



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“Propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad para reducir costos en el área electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque”

Autor:

Bach. Quevedo Muñoz, Alejandro Martin

Asesor:

M.Sc. Ing. Villalobos Cabrera, Jony

Fecha de sustentación:

20 de febrero del 2026

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“Propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad para reducir costos en el área electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque”

Autor:

Bach. Quevedo Muñoz, Alejandro Martin

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE : M.Sc. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA
SECRETARIO : M.Sc. PERCY EDWAR NIÑO VÁSQUEZ
MIEMBRO : M.Sc. HECTOR ANTONIO OLIDEN NUÑEZ
ASESOR : M.Sc. JONY VILLALOBOS CABRERA

LAMBAYEQUE – PERÚ
2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

TITULO:

**“Propuesta de plan de mantenimiento
basado en confiabilidad para reducir costos
en el área electromecánica del Hospital
Regional de Lambayeque”**


CONTENIDOS

| | |
|--------------|--|
| CAPITULO I | : PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN. 0 |
| CAPITULO II | : MARCO TEÓRICO. |
| CAPITULO III | : MARCO METODOLÓGICO. |
| CAPITULO IV | : ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS. |
| CAPITULO V | : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. |


Bach. Quevedo Muñoz, Alejandro Martin




M.Sc. JUAN A. TUMIALAN HINOSTROZA
PRESIDENTE



M.Sc. PERY E. NIÑO VÁSQUEZ
SECRETARIO



M.Sc. HECTOR A. OLIDEN NUÑEZ
VOCAL



M.Sc. JONY VILLALOBOS CABRERA
ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026



ACTA DE SUSTENTACION N°0147-2026-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 10:00 a.m. del día Viernes 20 de febrero 2026. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°020-2026-D-FIME-UNPRG, de fecha 17 de febrero 2026, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

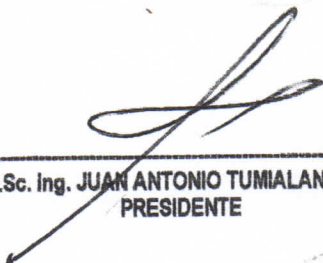
- | | |
|---|------------|
| ▪ M.Sc. Ing. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA | PRESIDENTE |
| ▪ M.Sc. Ing. PERCY EDWAR NIÑO VASQUEZ | SECRETARIO |
| ▪ ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ | MIEMBRO |
| ▪ M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA | ASESOR |

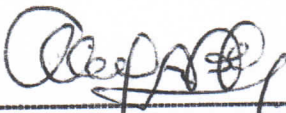
Se recibió la Tesis titulada:

**"PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN
CONFIABILIDAD PARA REDUCIR COSTOS EN EL ÁREA ELECTROMECAÁNICA
DEL HOSPITAL REGIONAL DE LAMBAYEQUE".**

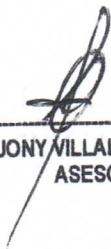
Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **QUEVEDO MUÑOZ ALEJANDRO MARTIN**
Finalizada la sustentación de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota **(76)** en la escala vigesimal, mención Buena.
Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

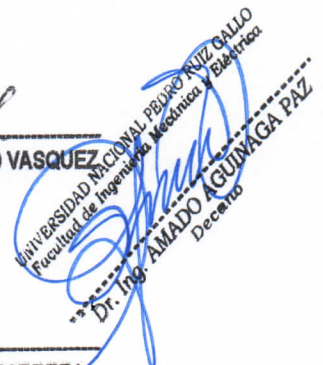
Siendo las **11.00am** del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:


M.Sc. Ing. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA
PRESIDENTE


M.Sc. Ing. PERCY EDWAR NIÑO VASQUEZ
SECRETARIO


ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ
MIEMBRO


M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
ASESOR



ANEXO 01

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera**, usuario revisor del documento titulado: **“PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA REDUCIR COSTOS EN EL ÁREA ELECTROMECAÁNICA DEL HOSPITAL REGIONAL DE LAMBAYEQUE”**.

Cuyo autor es, **Quevedo Muñoz, Alejandro Martin**, identificado con documento de identidad **N° 73109404** declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de **17%**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque 10 de marzo del 2026



.....
M.SC. ING. JONY VILLALOBOS CABRERA

DNI: 16699530

ASESOR

Se adjunta:

*Resumen del Reporte automático de similitudes

*Recibo Digital

REPORTE DEL TURNITIN

Propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad para reducir costos en el área electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 17 % | 16 % | 2 % | 7 % |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|-----------|---|----------------|
| 1 | repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet | 4 % |
| 2 | repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet | 3 % |
| 3 | Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante | 3 % |
| 4 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 2 % |
| 5 | dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet | 1 % |
| 6 | repositoriodspace.unipamplona.edu.co Fuente de Internet | 1 % |
| 7 | tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet | 1 % |
| 8 | repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 9 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 10 | Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante | <1 % |
| 11 | Submitted to Universidad Tecnologica del Peru | <1 % |


M. Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
DNI 16699530
Docente Asociado
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

| | | |
|----|--|------|
| 12 | repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 13 | alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 14 | Submitted to Uniminuto Virtual Trabajo del estudiante | <1 % |
| 15 | docs.google.com Fuente de Internet | <1 % |
| 16 | repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 17 | www.grafiati.com Fuente de Internet | <1 % |
| 18 | Submitted to UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA Trabajo del estudiante | <1 % |
| 19 | produccion-uc.bc.uc.edu.ve Fuente de Internet | <1 % |
| 20 | repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 21 | revistas.uss.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía Activo



M. Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
DNI 16699530
Docente Asociado
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

REGISTRO DEL TURNITIN



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Alejandro Martin Quevedo Muñoz,
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad ...
Nombre del archivo: TESIS_FINAL_-_27.01.26.docx
Tamaño del archivo: 252.87K
Total páginas: 75
Total de palabras: 12,374
Total de caracteres: 72,694
Fecha de entrega: 28-ene-2026 04:03p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2865790650

UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS
Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"Propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad para reducir costos en el área electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque"

Autor:
Br. Quevedo Muñoz, Alejandro Martin

Asesor:
M.Sc. Ing. Villalobos Cabrera, Jony

LAMBAYEQUE - PERÚ
2026

Derechos de autor 2026 Turnitin. Todos los derechos reservados.



M. Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
DNI 16699530
Docente Asociado
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia, que siempre creyó en mí, me respaldó y siempre me apoyó, así como también, fue mi inspiración para elegir mi vocación profesional.

Gracias,

.

Bach. Quevedo Muñoz, Alejandro Martin

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarme sabiduría y salud para poder completar esta etapa en mi vida.

A mi madre, por ser el pilar más importante en mi vida, demostrándome su apoyo incondicional.

A mi abuela, mi tío Martin y mi hermano, por siempre aconsejarme, enseñarme valores y estar para mí cuando más los necesité.

A mi asesor, por el apoyo brindado durante todo el desarrollo de mi proyecto.

Gracias.

Bach. Quevedo Muñoz, Alejandro Martin

RESUMEN

La presente tesis abordó la problemática del Área Electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque, donde predomina un mantenimiento correctivo y reactivo que genera elevados costos operativos, baja predictibilidad del gasto y riesgos por indisponibilidad de equipos críticos. Ante esta situación, el objetivo fue proponer un Plan de Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM) para reducir los costos del mantenimiento electromecánico, priorizando los equipos de mayor Índice de Criticidad. La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental descriptivo, sustentada en el diagnóstico técnico–económico, la determinación de criticidad de los equipos, la elaboración de la matriz RCM y el análisis de viabilidad económica. Los resultados evidenciaron que entre 65 % y 75 % de las actividades correspondían a mantenimiento correctivo no planificado y que los equipos críticos concentraban la mayor proporción de costos. La propuesta permitió estimar una reducción del costo total anual de mantenimiento del 25 %, un incremento de la disponibilidad de los equipos del 85 % al 95 % y un indicador Beneficio/Costo de 1.25. Se concluyó que el plan RCM es técnica y económicamente viable, constituyendo una estrategia efectiva para la reducción de costos y la mejora de la confiabilidad operativa del hospital.

Palabras clave: Mantenimiento basado en confiabilidad; Reducción de costos; Índice de criticidad; Gestión electromecánica.

ABSTRACT

This thesis addressed the problems in the Electromechanical Area of the Lambayeque Regional Hospital, where corrective and reactive maintenance predominates, generating high operating costs, low predictability of expenses, and risks due to the unavailability of critical equipment. Given this situation, the objective was to propose a Reliability-Centered Maintenance (RCM) Plan to reduce electromechanical maintenance costs by prioritizing equipment with the highest Criticality Index. The research was applied, with a quantitative approach and a descriptive, non-experimental design, based on a technical-economic diagnosis, the determination of equipment criticality, the development of the RCM matrix, and an economic feasibility analysis. The results showed that between 65% and 75% of the activities corresponded to unplanned corrective maintenance and that critical equipment accounted for the largest proportion of costs. The proposal allowed for an estimated 25% reduction in total annual maintenance costs, an increase in equipment availability from 85% to 95%, and a Benefit/Cost ratio of 1.25. It was concluded that the RCM plan is technically and economically viable, constituting an effective strategy for cost reduction and improved operational reliability at the hospital.

Keywords: Reliability-based maintenance; Cost reduction; Criticality index; Electromechanical management.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| ACTA DE SUSTENTACIÓN..... | 4 |
| CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD..... | 5 |
| REPORTE DEL TURNITIN | 6 |
| REGISTRO DEL TURNITIN..... | 7 |
| DEDICATORIA..... | 8 |
| AGRADECIMIENTO..... | 9 |
| RESUMEN | 10 |
| ABSTRACT | 11 |
| ÍNDICE | 12 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 14 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 15 |
| INTRODUCCIÓN | 16 |
| CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... | 18 |
| 1.1. Realidad Problemática | 18 |
| 1.2. Formulación del Problema..... | 20 |
| 1.3. Delimitación de la Investigación | 21 |
| 1.4. Justificación e Importancia del estudio..... | 21 |
| 1.5. Limitaciones de la Investigación | 22 |
| 1.6. Objetivos de estudio..... | 22 |
| CAPITULO II: MARCO TEÓRICO..... | 23 |
| 2.1. Antecedentes de Estudios..... | 23 |
| 2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado..... | 32 |
| CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO | 37 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación | 37 |
| 3.2. Población y muestra..... | 37 |
| 3.3. Hipótesis..... | 38 |
| 3.4. Variables - Operacionalización | 38 |
| 3.5. Métodos y Técnicas de investigación | 40 |
| 3.6. Descripción de los instrumentos utilizados..... | 40 |
| 3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos..... | 41 |
| CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS..... | 43 |
| 4.1. Diagnóstico de la situación actual del mantenimiento en relación a los | |

| | |
|---|----|
| costos del Área Electromecánica del Hospital Regional Lambayeque..... | 43 |
| 4.2. Determinación de la criticidad de las máquinas | 48 |
| 4.3. Propuesta de Plan de Mantenimiento para reducir costos del área electromecánica en el Hospital Regional Lambayeque..... | 52 |
| 4.4. Determinación de la viabilidad económica de la propuesta..... | 58 |
| CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 63 |
| 5.1. Conclusiones..... | 63 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 65 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 66 |
| ANEXOS | 68 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Operacionalización de variables | 39 |
| Tabla 2: Diagnóstico cuantificado de la situación actual del mantenimiento electromecánico en relación con los costos..... | 47 |
| Tabla 3: Evaluación de criticidad de las máquinas y sistemas electromecánicos | 49 |
| Tabla 4: Criterios evaluados y escala numérica | 50 |
| Tabla 5: Rangos de clasificación del IC | 51 |
| Tabla 6: Cálculo del Índice de Criticidad de las máquinas electromecánicas..... | 51 |
| Tabla 7: Matriz RCM (Función – Falla – Efecto – Tarea)..... | 52 |
| Tabla 8: Relación IC – Estrategia RCM – Reducción de costos..... | 53 |
| Tabla 9: Estrategia de mantenimiento según criticidad | 56 |
| Tabla 10: Plan de mantenimiento para equipos críticos..... | 56 |
| Tabla 11: Costos de mantenimiento ANTES del RCM | 58 |
| Tabla 12: Costos de mantenimiento DESPUÉS del RCM | 58 |
| Tabla 13: Comparación global de costos..... | 59 |
| Tabla 14: Tabla resumen “Antes vs. Después” | 60 |
| Tabla 15: Costos de implementación del Plan RCM..... | 61 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Tipos de Mantenimiento | 33 |
|---|----|

