, S. Capacci, A. Maccaro, D. Piaggio. “Sustainability across the Medical Device Lifecycle: A Scoping Review,” *Sustainability*, 2024, doi: 10.3390/su16041433.
- [10] “RESOLUCIÓN 3100 DE 2019” Ministerio de la Protección Social, Colombia, 2019.
- [11] N. D. Khambete, “Clinical engineering in India” en *Clinical Engineering Handbook*, Segunda edición, Academic Press, pp. 132-136, 2020, doi: 10.1016/B978-0-12-813467-2.00020-1.
- [12] A. S. Arias, “¡Maximiza tu eficiencia! Descubre qué es y cómo mejorar tu productividad”. 2024 [En línea]. Disponible: <https://economipedia.com/definiciones/productividad.html>
- [13] E. T. Bekar, “Efficiency measurement based on novel performance measures in total productive maintenance (TPM) using a fuzzy integrated COPRAS and DEA method” *Sec. Sustainable Life Cycle Engineering and Manufacturing*, vol. 3, 2023, doi: <https://doi.org/10.3389/fmtec.2023.1072777>.

- [14] W. Rizlan, H. Hadi Purba, H., S., M. Nasir y S. Aisyah, “The effect of efficiency measurement to the improvement of maintenance productivity” *International Journal of Engineering & Technology*, vol. 7, n° 4, pp. 6964-6969, 2019, doi: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.23255>.
- [15] J. A. Cota Luévano y J. L. Rivera Martínez, “La capacitación como herramienta efectiva para mejorar el desempeño de los empleados” vol. 6, n°2, 2017, [En línea], Disponible: <http://www.cyta.com.ar/ta1602/v16n2a3.htm>.
- [16] G. Zhang, “A Review of Research on the Effects of Employee Workplace Micro-breaks on Job Performance” *Journal of Education, Humanities and Social Sciences*, vol. 37, pp. 123-133, 2024, doi: <https://doi.org/10.54097/z4prd435>
- [17] L. A. Osorio Villarreal, D. Bernal Bernal, L. Jaraba Hoyos, S. Romero Cervantes y V. Cervantes Atia, “La capacitación de personal como fundamento del desarrollo humano y productivo en las organizaciones modernas,” *Liderazgo Estratégico*, vol. 6, n.º 1, pp. 82–93, 2016.
- [18] A. Scholz, A. Ghadiri, U. Singh, J. Wendsche, T. Peters y S. Schneider, “Functional work breaks in a high-demanding work environment: an experimental field study,” *Ergonomics*, pp. 255-264, 2017, doi: 10.1080/00140139.2017.1349938
- [19] J. Wendsche y A. Lohmann Haislah, “The impact of supplementary short rest breaks on task performance – A meta-analysis,” *SOZIALPOLITIK.CH*, vol. 2, n°. 2, pp. 1-24, 2016, doi: 10.18753/2297-8224-75
- [20] U. Singha, A. Ghadiria, D. Weimarb y J. Prinzb, “ “Let’s have a break”: An experimental comparison of work-break interventions and their impact on performance,” vol. 112, pp. 128-135, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.03.008>
- [21] S. Laoyan, “Qué es el principio de Pareto o la regla 80/20.” 2024. [En línea] Disponible: <https://asana.com/es/resources/pareto-principle-80-20-rule>
- [22] El Hospital, “Mecanismos de prevención de riesgos con bombas de infusión.” 2023, [En línea] Disponible: <https://shorturl.at/897Oj>
- [23] P. Kalne, A. M. Mehendale, “The Purpose of Time-Motion Studies (TMSs) in Healthcare: A Literature Review,” *Cureus*, vol. 14, n°. 10, 2022, doi: 10.7759/cureus.29869



PRACTICANTE: Emiliano Zapata Ortiz

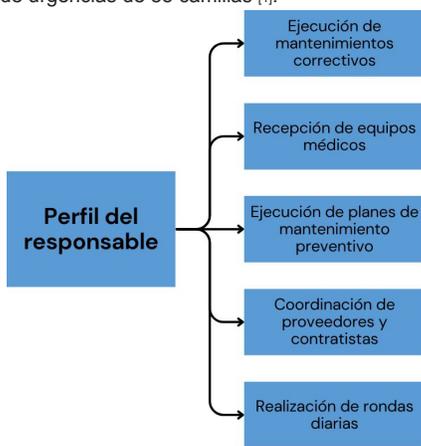
PROGRAMA: Bioingeniería

ASESORES: Mabel Catalina Zapata - Lucia Uribe Herrera

Modalidad de la práctica: Semestre de industria

Este proyecto tuvo como objetivo diseñar una herramienta para monitorear las actividades del personal técnico del departamento de ingeniería biomédica del Hospital Alma Máter de Antioquia, el cual ofrece una amplia gama de servicios médicos y quirúrgicos a la comunidad. Actualmente, cuenta con más de 40 especialidades médicas, con una capacidad de más de 500 camas, 14 quirófanos y un servicio de urgencias de 85 camillas [1].