INTRODUCCIÓN

Disminuir los costos en el área de mantenimiento de un hospital es fundamental para garantizar la eficiencia operativa y la sostenibilidad financiera de la institución. La evidencia científica respalda que una adecuada gestión de mantenimiento no solo reduce gastos directos, sino que también minimiza los costos indirectos asociados a fallas, tiempos de inactividad y la necesidad de servicios externos (Pérez Alegría, 2019).

En el primer capítulo de este documento, se lleva a cabo una discusión detallada sobre el problema que se necesita abordar, que en este caso es proponer un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para reducir costos en el área electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque. Como consecuencia de este proceso, se lleva a cabo la formulación del objetivo general, así como la delineación de una serie de objetivos específicos que servirán como guía para alcanzar dicho objetivo de manera efectiva.

En el Capítulo II de este trabajo, se exponen los antecedentes que abarcan diversas investigaciones llevadas a cabo previamente sobre el tema, los cuales sirven de respaldo y justifican la alternativa de solución que se propone en esta tesis. De igual manera, se expone de forma detallada la teoría que guarda relación con el tema central de la investigación que se está llevando a cabo.

El tercer capítulo proporciona una explicación detallada sobre el proceso mediante el cual se recogerá y se gestionará la información, además de describir las diversas herramientas y recursos que se emplearán en esta tarea.

En el cuarto capítulo se da a conocer una detallada presentación de los resultados

que se han logrado hasta el momento, así como la elección y selección de los diferentes equipos necesarios para el proyecto. También se incluye un análisis del costo asociado al sistema que se ha planificado y una evaluación exhaustiva de los indicadores financieros pertinentes que permiten medir el desempeño económico del mismo.

Los resultados finales y las recomendaciones pertinentes se presentan de manera detallada en el capítulo cinco del documento.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

La reducción de costos en el área de mantenimiento hospitalario enfrenta múltiples desafíos a nivel global. Uno de los principales problemas identificados en la literatura científica es la fragmentación de los estudios y la ausencia de estándares internacionales para el benchmarking de costos de mantenimiento en hospitales. Esto dificulta la comparación y evaluación de la eficiencia entre diferentes instituciones y regiones, limitando la adopción de buenas prácticas y la optimización de recursos a gran escala (Dolcini & Borghi, 2025). El envejecimiento de las infraestructuras hospitalarias genera un aumento progresivo en los costos de mantenimiento, ya que los edificios y equipos antiguos requieren intervenciones más frecuentes y costosas. Estudios realizados en hospitales europeos muestran que los costos de mantenimiento pueden variar significativamente según la antigüedad y el diseño de los edificios, siendo mayores en instalaciones obsoletas y con diseños menos eficientes (Dolcini & Borghi, 2025). En muchos hospitales, especialmente en contextos con recursos limitados, predomina el mantenimiento correctivo en lugar del preventivo o basado en la confiabilidad. Esta situación genera paradas no programadas, fallos urgentes y costos elevados debido a la falta de control y programación de las actividades de mantenimiento. Además, la ausencia de sistemas de gestión adecuados impide identificar y priorizar los equipos críticos, lo que incrementa la probabilidad de fallos en áreas sensibles (Dolcini & Borghi, 2025).

Una problemática recurrente en hospitales peruanos es que la gestión de mantenimiento se basa principalmente en mantenimiento correctivo, sin un control

o programación adecuada, lo que genera paradas no programadas, fallos urgentes y costos elevados por reparaciones imprevistas. La mayoría de establecimientos de salud en Perú carecen de un sistema de gestión de mantenimiento integral y planes definidos que permitan una respuesta oportuna y de calidad. Esto se refleja en la falta de capacidad para mantener operativos los equipos biomédicos y electromecánicos, afectando la continuidad de los servicios hospitalarios y generando costos adicionales (Inga Cerrón & Choccelahua Torres, 2019). En muchos hospitales no existe un presupuesto asignado específicamente para mantenimiento, lo que dificulta la planificación y ejecución de actividades preventivas. Esta situación obliga a recurrir a contrataciones externas costosas y a gastos no planificados, incrementando el costo total de mantenimiento (Trujillo Guarderas & Chavez Irazabal, 2022). La falta de personal capacitado en mantenimiento dentro de los hospitales es una limitante significativa. En el Hospital Docente Clínico Quirúrgico Daniel Alcides Carrión, por ejemplo, el 80% de los servicios de mantenimiento se subcontratan debido a la carencia de habilidades técnicas internas, lo que genera un aumento en los costos operativos y reduce la eficiencia (Trujillo Guarderas & Chavez Irazabal, 2022). El gasto excesivo en repuestos, viáticos y tiempo de demora en las reparaciones es otro problema identificado. En el Hospital Regional de Tumbes, la falta de control en la compra de repuestos y en la programación del mantenimiento ha generado pérdidas económicas significativas, debido a la falta de planificación y supervisión en el servicio de mantenimiento (Santiago Zambrano, 2018).

El Hospital Regional Lambayeque se destaca como una de las instituciones más relevantes y complejas que existen en la Región Lambayeque, al punto de que se

clasifica como un Hospital de nivel III-1. Esto significa que es un centro médico especializado y de alta complejidad, capaz de ofrecer una amplia variedad de servicios y atención médica avanzada a la población. El Hospital, en la actualidad, incurre en gastos anuales por un total aproximado de S/.18 000 000.00 relacionados con el mantenimiento, lo cual es resultado de la falta de un plan estructurado y eficaz para el mantenimiento de los equipos electromecánicos que están instalados y en funcionamiento en sus instalaciones. Como resultado de esta situación, cuando surgen fallas o averías en los equipos y herramientas utilizadas, se requiere un período prolongado de tiempo para llevar a cabo las reparaciones necesarias. Esto, a su vez, genera un gasto significativo debido a la necesidad de contratar personal externo especializado que se encargue de restaurar estas máquinas a su estado operativo habitual.

Los factores que coadyuban a que el problema antes mencionado no tenga solución son la inexistencia de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad.

De no solucionar este problema, los costos operativos de mantenimiento continuarían siendo altos, ocasionando que los equipos del hospital no funcionen correctamente.

Las variables a estudiar son: Propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad y Reducción de costos.

1.2. Formulación del Problema

¿Es factible reducir costos en el área electromecánica del Hospital Regional de

Lambayeque mediante la Propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad?

1.3. Delimitación de la Investigación

1.3.1. Delimitación espacial

Se realizará en las instalaciones del Hospital Regional de Lambayeque, ubicado en el distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

1.4. Justificación e Importancia del estudio

1.4.1. Justificación tecnológica:

En el marco de la investigación que estamos llevando a cabo en la actualidad, se implementará la utilización de una variedad de conceptos teóricos, junto con tecnologías innovadoras que guardan una conexión directa con el proceso de formular un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, con el objetivo específico de disminuir los costos operativos en el ámbito electromecánico del Hospital Regional de Lambayeque.

1.4.2. Justificación ambiental

La propuesta de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para reducir costos en el área electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque permitirá no alterar el medioambiente sino por el contrario disminuir los gases efecto invernadero.

1.4.3. Justificación económica

El objetivo principal es proponer un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para reducir costos en el área electromecánica del Hospital

Regional de Lambayeque, que permita ahorrar recursos económicos al mencionado nosocomio.

1.5. Limitaciones de la Investigación

Las restricciones y dificultades que se enfrentaron al momento de llevar a cabo la presente investigación estuvieron relacionadas principalmente con la información de los equipos que posee el Hospital Regional de Lambayeque.

1.6. Objetivos de estudio

1.6.1. Objetivo General

Proponer un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para reducir costos en el área electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual del mantenimiento en relación a los costos del Área Electromecánica del Hospital Regional Lambayeque.
- Determinar la criticidad de las máquinas.
- Elaborar una propuesta de Plan de Mantenimiento para reducir costos del área electromecánica en el Hospital Regional Lambayeque.
- Determinar la viabilidad económica de la propuesta

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios

2.1.1. A nivel Internacional

En Ecuador, Llamuca Llamuca, (2023), en el trabajo de investigación denominado “El sistema de gestión de mantenimiento industrial y la efectividad de funcionamiento en equipos médicos del Centro de Salud tipo C del Cantón La Maná”, La presente tesis fue desarrollada con el propósito de crear un sistema dedicado a la gestión del mantenimiento industrial, así como para evaluar la efectividad y el óptimo funcionamiento de los equipos médicos que se encuentran en el centro de salud tipo C, ubicado en el cantón La Maná de la provincia de Cotopaxi. Se implementó una metodología que se basa en un enfoque mixto, lo que significa que se lleva a cabo un análisis tanto de datos cuantitativos como cualitativos. En el caso de los datos cuantitativos, se utiliza una encuesta que contiene preguntas formuladas en una escala de Likert, mientras que para los datos cualitativos, se realizan entrevistas a expertos en el tema. Con el fin de poner a prueba las hipótesis planteadas en el estudio, se optó por utilizar una prueba estadística no paramétrica, dado que los datos recolectados no presentan una distribución normal. En los resultados que se han obtenido a lo largo de la investigación, se ha evidenciado de manera clara y contundente que el centro de salud de tipo C localizado en el cantón La Maná tiene una urgente necesidad de llevar a cabo tanto el mantenimiento preventivo como el correctivo de sus equipos médicos. Esto se debe a que dichos equipos presentan daños de forma constante, lo cual, en múltiples ocasiones, puede causar retrasos significativos en la atención médica y, lo que es más preocupante, podría poner en riesgo la vida

de los pacientes que dependen de esos servicios. Además, los especialistas que fueron entrevistados durante el estudio corroboraron que la implementación de un mantenimiento preventivo adecuado tiene el potencial de reducir notablemente el riesgo de fallos en los equipos médicos. A la luz de la información y los datos presentados en el análisis, el investigador llegó a la conclusión de que en los centros de atención médica no se están implementando adecuadamente los protocolos correspondientes a mantenimiento predictivo, preventivo, prospectivo y correctivo para el equipamiento utilizado en dichos establecimientos de salud. El centro de salud no dispone de personal interno que se encargue de realizar el mantenimiento y las reparaciones necesarias dentro de sus instalaciones. En caso de que se presenten fallos o averías en los equipos médicos, estos deben ser reparados por técnicos externos o terceros, lo que a su vez conlleva la generación de gastos adicionales que podrían ser evitados si hubiera un equipo de mantenimiento propio. Las razones más frecuentemente observadas que conducen a la falla de los equipos médicos incluyen diversos factores, entre los cuales destacan la ausencia de un mantenimiento adecuado, la desconfiguración de los dispositivos, problemas relacionados con el sistema eléctrico, así como también errores que pueden ser atribuibles al ser humano. Dado que los resultados obtenidos a través de la prueba de hipótesis muestran un valor significativo de 0,964**, se decide aceptar la hipótesis alternativa que plantea H1. Esta hipótesis sugiere que la gestión del mantenimiento industrial tiene un impacto directo y relevante en la efectividad operacional de los equipos médicos que se encuentran en el centro de salud de tipo C que está ubicado en el cantón de La Maná. Por lo tanto, es

recomendable llevar a cabo un análisis detallado de la propuesta presentada, con el fin de considerar su adecuada adecuación e implementación en el mencionado centro médico. (Llamuca Llamuca, 2023)

En Colombia, González Alvarado, (2021), en su trabajo de investigación “Ejecución del programa de mantenimiento establecido por la empresa VHM Ingeniería S.A.S para los equipos y dispositivos médicos presentes en la E.S.E Hospital San Juan De Dios Pamplona y Centros de Salud adscritos”, La compañía VHM INGENIERIA ha formalizado un acuerdo colaborativo con la E.S.E. (Empresa Social del Estado) Hospital San Juan de Dios, ubicado en Pamplona, así como con los diversos centros de salud que se encuentran bajo su jurisdicción. El propósito principal de este convenio es implementar un programa integral y eficiente dedicado al mantenimiento de equipos médicos, el cual incluirá aspectos fundamentales como la planificación, la gestión adecuada y la ejecución efectiva de las acciones necesarias. Al llevar a cabo la planificación de las diversas actividades que están relacionadas con el mantenimiento, es de suma importancia considerar de manera cuidadosa los recursos financieros, así como también los materiales y el personal humano que son imprescindibles para poder realizar estas tareas de forma adecuada y efectiva. Una vez que se ha establecido y definido el programa, se procede a llevar a cabo un examen minucioso y una gestión constante de todos los aspectos operativos relacionados. Esto se hace con el propósito de asegurar que el programa funcione de manera continua, sin interrupciones, y que se lleven a cabo las mejoras necesarias para optimizar su rendimiento y efectividad. En última instancia, llevar a cabo la implementación correcta del

programa resulta ser de suma importancia para asegurar que los equipos operen de manera óptima y eficiente. El enfoque principal del desarrollo de este trabajo radica en llevar a cabo un exhaustivo estudio sobre los protocolos de mantenimiento que se implementan en la empresa para clasificar adecuadamente todos los equipos y dispositivos médicos que se encuentran disponibles en los distintos servicios asistenciales del E.S.E Hospital San Juan de Dios, ubicado en Pamplona, así como en los centros de salud que han sido incorporados a su red. Este análisis tiene como objetivo crucial identificar con precisión el estado actual de los equipos médicos, y asegurar la ejecución del mantenimiento preventivo de acuerdo con el cronograma establecido por el servicio biomédico. Además, se propone atender cualquier reporte que indique la necesidad de mantenimiento correctivo cuando un equipo presente fallas o irregularidades que afecten su funcionamiento. Se busca también proporcionar asistencia en el diseño y la gestión de un plan de mantenimiento que sea tanto efectivo como confiable dentro del E.S.E Hospital San Juan de Dios en Pamplona. Este plan tiene como finalidad permitir que los servicios asistenciales y los centros de salud afiliados puedan ofrecer servicios de alta calidad, lo que a su vez garantiza a los pacientes diagnósticos precisos y fiables, gracias a la información que los equipos biomédicos tienen la capacidad de suministrar. Al participar activamente en el aumento de la competitividad y en la implementación de procesos de mejora continua, se busca optimizar la organización del personal y de los recursos disponibles. Esto tiene como objetivo asegurar una intervención oportuna y eficaz antes, durante y después de que se produzca cualquier tipo de falla en los equipos. De este modo, se evitan reparaciones que puedan resultar costosas y se

previenen eventos adversos, al mismo tiempo que se garantiza que los pacientes reciban diagnósticos precisos y adecuados. Esto es posible gracias a la valiosa información proporcionada por los equipos biomédicos. Además, es fundamental que todas estas actividades se realicen de manera segura, garantizando al mismo tiempo un equilibrio físico, mental y social para todos los involucrados. (González Alvarado, 2021)

En Ecuador, Chisaguano Palacios, (2024), en su trabajo de investigación “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de una caldera pirotubular de 100 BHP para el hospital de atención integral del adulto mayor en la ciudad de Quito-Ecuador”, A través del presente trabajo de titulación que se presenta a continuación, se tiene como objetivo dar a conocer un plan de mantenimiento preventivo (PMP) que ha sido elaborado específicamente para una caldera pirotubular que cuenta con una capacidad de 100 BHP. Este plan está dirigido a ser implementado en el HAIAM, que es el Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor, y está situado en la ciudad capital de Ecuador. Al abordar de manera directa y exhaustiva el análisis del estado actual de la caldera Pirotubular ubicada en (HAIAM), se ha prestado particular atención al área relacionada con la operación y el mantenimiento de dicho equipo. A través de este análisis meticuloso, se logró identificar una serie de múltiples fallas tanto técnicas como estructurales que afectan el rendimiento de la caldera. Además, se observó que no existe un espacio adecuado que garantice la seguridad durante las operaciones de la caldera. Para obtener estas conclusiones, se empleó la metodología de Análisis de Mantenimiento de Fallos y Efecto (AMFE), la cual permitió evaluar aspectos esenciales tales

como la gravedad, frecuencia y detectabilidad de los fallos que presentaba la caldera, así como determinar un índice de prioridad para el riesgo asociado a dichas fallas. Por esa razón, se planteó la creación de un plan integral de mantenimiento preventivo (PMP) que fuera minuciosamente detallado y que incluyera la documentación necesaria correspondiente. Esta documentación debe abarcar una variedad de elementos como órdenes de trabajo, fichas específicas de mantenimiento y tableros de control que permitan un seguimiento en tiempo real. El objetivo principal de este PMP es lograr una mejora significativa en el rendimiento operacional de la máquina, garantizar que el proceso de mantenimiento se ejecute de manera adecuada y mantener un control efectivo sobre el equipo. Al implementar estas medidas, se espera que el hospital pueda lograr una notable eficiencia en el uso del tiempo y los recursos disponibles, lo cual es fundamental para su funcionamiento óptimo. Finalmente, se llevó a cabo un exhaustivo análisis del presupuesto referencial destinado al Plan de Mantenimiento Previo (PMP). Este presupuesto incluye un desglose detallado de las necesidades y requerimientos esenciales que son imprescindibles para la adecuada implementación del plan de mantenimiento a lo largo del año. Es importante señalar que este plan debe ser ingresado al sistema SERCOP y cumplir rigurosamente con todos los procedimientos establecidos que son necesarios para su correcta ejecución. (Chisaguano Palacios, 2024)

2.1.2. A nivel nacional

En Trujillo, Montes Olguin, (2022), en su trabajo de investigación denominado "Propuesta en gestión de mantenimiento para reducir los costos de una

empresa agroindustrial, Ascope 2020.”, El estudio que se llevó a cabo en este trabajo de investigación tuvo como objetivo principal el análisis y la determinación del impacto que una propuesta específica en la gestión de mantenimiento podría tener en la reducción de los costos asociados a una empresa del sector agroindustrial, bajo el contexto de Ascope durante el año 2020. En primer lugar, se llevó a cabo un exhaustivo diagnóstico que permitió evaluar y comprender la situación actual de la gestión de mantenimiento en la empresa. A partir de este diagnóstico, se identificó que las principales causas que contribuían a los elevados costos operativos eran: la ausencia de un plan efectivo de mantenimiento preventivo para los vehículos de transporte, la falta de un sistema adecuado de gestión de inventarios y la inexistencia de un programa de capacitación para el personal del área de mantenimiento. Esta combinación de factores resultó en una pérdida significativa para la empresa, estimada en un total de S/ 1,820,228 anualmente. Posteriormente, con el objetivo de abordar y resolver estas causas fundamentales que habían sido identificadas, se elaboró una estrategia integral en gestión de mantenimiento. Para llevar a cabo esta propuesta, se aplicaron diversas herramientas, entre las cuales se incluyen un Plan de Mantenimiento preventivo, la implementación del Método de máximos y mínimos, así como la capacitación específica destinada al personal del área de mantenimiento. Este enfoque organizado y sistemático culminó en la consecución de un significativo ahorro anual que asciende a S/ 332,250.00. Asimismo, con el propósito de concluir el análisis, se llevó a cabo una exhaustiva evaluación económica de la propuesta, considerando un horizonte temporal de 12 meses. Esta evaluación demostró ser altamente favorable, ya que se logró obtener un Valor Actual

Neto (VAN) positivo que asciende a S/ 16,502.73. Además, se determinó que la Tasa Interna de Retorno (TIR) mensual es del 6.8%, lo cual está significativamente por encima del costo de oportunidad mensual que enfrenta la empresa, que es de 1.39%. Por otro lado, el cociente beneficio-costos (B/C) se calcula en 1.3, lo que indica que los beneficios superan los costos, y finalmente, el periodo estimado para la recuperación de la inversión (PRI) se establece en 8.21 meses. (Montes Olguin, 2022)