Ahora bien, el departamento de ingeniería biomédica, está conformado por 18 empleados, que se encargan de realizar diversas funciones y procesos vitales específicos, sin embargo, existe una dificultad para medir la productividad y recolectar datos precisos sobre este, lo que complica tanto la identificación de áreas de mejora, como la implementación de estrategias correctivas.



Introducción

La implementación de estrategias destinadas a medir la productividad de un departamento y realizar ajustes basados en los resultados es una práctica que ha sido aplicada con éxito en diferentes industrias. Estas iniciativas buscan optimizar los recursos y mejorar la eficiencia operativa mediante la recopilación y análisis de datos clave, permitiendo identificar puntos críticos y establecer acciones correctivas. Por lo tanto, en la búsqueda de obtener estas variables clave se optó por recurrir a la extrapolación de datos de industrias diferentes a la biomédica, como la alimenticia y la automotriz, debido a la escasez de estudios enfocados en esta área [2, 3].

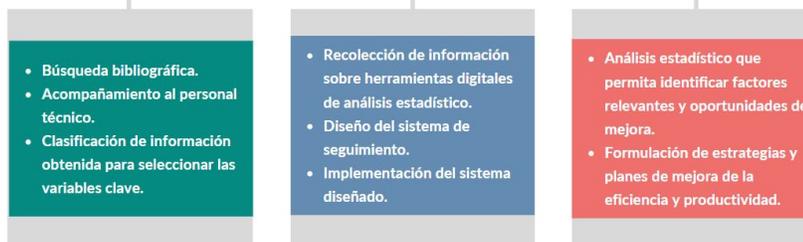


Objetivos

- ✓ Diseñar una herramienta de seguimiento y evaluación de las actividades técnicas del departamento de ingeniería biomédica del Hospital Alma Máter de Antioquia, con el propósito de optimizar la productividad operativa y mejorar la gestión de los recursos tecnológicos del hospital.
- ✓ Identificar las variables clave para la medición de la productividad en los procesos internos del departamento de ingeniería biomédica, mediante un análisis detallado de los procesos y actividades técnicas.
- ✓ Desarrollar una herramienta de seguimiento que analice y evalúe la información de las variables seleccionadas para mejorar la productividad del departamento de ingeniería biomédica.
- ✓ Proponer estrategias de mejora basadas en el análisis estadístico de los datos recolectados, que permitan optimizar los tiempos de respuesta y la eficiencia operativa del departamento.

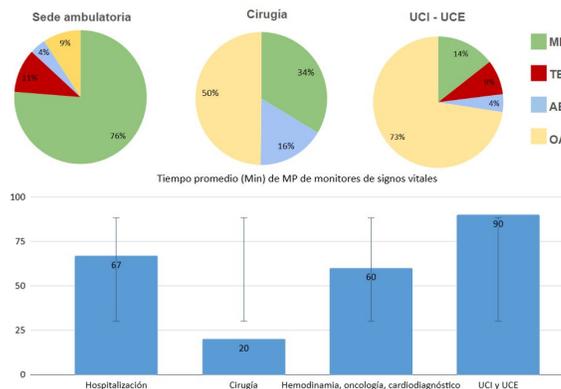


Metodología



Resultados

- Se evidenciaron diferencias en los tiempos de mantenimiento preventivo y correctivo entre servicios.
- Se encontró que los traslados de equipos representan un alto porcentaje del tiempo total de trabajo, especialmente en servicios de alta complejidad.
- Se observó una alta variabilidad en los tiempos de mantenimiento de equipos de la misma tipología entre servicios.



Conclusiones

- ✓ La herramienta permitió recopilar y analizar datos clave, lo que facilitó la medición precisa de tiempos de mantenimiento, respuesta a fallos y uso de recursos en el hospital.
- ✓ Al evidenciar diferencias significativas en los tiempos de mantenimiento entre servicios, se resalta la necesidad de estandarizar procedimientos.
- ✓ Para mejorar el rendimiento y productividad de los servicios es necesario enfocarse en reducir los tiempos de traslados de equipos.
- ✓ Se fortaleció la toma de decisiones en la gestión del departamento, permitiendo plantear estrategias de mejora que busquen la reducción de tiempos improductivos.