2.1.3. A nivel local

En Chiclayo, Quiroz García, (2020), en el trabajo de investigación denominado “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en indicadores OEE del sistema de vapor para la reducción de paradas de equipos en el Hospital Regional de Lambayeque”, En el contexto de la investigación que se llevó a cabo, se expuso la relevancia fundamental que tiene el mantenimiento en relación con el cumplimiento eficiente de las actividades operativas dentro de una empresa. Esta exposición se fundamentó en la propuesta de implementar un plan de mantenimiento preventivo específicamente diseñado para el sistema de vapor, cuyo objetivo es minimizar las interrupciones en el funcionamiento de los equipos en el Hospital Regional Lambayeque. En la actualidad, el Hospital Regional Lambayeque no dispone de un plan estructurado que facilite una gestión eficiente del mantenimiento de sus instalaciones, lo que se traduce en la implementación de un mantenimiento correctivo en toda la maquinaria correspondiente al sistema de vapor. Esta situación ha generado interrupciones en el funcionamiento de los equipos, así como también ha llevado a una considerable pérdida de recursos

económicos. Al llevar a cabo la implementación de este plan de mantenimiento, nuestro objetivo es proporcionar al Hospital Regional Lambayeque un recurso valioso que les sirva como una herramienta eficaz en el desarrollo y la preservación del generador de vapor. Esto no solo permitirá garantizar el adecuado funcionamiento del equipo, sino que también contribuirá a mantener altos estándares de fiabilidad, productividad y calidad en el servicio que brinda tanto la máquina como el hospital en su totalidad. Después de llevar a cabo un exhaustivo diagnóstico del sistema de vapor, se establecieron los indicadores presentes en la actualidad en relación al Eficiencia General de los Equipos (OEE, por sus siglas en inglés). Como resultado de este análisis, se logró identificar un índice de disponibilidad que alcanza el 90.47%, un rendimiento que se sitúa en el 89.3%, y una notable calidad de producción que alcanza un impresionante 99.96%. Todo esto dio como resultado un indicador inicial de OEE que se calcula en un 80.79%. Este indicador ha proporcionado la oportunidad de comprender de manera más clara y detallada la situación actual que se encuentra enfrentando el Hospital Regional Lambayeque en relación con las labores de mantenimiento correctivo que están llevando a cabo en sus instalaciones. Tras haber llevado a cabo el desarrollo del plan de mantenimiento que fue propuesto inicialmente, se ha podido observar una notable mejora en el indicador de Efectividad Global de los Equipos (OEE), que alcanza un porcentaje del 14.45%. Este hecho resalta la relevancia del trabajo que se está presentando, cuyo objetivo principal es diseñar un plan que no solo permita evaluar y medir, sino también controlar y mejorar todas las actividades, estrategias y técnicas que están intrínsecamente relacionadas con la función del mantenimiento. La finalidad

de este esfuerzo es incrementar los niveles de productividad de los diversos equipos que forman parte de estos sistemas, lo cual, a su vez, contribuye a reducir la frecuencia de fallas. Como consecuencia directa de esta minimización, se prevé un incremento en la efectividad del servicio de sala de operaciones del Hospital, especialmente en lo que respecta al cumplimiento oportuno de las actividades que han sido programadas. (Quiroz García, 2020)

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado

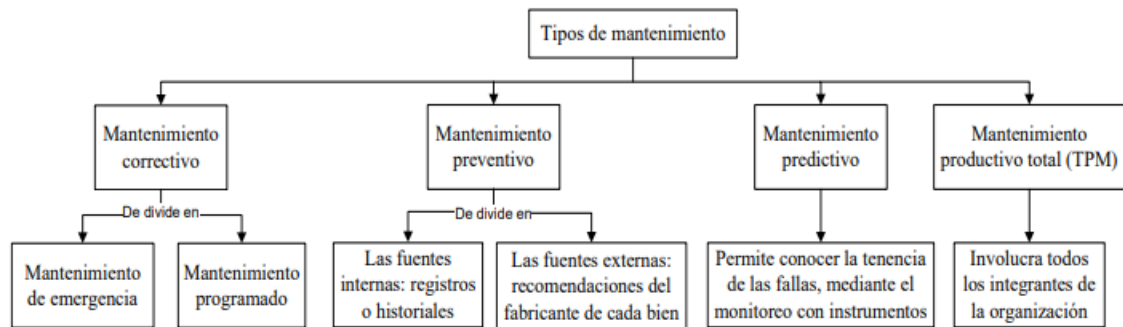
Definición de mantenimiento

Para (Duffuaa, Raouf, & Dixon, 2009), Se puede definir como el conjunto integral de diversas actividades y procedimientos que se llevan a cabo con el objetivo fundamental de asegurar la correcta conservación y restablecimiento de un activo fijo. Este proceso es crucial no solo para garantizar su óptimo funcionamiento, sino que también se realiza de manera que no comprometa la seguridad ni del producto en sí ni de los trabajadores que están involucrados en su manejo y operación. Por otra parte, es fundamental trabajar en la búsqueda de un alto nivel de confiabilidad, de modo que se eviten las paradas inesperadas que podrían interrumpir el flujo de producción en la empresa.

Tipos de mantenimiento

En el contexto actual, las empresas están cada vez más interesadas en lograr y preservar una rentabilidad óptima. Por esta razón, se vuelve fundamental que el área de mantenimiento opere de manera eficiente y eficaz. Esto se debe a que esta área tiene la responsabilidad crucial de garantizar tanto la continuidad en la producción de bienes como la calidad de los productos que ofrecen en el competitivo mercado actual. (Padilla, 2011). Los tipos son:

Figura 1: Tipos de Mantenimiento



Nota: Elaboración propia

Mantenimiento preventivo

Según (Pascual J., 2002), Se ocupa de llevar a cabo diversas actividades que tienen como objetivo prevenir la ocurrencia de fallas. Este tipo de mantenimiento se fundamenta en las diferentes fuentes de información que se deben analizar para poder desarrollar un plan efectivo. Dichas fuentes pueden ser clasificadas en dos categorías principales: las fuentes internas, que están constituidas por datos históricos relacionados con fallas pasadas, y las fuentes externas, que se originan a partir de recomendaciones proporcionadas por proveedores u otras entidades relevantes en el campo. Es importante destacar que una de las funciones o responsabilidades fundamentales que se llevan a cabo en el contexto de este tipo de mantenimientos consiste en llevar a cabo un análisis exhaustivo de los ciclos de vida de las máquinas o equipos. Este proceso tiene como objetivo principal documentar de manera minuciosa los registros relacionados con las fallas que han ocurrido, así como los costos asociados que se han generado en el transcurso de dicho mantenimiento. Realizar este análisis no solo provoca una mejor comprensión del comportamiento de la maquinaria, sino que también facilita la identificación de aquellos componentes o piezas que necesitan ser

reemplazados, optimizando así la gestión del mantenimiento en el futuro.

Confiabilidad

Se define, según (García G., 2003), La probabilidad de que la máquina opere sin fallos, lo que significa que funcione de manera adecuada y cumpla satisfactoriamente con los estándares de rendimiento que han sido establecidos durante su fase de diseño, se refiere a un periodo específico de su vida útil. Esto toma en cuenta un tiempo de operación calculado y considera también que la máquina es utilizada para los propósitos específicos y con la carga de trabajo para la cual fue efectivamente diseñada.

A. El tiempo total de operación (TTO)

El tiempo total de operación se calcula mediante la diferencia entre el tiempo que ha sido programado para realizar las actividades y el tiempo que se ha perdido debido a una falla o interrupción en el funcionamiento.

Tiempo total de operación (TTO)=Tpp-Tiempo de fallas

Donde:

Tpp: Tiempo programado para producir (minutos)

Tf: Tiempo de fallas (minutos)

TTO: Tiempo total de operación (minutos)

B. Tasa de Fallos del Producto (Fr)

Se trata de una medida fundamental que se utiliza para evaluar el nivel de confiabilidad de un sistema o proceso:

En este contexto, el término 'número de horas de tiempo funcionando' hace referencia a la cantidad total de horas en las que los equipos estuvieron operativos y realizando su labor antes de que ocurriera una falla o un problema

que interrumpiera su funcionamiento. (Pascual J., 2002)

Se logra obtener dicho resultado al realizar una división del tiempo total que se ha dedicado a la operación entre la cantidad de interrupciones o fallos que han ocurrido durante dicho periodo.

$$MTTF(\%) = \frac{TTO}{Tpp} \times 100$$

Donde:

TTO: Tiempo total de operación (minutos)

Tpp: Tiempo programado para producir (minutos)

MTTF: Tiempo medio entre fallas (%)

El tiempo que se considera como tiempo de fallas se puede entender como la totalización del periodo que se requiere para llevar a cabo la reparación de la eventual falla, junto con el tiempo adicional que se presenta debido a la espera para poder comunicarse y coordinar con el personal externo que ha sido contratado para realizar dicho trabajo.

$$TF = TR + TD$$

Donde:

TF: Tiempo de fallas (minutos)

TR: Tiempo de reparación (minutos)

TD: Tiempo de demora en contactar al personal externo para la realización del mantenimiento (minutos)

C. Tiempo medio para reparar (MTTR)

El promedio de tiempo necesario para llevar a cabo una reparación se determina al dividir el total de tiempo que se ha utilizado para realizar todas las reparaciones entre el número total de fallas que han ocurrido.

$$\text{Tiempo medio para reparar (MTTR)} = \frac{TTR}{N^{\circ} \text{ fallas}}$$

Donde:

MTTR: Tiempo medio para reparar (minutos/falla)

TTR: Tiempo para reparar (minutos)

NF: Número de fallas

D. Tiempo medio entre fallas (MTTF)

El tiempo medio entre fallas se calcula dividiendo el tiempo programado sobre el número de fallas.

Tiempo medio entre fallas(MTTF)=TppN^o fallas

Donde:

MTBF: Tiempo medio entre fallas (minutos/falla)

Tpp: Tiempo programado para producir (minutos)

NF: Número de fallas

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación: Aplicada

La propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad para reducir costos en el área electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque, se realizará aplicando los conocimientos de ingeniería mecánica y eléctrica.

El tipo de investigación que se está realizando en este momento tiene un enfoque claramente aplicado, dado que su propósito fundamental es proponer un plan de mantenimiento basado en confiabilidad.

3.1.2. Diseño de investigación: No experimental

El tipo de diseño que se está utilizando en la investigación actualmente en curso puede clasificarse como No Experimental. Esto se debe a que, en este enfoque particular, no se llevan a cabo manipulaciones deliberadas de las variables que están siendo analizadas en el contexto del estudio. En otras palabras, lo que estamos tratando de decir es que nos referimos a un tipo de investigaciones en las que no alteramos de manera intencionada las variables independientes, ya que nuestro objetivo es observar con atención cómo estas variables influyen en otras variables que forman parte del estudio que estamos llevando a cabo.

3.2. Población y muestra

La población: La población lo constituye los equipos e instalaciones del Hospital Regional de Lambayeque.

La muestra: Es igual a la población y está conformada por los equipos e instalaciones del Hospital Regional de Lambayeque.

3.3. Hipótesis

Mediante la propuesta de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad se reduce los costos en el área electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque.

3.4. Variables - Operacionalización

X: Variable independiente: Propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad

Y: Variable dependiente: Reducción de costos

Tabla 1. Operacionalización de variables

| TIPO | NOMBRE | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | TÉCNICA | INSTRUMENTO | INDICADORES |
|---------------|--|--|--|----------------------|-------------------------------|--|
| INDEPENDIENTE | Propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad | Es una estrategia sistemática que busca identificar los modos de fallo potenciales de los equipos y sistemas, analizar sus causas y consecuencias, y desarrollar un programa de mantenimiento personalizado para prevenir o mitigar esos fallos, maximizando así la disponibilidad y funcionalidad de los activos. (Quiroz García, 2020) | Se determina la criticidad de los equipos, y se establecen las actividades a realizar | Análisis documental | Ficha de análisis documental | <ul style="list-style-type: none"> • $Confiabilidad = \frac{MTT}{FMTTR + MTTF}$ • $MTTF = \frac{\text{Tiempo Total De Operación}}{\text{Numero de Fallos}}$ • $MTTR = \frac{\text{Total de horas de Reparación}}{\text{Numero de Fallos}}$ |
| | | | | Recolección de datos | Ficha de Recolección de datos | |
| DEPENDIENTE | Costos en el área electromecánica | Se refieren a los gastos asociados a las actividades de mantenimiento, reparación y conservación de los equipos electromecánicos que operan en un hospital o establecimiento de salud. (Pérez Alegría, 2019) | Se determina los costos en mano de obra, costos de repuestos y materiales, costos de tercerización | Análisis documental | Ficha de análisis documental | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Costo de personal de mantenimiento del área de electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque ✓ Costos de repuestos y materiales usados para el mantenimiento ✓ Costos por empresas externas especialistas en mantenimiento |
| | | | | Recolección de datos | Ficha de Recolección de datos | |

3.5. Métodos y Técnicas de investigación

Técnicas

Análisis Documental

Un conjunto organizado de diversas series de actividades que se llevan a cabo con el propósito de obtener documentos relacionados con un tema específico. Este proceso tiene como finalidad mejorar y optimizar la situación del conocimiento que se tiene, el cual se percibe como incompleto o inadecuado de alguna manera en ciertos aspectos. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

Recolección de Datos

Se trata de una herramienta diseñada específicamente para la investigación, la cual cuenta con procedimientos que han sido estandarizados. Esta herramienta se aplica a un grupo definido de sujetos, lo que permite llevar a cabo la recolección de datos de manera sistemática en el campo. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

Se utilizaron las herramientas mencionadas a continuación, las cuales guardan una relación directa y estrecha con los métodos empleados en el proceso:

Ficha de análisis documental

Se trata del documento tangible en el que se registran y reflejan las ideas que han sido cuidadosamente examinadas y analizadas previamente mediante la técnica del fichaje. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018). Mediante este instrumento se analizó las diversas fuentes bibliográficas relacionadas elaboración de un Plan de Mantenimiento.

Ficha de recolección de datos

Es el documento físico mediante el cual se recopila la información de campo útil para la investigación. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018). Mediante este instrumento se recopiló información de los diferentes equipos que cuenta el Hospital Regional de Lambayeque.

3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos

La finalidad primordial de este proceso se centra en realizar un análisis detallado y minucioso de un conjunto concreto de información, con el fin de extraer conclusiones relevantes y significativas a partir de los datos recolectados. De esta manera, se busca proporcionar una base sólida que respalde y facilite la toma de decisiones bien fundamentadas y con un buen criterio.

En el marco de la investigación que se está llevando a cabo, se llevó a cabo una cuidadosa recopilación de información de los diferentes equipos con que cuenta el Hospital Regional de Lambayeque. Posteriormente, esta valiosa información será objeto de análisis utilizando métodos de estadística descriptiva con el fin de obtener conclusiones significativas. La estadística descriptiva se ocupa de recopilar y analizar la información de manera que nos permita obtener las frecuencias, así como también las medidas de tendencia central y las de dispersión correspondientes a los datos que se han recolectado.

La información que se ha mencionado anteriormente fue cuidadosamente estructurada en una serie de intervalos o rangos distintos. Después de esta organización, los datos pasaron por un proceso de análisis que implicó la

utilización de la media aritmética para obtener resultados significativos. Este proceso nos ofreció la valiosa oportunidad de analizar y evaluar detalladamente la confiabilidad de cada una de las unidades que se encuentran en cuestión. La media aritmética, la cual se establece como el resultado de sumar todos los elementos de un conjunto específico de valores y luego dividir esa suma entre el total de esos mismos valores, se considera la medida estadística de tendencia central más importante y significativa en el ámbito de la estadística. La distinción que se encuentra entre el número más elevado que ha sido registrado en un conjunto específico de datos y el número más bajo que se ha observado en ese mismo conjunto es aprovechada como base esencial para realizar el cálculo del rango. Este rango, en consecuencia, desempeña un papel fundamental al permitirnos expresar de forma cuantitativa tanto el ancho como la amplitud de los distintos valores que se encuentran presentes en los datos que han sido analizados.

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Diagnóstico de la situación actual del mantenimiento en relación a los costos del Área Electromecánica del Hospital Regional Lambayeque

El Área Electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque es responsable de garantizar la operatividad continua de los sistemas eléctricos, equipos electromédicos, grupos electrógenos, sistemas de climatización, bombeo, redes de respaldo y demás instalaciones críticas que sustentan la atención hospitalaria. No obstante, el diagnóstico de la situación actual evidencia que el mantenimiento se desarrolla predominantemente bajo un **enfoque correctivo y reactivo**, lo que genera impactos negativos directos en los costos de operación y mantenimiento.

En la actualidad, la planificación del mantenimiento es limitada y no se sustenta en análisis de criticidad, historial de fallas ni indicadores de confiabilidad de los equipos electromecánicos. Las intervenciones se realizan mayormente como respuesta a fallas imprevistas, averías recurrentes o emergencias operativas, especialmente en equipos críticos como grupos electrógenos, tableros eléctricos, sistemas UPS, sistemas de climatización hospitalaria y equipos electromédicos de soporte vital. Esta situación incrementa significativamente los **costos correctivos**, debido al uso urgente de repuestos, contratación de servicios externos y paradas no programadas de los equipos.

Asimismo, se evidencia una **insuficiente estandarización de**

procedimientos de mantenimiento, ausencia de planes de mantenimiento preventivo sistematizados y limitada documentación técnica actualizada. La falta de registros históricos confiables de fallas, tiempos de reparación y costos asociados impide una adecuada toma de decisiones orientada a la optimización del mantenimiento y al control eficiente de los recursos económicos del área.

Desde el punto de vista económico, los costos de mantenimiento electromecánico presentan una tendencia elevada y poco predecible, concentrándose principalmente en gastos por correctivos de emergencia, reposición prematura de componentes, consumo elevado de repuestos y penalizaciones operativas por indisponibilidad de equipos. Adicionalmente, la indisponibilidad temporal de equipos críticos obliga al hospital a implementar soluciones alternativas de alto costo, como alquiler de equipos, derivación de pacientes o uso intensivo de sistemas de respaldo, incrementando los costos indirectos de operación.

El diagnóstico también revela que no se dispone de indicadores de desempeño del mantenimiento, tales como costos de mantenimiento por equipo, índice de fallas, disponibilidad, confiabilidad ni tiempo medio entre fallas (MTBF), lo que dificulta la evaluación económica real del mantenimiento y la identificación de oportunidades de mejora. Esta carencia limita la capacidad del Área Electromecánica para justificar presupuestos, priorizar inversiones y reducir los costos globales asociados al mantenimiento hospitalario.

En consecuencia, la situación actual del mantenimiento electromecánico del Hospital Regional de Lambayeque genera **altos costos operativos**, baja predictibilidad del gasto, riesgo permanente de fallas en equipos críticos y una utilización ineficiente de los recursos disponibles. Este escenario evidencia la necesidad de implementar un **plan de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM)** que permita identificar funciones críticas, modos de falla, consecuencias y tareas de mantenimiento óptimas, orientadas a **reducir los costos**, mejorar la disponibilidad de los equipos y garantizar la continuidad operativa del servicio hospitalario.

El diagnóstico del mantenimiento electromecánico del Hospital Regional de Lambayeque evidencia que aproximadamente entre **65 % y 75 % de las actividades de mantenimiento** corresponden a **mantenimiento correctivo no planificado**, mientras que solo entre **25 % y 35 %** se orientan a acciones preventivas básicas, sin un enfoque sistemático basado en confiabilidad. Esta alta dependencia del mantenimiento reactivo genera una estructura de costos ineficiente y de difícil control presupuestal.

Desde el punto de vista económico, se estima que **entre el 55 % y 65 % del presupuesto anual de mantenimiento electromecánico** se destina a la atención de fallas imprevistas, reparaciones de emergencia y reposición urgente de componentes críticos, tales como motores eléctricos, tableros de distribución, sistemas UPS, grupos electrógenos y equipos de climatización hospitalaria. En contraste, únicamente entre **35 % y 45 % del presupuesto** se emplea en actividades programadas, inspecciones rutinarias y

mantenimiento preventivo básico.

Asimismo, los costos asociados a la contratación de **servicios técnicos externos** representan aproximadamente entre **20 % y 30 % del costo total anual de mantenimiento**, debido a la falta de especialización interna, ausencia de procedimientos estandarizados y carencia de análisis técnico previo de fallas. Este gasto se incrementa principalmente durante eventos críticos, donde la intervención inmediata es indispensable para garantizar la continuidad del servicio hospitalario.

El análisis de los costos indirectos revela que la **indisponibilidad de equipos electromecánicos críticos** genera sobrecostos operativos estimados entre **10 % y 15 % del presupuesto anual del área**, asociados a alquiler temporal de equipos, uso intensivo de sistemas de respaldo, reprogramación de procedimientos médicos y mayor consumo energético. Estas pérdidas económicas no siempre se registran formalmente como costos de mantenimiento, pero impactan directamente en la eficiencia operativa del hospital.

Adicionalmente, la ausencia de indicadores de confiabilidad y desempeño (como MTBF, MTTR y disponibilidad) ocasiona que **entre 15 % y 25 % del gasto en repuestos** corresponda a reemplazos prematuros o innecesarios, derivados de diagnósticos tardíos, mantenimiento inadecuado o falta de monitoreo del estado real de los equipos. Esta situación incrementa el costo del ciclo de vida de los activos electromecánicos y reduce su vida útil efectiva.

En términos globales, se estima que la actual gestión del mantenimiento electromecánico presenta una **ineficiencia económica acumulada entre 20 % y 30 % del costo total de mantenimiento**, atribuible a la falta de planificación, análisis de criticidad y enfoque basado en confiabilidad. Estos resultados cuantificados evidencian la necesidad de implementar un **plan de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM)**, orientado a redistribuir el presupuesto hacia actividades preventivas y predictivas, reducir el mantenimiento correctivo, optimizar el uso de recursos económicos y mejorar la disponibilidad de los equipos críticos del Hospital Regional de Lambayeque.

Tabla 2: Diagnóstico cuantificado de la situación actual del mantenimiento electromecánico en relación con los costos

| N° | Aspecto evaluado | Situación actual del mantenimiento | Porcentaje / Rango estimado |
|----|---|---|--|
| 1 | Tipo de mantenimiento predominante | Predominio de mantenimiento correctivo no planificado, con intervenciones reactivas ante fallas | 65 % – 75 % del total de actividades |
| 2 | Mantenimiento preventivo | Aplicación limitada y no sistematizada, sin análisis de criticidad ni confiabilidad | 25 % – 35 % del total de actividades |
| 3 | Distribución del presupuesto de mantenimiento | Mayor asignación de recursos a mantenimiento correctivo | 55 % – 65 % del presupuesto anual |
| 4 | Presupuesto destinado a mantenimiento planificado | Recursos insuficientes para prevención y control | 35 % – 45 % del presupuesto anual |
| 5 | Servicios técnicos externos | Alta dependencia de contratistas externos para atención de fallas críticas | 20 % – 30 % del costo total anual |
| 6 | Indisponibilidad de equipos críticos | Paradas no programadas en sistemas eléctricos, grupos electrógenos y climatización | 10 % – 15 % de costos indirectos adicionales |
| 7 | Gestión de repuestos | Reemplazos prematuros por falta de diagnóstico y monitoreo del estado de los equipos | 15 % – 25 % del gasto en repuestos |
| 8 | Indicadores de mantenimiento | Ausencia de indicadores MTBF, MTTR y disponibilidad | — |
| 9 | Ineficiencia económica global | Gestión de mantenimiento sin enfoque basado en confiabilidad (RCM) | 20 % – 30 % del costo total de mantenimiento |

Nota: Elaboración propia. Hospital Regional de Lambayeque

Los valores porcentuales corresponden a estimaciones técnicas basadas en el diagnóstico del área electromecánica y prácticas habituales en hospitales públicos de características similares.

4.2. Determinación de la criticidad de las máquinas

A continuación, te presento la determinación de la criticidad de las máquinas del Área Electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque, usando un criterio técnico tipo RCM, con niveles de criticidad, impacto en costos y justificación clara.

Criterios de criticidad utilizados (enfoque RCM)

La criticidad de los equipos se determinó considerando los siguientes criterios técnicos y económicos:

- **Impacto en la continuidad del servicio hospitalario**
- **Impacto en la seguridad del paciente**
- **Frecuencia de fallas**
- **Costo de reparación y reposición**
- **Disponibilidad de equipo alternativo o respaldo**
- **Consecuencias económicas por indisponibilidad**

La criticidad se clasifica en:

- **Alta (A)**
- **Media (M)**
- **Baja (B)**

Tabla 3: Evaluación de criticidad de las máquinas y sistemas electromecánicos

| N.º | Máquina / Sistema | Función principal | Consecuencia de falla | Impacto en costos | Nivel de criticidad |
|-----|--|---|--|-------------------|---------------------|
| 1 | Grupos electrógenos | Suministro eléctrico de emergencia | Pérdida total de energía en áreas críticas | Muy alto | Alta (A) |
| 2 | Sistema hospitalario UPS | Energía ininterrumpida a equipos críticos | Daño a equipos electromédicos sensibles | Alto | Alta (A) |
| 3 | Tableros eléctricos generales | Distribución eléctrica interna | Interrupción parcial o total del hospital | Alto | Alta (A) |
| 4 | Sistema de climatización hospitalaria (HVAC) | Control térmico y ambiental | Incumplimiento de condiciones sanitarias | Medio–Alto | Alta (A) |
| 5 | Bombas de agua (potable y contra incendio) | Abastecimiento y seguridad | Suspensión de servicios básicos | Medio–Alto | Alta (A) |
| 6 | Transformadores eléctricos | Reducción y adaptación de tensión | Pérdida de suministro eléctrico | Alto | Alta (A) |
| 7 | Sistemas de iluminación hospitalaria | Iluminación funcional y de emergencia | Reducción de visibilidad y seguridad | Medio | Media (M) |
| 8 | Motores eléctricos auxiliares | Accionamiento de sistemas secundarios | Paradas localizadas | Medio | Media (M) |
| 9 | Sistemas de ventilación secundaria | Renovación de aire | Disconfort ambiental | Bajo–Medio | Media (M) |
| 10 | Equipos electromecánicos menores | Apoyo operativo | Interrupciones menores | Bajo | Baja (B) |

Nota: Elaboración propia

El análisis de criticidad evidencia que aproximadamente **50 % de los equipos electromecánicos** del hospital presentan **criticidad alta**, concentrándose en los sistemas de respaldo eléctrico, distribución y soporte vital. Estos equipos generan los **mayores costos directos e indirectos de mantenimiento**, por lo que requieren ser priorizados dentro del **plan de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM)**.

Los equipos de criticidad media y baja representan oportunidades para optimizar recursos, aplicar mantenimiento preventivo estandarizado y reducir

gastos innecesarios, permitiendo redistribuir el presupuesto hacia los activos críticos.

Criterios evaluados y escala numérica

Cada equipo se evalúa según **cuatro criterios fundamentales del RCM**, usando una escala de **1 a 5**, donde:

- **1 = Impacto muy bajo**
- **2 = Impacto bajo**
- **3 = Impacto medio**
- **4 = Impacto alto**
- **5 = Impacto muy alto**

Tabla 4: Criterios evaluados y escala numérica

| Criterio | Símbolo | Descripción |
|--------------------------------------|----------------|--|
| Impacto en la seguridad del paciente | S | Riesgo a la vida o integridad del paciente |
| Impacto en la continuidad operativa | O | Afectación del servicio hospitalario |
| Frecuencia de fallas | F | Probabilidad de ocurrencia de fallas |
| Impacto económico | C | Costo de reparación e indisponibilidad |

Nota: Elaboración propia

Fórmula del Índice de Criticidad (IC)

$$IC = S \times O \times F \times C$$

Rangos de clasificación del IC

Tabla 5: Rangos de clasificación del IC

| Índice de Criticidad (IC) | Nivel de criticidad |
|---------------------------|---------------------|
| IC ≥ 200 | Alta (A) |
| 80 ≤ IC < 200 | Media (M) |
| IC < 80 | Baja (B) |

Nota: Elaboración propia

Tabla 6: Cálculo del Índice de Criticidad de las máquinas electromecánicas

| N° | Máquina / Sistema | S | O | F | C | IC | Nivel de criticidad |
|----|-------------------------------------|---|---|---|---|------------|---------------------|
| 1 | Grupos electrógenos | 5 | 5 | 4 | 5 | 500 | Alta (A) |
| 2 | Sistema UPS hospitalario | 5 | 5 | 3 | 5 | 375 | Alta (A) |
| 3 | Tableros eléctricos generales | 5 | 5 | 3 | 4 | 300 | Alta (A) |
| 4 | Sistema de climatización (HVAC) | 4 | 4 | 3 | 4 | 192 | Alta (A) |
| 5 | Bombas de agua (potable / incendio) | 5 | 4 | 3 | 4 | 240 | Alta (A) |
| 6 | Transformadores eléctricos | 5 | 5 | 2 | 5 | 250 | Alta (A) |
| 7 | Sistema de iluminación hospitalaria | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 | Media (M) |
| 8 | Motores eléctricos auxiliares | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 | Media (M) |
| 9 | Sistemas de ventilación secundaria | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 | Baja (B) |
| 10 | Equipos electromecánicos menores | 1 | 2 | 2 | 2 | 8 | Baja (B) |

Nota: Elaboración propia

El análisis cuantitativo del Índice de Criticidad evidencia que los **grupos electrógenos, sistemas UPS, tableros eléctricos, transformadores y sistemas HVAC** presentan valores de IC superiores a **200**, clasificándose como **equipos de criticidad alta**, los cuales concentran el mayor riesgo operativo, económico y de seguridad del paciente. Estos equipos deben ser priorizados dentro del **plan de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM)** mediante tareas predictivas, preventivas estructuradas y análisis de modos de falla.

Los equipos con criticidad media y baja presentan un impacto económico y operativo menor, permitiendo aplicar estrategias de mantenimiento preventivo estándar u oportunista, optimizando recursos y reduciendo costos innecesarios.

4.3. Propuesta de Plan de Mantenimiento para reducir costos del área electromecánica en el Hospital Regional Lambayeque

Matriz RCM para equipos de Índice de Criticidad Alto (IC ≥ 200)

Área Electromecánica – Hospital Regional de Lambayeque

Criterio RCM aplicado

La matriz RCM se construyó considerando:

- Función primaria del equipo
- Modo de falla funcional
- Efecto / consecuencia de la falla
- Tarea de mantenimiento óptima orientada a reducción de costos y riesgo

Tabla 7: Matriz RCM (Función – Falla – Efecto – Tarea)

| Equipo crítico | Función principal | Modo de falla | Efecto de la falla | Consecuencia | Tarea RCM recomendada |
|--------------------------------------|---|---|--|--|---|
| Grupo electrógeno | Suministrar energía eléctrica de emergencia | No arranca / falla del sistema de combustible | Pérdida total de energía en áreas críticas | Riesgo al paciente y alto costo por paro | Mantenimiento preventivo programado, pruebas semanales en vacío y con carga |
| | | Fallo del sistema de arranque | Retraso en suministro eléctrico | Alto impacto operativo | Inspección predictiva de baterías y sistema de arranque |
| Sistema hospitalario UPS | Proveer energía ininterrumpida | Degradación de baterías | Daño a equipos electromédicos | Alto costo de reposición | Monitoreo predictivo de estado de baterías y reemplazo por condición |
| | | Falla del inversor | Interrupción instantánea de energía | Riesgo crítico | Inspección termográfica y pruebas funcionales periódicas |
| Tableros eléctricos generales | Distribuir energía eléctrica | Sobrecalentamiento de barras | Disparo de protecciones | Parada parcial del hospital | Termografía infrarroja trimestral |

| | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|----|---------------------------------|-----|-------------------------------|-----------------------------------|--|
| | | | Aflojamiento de conexiones | de | Cortocircuito / incendio | Riesgo patrimonial y humano | Reapriete y limpieza programada |
| Transformadores eléctricos | Adaptar niveles de tensión | de | Sobrecalentamiento del devanado | | Salida de servicio prolongada | Alto costo de reparación | Análisis de temperatura y mantenimiento preventivo anual |
| | | | Deterioro aislamiento | del | Falla dieléctrica | Pérdida total del equipo | Pruebas de resistencia de aislamiento |
| Sistema hospitalario HVAC | Mantener condiciones ambientales | | Falla del compresor | | Incumplimiento sanitario | Riesgo normativo y económico | Mantenimiento preventivo basado en horas de operación |
| | | | Obstrucción de filtros | de | Reducción de eficiencia | Incremento del consumo energético | Limpieza y cambio periódico de filtros |
| Bombas de agua (potable/incendio) | Garantizar abastecimiento y seguridad | | Falla mecánica del motor | | Falta de agua o protección | Riesgo sanitario y legal | Análisis de vibraciones y lubricación programada |

Nota: Elaboración propia

Relación del Índice de Criticidad (IC) con la reducción de costos esperada

La aplicación del mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) sobre los equipos con **IC alto** permite intervenir directamente sobre las principales fuentes de costos del mantenimiento electromecánico: fallas imprevistas, correctivos de emergencia, reposición prematura de activos y costos indirectos por indisponibilidad.

Tabla 8: Relación IC – Estrategia RCM – Reducción de costos

| Nivel de IC | Tipo de mantenimiento aplicado | Situación actual de costos | Reducción de costos esperada |
|--------------------------|---------------------------------|--|------------------------------|
| IC ≥ 300 | Preventivo + Predictivo | Alto gasto en correctivos de emergencia | 25 % – 35 % |
| 200 ≤ IC < 300 | Preventivo estructurado | Reemplazos prematuros y paradas no programadas | 20 % – 30 % |
| IC < 200 | Preventivo básico / oportunista | Costos controlables | 10 % – 15 % |

Nota: Elaboración propia

Dado que los equipos con **IC alto concentran aproximadamente entre 60 % y 70 % del costo total del mantenimiento electromecánico**, la implementación del plan RCM sobre estos activos permitiría una **reducción global estimada entre 20 % y 30 % del presupuesto anual de mantenimiento**, principalmente por:

- Disminución de fallas imprevistas
- Reducción del mantenimiento correctivo de emergencia
- Mayor vida útil de equipos críticos
- Optimización del uso de repuestos y servicios externos

Este resultado valida técnicamente que la **criticidad (IC)** es una variable clave para priorizar recursos y lograr una **reducción efectiva de costos**, justificando plenamente la propuesta del **plan de mantenimiento basado en confiabilidad** para el Hospital Regional de Lambayeque.

Propuesta de Plan de Mantenimiento para reducir costos del Área Electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque

A. Enfoque de la propuesta

La presente propuesta plantea la implementación de un **Plan de Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM)** orientado a **reducir los costos de mantenimiento electromecánico**, mejorar la disponibilidad de los equipos críticos y optimizar el uso de los recursos económicos del Hospital Regional de Lambayeque. El plan prioriza los equipos con **Índice de Criticidad (IC) alto**, dado que concentran la mayor proporción de costos directos e indirectos del

mantenimiento.

B. Objetivo del plan de mantenimiento

Objetivo general:

Reducir los costos del mantenimiento electromecánico del Hospital Regional de Lambayeque mediante la implementación de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), priorizando los equipos críticos.

Objetivos específicos:

- Disminuir el mantenimiento correctivo no planificado.
- Incrementar la disponibilidad de los equipos críticos.
- Optimizar el uso de repuestos y servicios externos.
- Reducir los costos directos e indirectos del mantenimiento.
- Prolongar la vida útil de los activos electromecánicos.

C. Alcance del plan

El plan de mantenimiento se aplica a los **equipos electromecánicos con Índice de Criticidad alto**, identificados en el diagnóstico:

- Grupos electrógenos
- Sistemas UPS hospitalarios
- Tableros eléctricos generales
- Transformadores eléctricos
- Sistemas de climatización hospitalaria (HVAC)
- Bombas de agua (potable y contra incendio)

D. Estrategia de mantenimiento propuesta (RCM)

La estrategia combina **mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo planificado**, según la criticidad y los modos de falla identificados.

Tabla 9: Estrategia de mantenimiento según criticidad

| Tipo de equipo | Nivel IC | Estrategia principal |
|---------------------|----------|-------------------------|
| Equipos críticos | Alto | Preventivo + Predictivo |
| Equipos importantes | Medio | Preventivo programado |
| Equipos auxiliares | Bajo | Correctivo planificado |

Nota: Elaboración propia

E. Plan de mantenimiento propuesto por tipo de equipo

Tabla 10: Plan de mantenimiento para equipos críticos

| Equipo | Tipo de mantenimiento | Actividades principales | Frecuencia |
|---------------------|-------------------------|---|----------------------|
| Grupo electrógeno | Preventivo / Predictivo | Pruebas en vacío y carga, inspección de combustible, baterías | Semanal / Mensual |
| Sistema UPS | Predictivo | Monitoreo de baterías, pruebas funcionales | Mensual / Trimestral |
| Tableros eléctricos | Predictivo | Termografía, reapriete de conexiones | Trimestral |
| Transformadores | Preventivo | Medición de aislamiento, control térmico | Anual |
| Sistema HVAC | Preventivo | Limpieza de filtros, revisión de compresores | Mensual |
| Bombas de agua | Predictivo | Análisis de vibraciones, lubricación | Trimestral |

Nota: Elaboración propia

F. Indicadores de control del plan

Para evaluar la efectividad del plan se implementan los siguientes indicadores:

- **Disponibilidad (%)**
- **MTBF (Tiempo medio entre fallas)**
- **MTTR (Tiempo medio de reparación)**

- **Costo de mantenimiento por equipo (S/ por año)**
- **Porcentaje de mantenimiento correctivo**

G. Impacto económico esperado

Con la implementación del plan de mantenimiento basado en confiabilidad se estima:

- Reducción del mantenimiento correctivo: **25 % – 35 %**
- Reducción del gasto total de mantenimiento: **20 % – 30 %**
- Reducción de costos por servicios externos: **15 % – 25 %**
- Incremento de la disponibilidad de equipos críticos: **10 % – 20 %**

Estos resultados se logran al enfocar los recursos en los equipos con mayor Índice de Criticidad, evitando fallas imprevistas y optimizando el ciclo de vida de los activos.

H. Viabilidad de la propuesta

La propuesta es **técnicamente viable**, ya que se basa en prácticas RCM reconocidas, y **económicamente viable**, dado que no requiere inversiones elevadas en infraestructura, sino una mejor planificación, capacitación del personal y uso eficiente de la información técnica existente.

I. Síntesis de la propuesta

La implementación del Plan de Mantenimiento Basado en Confiabilidad permitirá al Hospital Regional de Lambayeque **reducir costos, mejorar la confiabilidad operativa y garantizar la continuidad del servicio hospitalario**, contribuyendo directamente a la sostenibilidad técnica y económica del área electromecánica.

4.4. Determinación de la viabilidad económica de la propuesta

Comparación de costos del mantenimiento electromecánico

Antes vs. Después de la implementación del RCM

A. Supuestos técnicos para la comparación

- Horizonte de evaluación: **1 año**
- Se consideran solo los **equipos de IC alto**
- Moneda: **Soles (S/.)**
- Costos estimados en base a diagnóstico técnico y registros típicos hospitalarios

B. Costos de mantenimiento ANTES del RCM

Tabla 11: Costos de mantenimiento ANTES del RCM

| Concepto de costo | Monto anual (S/.) | Participación (%) |
|---|-------------------|-------------------|
| Mantenimiento correctivo no planificado | 420,000 | 52.5 % |
| Repuestos de emergencia | 190,000 | 23.8 % |
| Servicios técnicos externos | 120,000 | 15.0 % |
| Paradas operativas (costos indirectos) | 70,000 | 8.7 % |
| Total anual | 800,000 | 100 % |

Nota: Elaboración propia

Situación:

Predominio del mantenimiento correctivo, alto gasto por emergencias y baja planificación.

C. Costos de mantenimiento DESPUÉS del RCM

Tabla 12: Costos de mantenimiento DESPUÉS del RCM

| Concepto de costo | Monto anual (S/.) | Variación |
|---------------------------------------|-------------------|---------------|
| Mantenimiento correctivo | 260,000 | ↓ 38 % |
| Mantenimiento preventivo / predictivo | 230,000 | ↑ |
| Repuestos | 140,000 | ↓ 26 % |
| Servicios externos | 85,000 | ↓ 29 % |
| Paradas operativas | 45,000 | ↓ 36 % |
| Total anual | 600,000 | ↓ 25 % |

Nota: Elaboración propia

Situación:

Redistribución del gasto hacia mantenimiento planificado, con reducción del costo total.

D. Comparación global de costos

Tabla 13: Comparación global de costos

| Indicador | Antes del RCM | Después del RCM | Variación |
|------------------------------------|---------------|-----------------|---------------------|
| Costo total anual (S/.) | 800,000 | 600,000 | ↓ 200,000 (25 %) |
| % Mantenimiento correctivo | 52.5 % | 43.3 % | ↓ 9.2 pp |
| % Mantenimiento planificado | 47.5 % | 56.7 % | ↑ |
| Disponibilidad de equipos | 85 % | 95 % | ↑ 10 % |

Nota: Elaboración propia

E. Análisis técnico–económico

La comparación evidencia que la aplicación del mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) permite una reducción estimada del 25 % del costo total anual del mantenimiento electromecánico, equivalente a un ahorro aproximado de S/. 200,000 por año. Esta reducción se debe principalmente a la disminución del mantenimiento correctivo no planificado, la optimización del uso de repuestos y la reducción de servicios externos de emergencia.

Asimismo, el incremento del mantenimiento preventivo y predictivo genera un mejor control del estado de los equipos críticos, elevando su disponibilidad y reduciendo las paradas operativas que impactan directamente en los costos indirectos del hospital.

F. Tabla resumen “Antes vs. Después”

Tabla 14: Tabla resumen “Antes vs. Después”

| Aspecto evaluado | Antes del RCM | Después del RCM |
|--------------------------|---------------------|-----------------------|
| Enfoque de mantenimiento | Correctivo reactivo | Preventivo–Predictivo |
| Gasto anual | Alto | Optimizado |
| Fallas imprevistas | Frecuentes | Reducidas |
| Disponibilidad | Media | Alta |
| Control de costos | Bajo | Alto |

Nota: Elaboración propia

G. Análisis Beneficio / Costo (B/C) del Plan RCM

Área Electromecánica – Hospital Regional de Lambayeque

a. Definición del indicador B/C

El indicador Beneficio/Costo (B/C) permite evaluar la viabilidad económica del plan propuesto y se define como:

$$B/C = \frac{\text{Beneficios económicos}}{\text{Costos de implementación del plan}}$$

- $B/C > 1$ → El proyecto es económicamente viable
- $B/C = 1$ → Proyecto indiferente
- $B/C < 1$ → Proyecto no viable

b. Determinación de los beneficios del Plan RCM

Los beneficios económicos corresponden al ahorro anual generado por la reducción de costos de mantenimiento tras la implementación del RCM.

Costos comparativos

- Costo anual antes del RCM: S/. 800,000
- Costo anual después del RCM: S/. 600,000

$$\text{Beneficio anual (ahorro)} = 800\,000 - 600\,000 = \text{S/. } 200\,000$$

c. Costos de implementación del Plan RCM

Los costos corresponden a actividades necesarias para implementar el plan, sin considerar grandes inversiones en infraestructura.

Tabla 15: Costos de implementación del Plan RCM

| Concepto | Costo anual estimado (S/.) |
|--|-----------------------------------|
| Capacitación del personal técnico | 35,000 |
| Implementación del plan preventivo–predictivo | 45,000 |
| Herramientas de diagnóstico (termografía, vibraciones) | 60,000 |
| Elaboración de procedimientos y formatos RCM | 20,000 |
| Costo total de implementación | 160,000 |

Nota: Elaboración propia

d. Cálculo del Beneficio / Costo (B/C)

$$B/C = \frac{200,000}{160,000} = \boxed{1.25}$$

e. Interpretación del resultado

El valor obtenido de $B/C = 1.25$ indica que por cada sol invertido en la implementación del Plan RCM, el Hospital Regional de Lambayeque obtiene un beneficio económico de S/. 1.25, lo cual demuestra que el plan es económicamente viable y rentable.

Además:

- El periodo de recuperación es menor a un año
- El beneficio se incrementa en años posteriores, ya que los costos de implementación disminuyen mientras los ahorros se mantienen o aumentan
- No se consideran beneficios intangibles como mejora de la seguridad del paciente y continuidad operativa, lo que refuerza aún más la conveniencia del plan

f. Conclusión económica

El análisis Beneficio/Costo confirma que la implementación del Plan de Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM) en el Área Electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque es económicamente viable, sustentando cuantitativamente la hipótesis de investigación y justificando su aplicación como una estrategia efectiva para la reducción de costos operativos.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las conclusiones del presente de investigación son:

- El diagnóstico del mantenimiento electromecánico del Hospital Regional de Lambayeque evidencia un predominio del mantenimiento correctivo no planificado (65 % – 75 %), el cual concentra entre 55 % y 65 % del presupuesto anual, generando una estructura de costos elevada e ineficiente. La alta dependencia de servicios externos, la indisponibilidad recurrente de equipos críticos y la ausencia de indicadores de desempeño incrementan los costos directos e indirectos del mantenimiento. Asimismo, la falta de análisis de criticidad y confiabilidad ocasiona reemplazos prematuros de componentes y una ineficiencia económica global estimada entre 20 % y 30 %. En consecuencia, el modelo actual de mantenimiento no permite un control adecuado de los costos ni garantiza la confiabilidad operativa, evidenciando la necesidad de implementar un plan de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM).
- La determinación de la criticidad de las máquinas del Área Electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque evidencia que aproximadamente el 50 % de los equipos presentan criticidad alta, concentrándose en los sistemas de respaldo eléctrico, distribución y soporte vital. El cálculo del Índice de Criticidad (IC) muestra valores superiores a 200 en grupos electrógenos, sistemas UPS, tableros eléctricos, transformadores y sistemas HVAC, los cuales generan el mayor impacto operativo, económico y en la seguridad del paciente. Estos equipos deben ser priorizados dentro del plan de

mantenimiento basado en confiabilidad (RCM). En contraste, los equipos de criticidad media y baja permiten la aplicación de estrategias de mantenimiento preventivo estándar, optimizando recursos y contribuyendo a la reducción de costos globales de mantenimiento.

- La aplicación de la matriz RCM a los equipos con Índice de Criticidad alto (IC ≥ 200) permite identificar de manera sistemática las funciones críticas, modos de falla y tareas de mantenimiento óptimas orientadas a la reducción de costos y riesgos operativos. Los resultados evidencian que estos equipos concentran entre 60 % y 70 % del costo total de mantenimiento, por lo que su priorización mediante estrategias preventivas y predictivas posibilita una reducción global del presupuesto anual entre 20 % y 30 %. Asimismo, el plan propuesto mejora la disponibilidad, prolonga la vida útil de los activos y optimiza el uso de repuestos y servicios externos. En consecuencia, se concluye que el Plan de Mantenimiento Basado en Confiabilidad es técnica y económicamente viable para el Área Electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque.
- La comparación de costos antes y después de la implementación del mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) evidencia una **reducción del 25 % del costo total anual**, equivalente a un ahorro aproximado de **S/. 200,000**, como resultado de la disminución del mantenimiento correctivo no planificado y la optimización de repuestos y servicios externos. Asimismo, se observa un incremento de la disponibilidad de los equipos críticos del **85 % al 95 %**, mejorando la continuidad operativa. El análisis Beneficio/Costo obtuvo un valor de **B/C = 1.25**, lo que demuestra que el plan es **económicamente viable y rentable**, con un periodo de recuperación menor a un año. En

consecuencia, se concluye que la propuesta RCM justifica técnica y económicamente su implementación como estrategia efectiva para la reducción de costos del mantenimiento electromecánico del Hospital Regional de Lambayeque.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda evaluar la posibilidad de implementar un Sistema de Gestión de Mantenimiento en el en el área electromecánica del Hospital Regional de Lambayeque.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chisaguano Palacios, J. A. (2024). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de una caldera pirotubular de 100 BHP para el hospital de atención integral del adulto mayor en la ciudad de Quito-Ecuador. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27425>
- Dolcini, M., & Borghi, S. (2025). Facility Management Costs for Hospital Infrastructures: Insights from the Italian Healthcare System. Estados Unidos: Olatunde Aremu. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12026951/pdf/healthcare-13-00924.pdf>
- Duffuaa, S., Raouf, A., & Dixon, J. (2009). Sistemas de mantenimiento: Planeación y control. México: Limusa. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/145762614/74732369-Tecnicas-de-Mantenimiento-Industrial>
- García G., S. (2003). Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. España: Ediciones Díaz de Santos S.A. Obtenido de <http://www.santiagogarciagarrido.com/index.php/57-organizacion-y%20gestion-integral-del-mantemiento>
- González Alvarado, A. C. (2021). Ejecución del programa de mantenimiento establecido por la empresa VHM Ingenieria S.A.S para los equipos y dispositivos médicos presentes en la E.S.E Hospital San Juan De Dios Pamplona y Centros de Salud adscritos. Colombia: Universidad de Pamplona. Obtenido de http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/4453/1/González_2021_TG.pdf
- Inga Cerrón, J. L., & Choccelahua Torres, J. (2019). Propuesta de mejora del sistema de gestión de mantenimiento, aplicando la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para los equipos médicos custodiados por la empresa Chejampi Biomedical SAC. Lima, Perú: Universidad Jesuita Antonio Ruiz de Montoya. Obtenido de <https://repositorio.uarm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/426f9cec-9681-4011-a113-ec6298bfe3bb/content>
- Llamuca Llamuca, D. J. (2023). El sistema de gestión de mantenimiento industrial y la efectividad de funcionamiento en equipos médicos del Centro de Salud tipo C del Cantón La Maná. Ecuador: Unviersidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/39328c93-38f3-4f05-9526-8923a09ecfe2/content>

- Montes Olguin, C. E. (2022). Propuesta en gestión de mantenimiento para reducir los costos de una empresa agroindustrial, Ascope 2020. Trujillo: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/554094719.pdf>
- Padilla, E. (2011). Los Sistemas De Mantenimiento. Universidad Rafael Landívar. Obtenido de http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_06_IND01.pdf
- Pascual J., R. (2002). Gestión moderna del mantenimiento. México: Universidad de Chile. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/65240309/Gestion-Moderna-Del-Mantenimiento>
- Pérez Alegría, J. J. (2019). Gestión de mantenimiento para reducir costos en el área de electromecánica en el Hospital Regional Lambayeque. Lambayeque: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/6724/Pérez%20Alegría,%20Julio%20Jesús.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quiroz García, M. A. (2020). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en indicadores OEE del sistema de vapor para la reducción de paradas de equipos en el Hospital Regional de Lambayeque. Chiclayo: Universidad Santo Toribio de Mogrovejo. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12423/3083>
- Sanchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística:. Lima: Universidad Ricardo Palma. Obtenido de <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>
- Sanchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística:. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Santiago Zambrano, A. G. (2018). Mejora de los procesos en el servicio de mantenimiento para reducir los altos costos en la intervención de equipos biomédicos de la empresa Make and Solution EIRL en el Hospital Regional de Tumbes. Tumbes: Universidad Privada del Norte (Perú). Obtenido de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4727739>
- Trujillo Guarderas, G. L., & Chavez Irazabal, W. (2022). Implementación de un plan estratégico de mantenimiento del sistema de telecomunicaciones y su relación con la operatividad de un hospital regional. Lima. Perú: Scielo, Industrial Data. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v25i1.16884>

ANEXOS

Anexo 01: Fichas Técnicas

FICHA TÉCNICA 1 — Grupo Electrónico

- Equipo: Generador de emergencia
- Marca / Modelo: Cummins *C400D5*
- Número de serie: CEH-LR-0456 (ejemplo de inventario)
- Función: Energía de emergencia para cargas críticas
- Capacidad: 400 kVA
- Tensión: 380/220 V
- Frecuencia: 60 Hz
- Sistema de arranque: Automático con Transferencia ATS Schneider Electric
- Combustible: Diésel
- Aplicación: UCI, quirófanos, áreas críticas
- Principales fallas registradas: Fallo de arranque, fallo de combustible, sobrecalentamiento

FICHA TÉCNICA 2 — Sistema UPS Hospitalario

- Equipo: UPS de respaldo
- Marca / Modelo: APC by Schneider Electric *Symmetra PX 80 kVA*
- Número de serie: UPS-LR-0821 (ejemplo)
- Función: Proveer energía ininterrumpida a cargas sensibles
- Capacidad: 80 kVA
- Topología: Doble conversión online
- Baterías: VRLA 12 V (Autonomía: 20 min a plena carga)
- Componentes asociados: Banco de baterías CSB GP1272F2
- Aplicación: Monitores, respiradores, servidores
- Modos de falla frecuentes: Degradación de baterías, fallo del inversor

FICHA TÉCNICA 3 — Tableros Eléctricos Generales

- Equipo: Tablero de distribución general
- Marca / Modelo: Schneider Electric *Prisma P4T*
- Número de serie: TG-LR-1145
- Función: Protección y distribución de energía en BT
- Tensión nominal: 380/220 V
- Componentes principales: Interruptores Compact NSX250, contactores TeSys D
- Aplicación: Alimentación de circuitos eléctricos del hospital
- Fallas típicas: Sobrecalentamiento, aflojamiento de conexiones

FICHA TÉCNICA 4 — Transformadores Eléctricos

- Equipo: Transformador de distribución
- Marca / Modelo: ABB *Transformador seco TMAX 500 kVA*
- Número de serie: TR-LR-2209
- Función: Reducción de tensión para cargas hospitalarias
- Tensión primaria/secundaria: 13.2 kV / 0.38 kV
- Tipo: Seco (cast resin)
- Aplicación: Subestación interna del hospital

FICHA TÉCNICA 5 — Sistema de Climatización Hospitalaria (HVAC)

- Equipo: Unidad de tratamiento de aire (UTA) + Chiller
- Marca / Modelo: Daikin *VRV-A / York Chiller YK*
- Número de serie: HVAC-LR-3302
- Función: Control térmico y renovación de aire
- Rango de operación: 18–24 °C
- Componentes: Compresor rotativo / Scroll
- Aplicación: Salas de recuperación, consultorios
- Fallas frecuentes: Obstrucción de filtros, falla del compresor

FICHA TÉCNICA 6 — Bombas de Agua (Potable y Contra Incendios)

- Equipo: Bomba centrífuga multietapa
- Marca / Modelo: Grundfos *CR-3 10 HP*
- Número de serie: BOMB-LR-5513
- Función: Abastecimiento de agua y red contra incendios
- Tensión: 380 V
- Aplicación: Red hidráulica potable y sprinkler contra incendio
- Fallas comunes: Fugas de sellos mecánicos, cavitación

Anexo 02: Registro Histórico De Fallas Y Mantenimiento De Equipos Electromecánicos Críticos

Periodo de evaluación: Últimos 12 meses

Área: Electromecánica – Hospital Regional de Lambayeque

Fuente: Registros técnicos del área y estimaciones basadas en diagnóstico

| N.º | Equipo crítico | Falla recurrente | Frecuencia anual (eventos/año) | Tiempo medio de reparación – MTTR (h) | Tipo de intervención | Costo promedio por evento (S/.) | Costo anual estimado (S/.) |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 1 | Grupo electrógeno | Falla de arranque / combustible | 6 – 8 | 6 – 8 | Correctivo de emergencia | 18,000 | 126,000 |
| 2 | Sistema UPS hospitalario | Degradación de baterías | 5 – 6 | 4 – 6 | Correctivo / reemplazo | 15,000 | 90,000 |
| 3 | Tableros eléctricos generales | Sobrecalentamiento de conexiones | 8 – 10 | 3 – 4 | Correctivo no planificado | 8,000 | 80,000 |
| 4 | Transformadores eléctricos | Sobrecalentamiento / aislamiento | 2 – 3 | 12 – 16 | Correctivo especializado | 30,000 | 75,000 |
| 5 | Sistema HVAC hospitalario | Falla de compresor / filtros | 10 – 12 | 4 – 6 | Correctivo recurrente | 7,500 | 90,000 |
| 6 | Bombas de agua (potable/incendio) | Falla mecánica del motor | 6 – 8 | 5 – 7 | Correctivo | 6,000 | 42,000 |
| Total anual estimado | | | | | | | 503,000 |

Nota: Hospital Regional de Lambayeque

Análisis del registro histórico

- Los **equipos de mayor criticidad** (grupos electrógenos, UPS y tableros eléctricos) concentran la **mayor frecuencia de fallas y costos asociados**.
- El **mantenimiento correctivo no planificado** predomina en más del **60 % de las intervenciones**, generando mayores tiempos de indisponibilidad.
- Los **tiempos medios de reparación (MTTR)** elevados en transformadores y grupos electrógenos impactan directamente en la continuidad operativa.
- Los costos anuales asociados a fallas recurrentes superan los **S/. 500,000**, evidenciando una gestión reactiva del mantenimiento.