



# UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

## TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

### INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**Propuesta de un Sistema de Gestión del  
Mantenimiento basado en condición (CBM) para  
optimizar el sistema eléctrico del Hospital Las  
Mercedes de Chiclayo**

**Autor:**

**Bach. Fenco Bravo, Giancarlos**

**Asesor:**

**Dr. Ing. Carranza Montenegro, Daniel**

**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 un Sistema de Gestión del  
Mantenimiento basado en condición (CBM) para  
optimizar el sistema eléctrico del Hospital Las  
Mercedes de Chiclayo**

Autor:

**Bach. Fenco Bravo, Giancarlo**

Aprobado por el Jurado Examinador

**PRESIDENTE : M.Sc. Juan A. Tumialan Hinojosa**  
**SECRETARIO : M.Sc. Jony Villalobos Cabrera**  
**MIEMBRO : M.Sc. Néstor Daniel Puyen Mateo**  
**ASESOR : Dr. Ing. Daniel Carranza Montenegro**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2026**



# UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

TITULO:

**Propuesta de un Sistema de Gestión del  
Mantenimiento basado en condición (CBM) para  
optimizar el sistema eléctrico del Hospital Las  
Mercedes de Chiclayo**

## CONTENIDOS

<b>CAPITULO I</b>	: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.
<b>CAPITULO II</b>	: MARCO TEÓRICO.
<b>CAPITULO III</b>	: MARCO METODOLÓGICO.
<b>CAPITULO IV</b>	: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.
<b>CAPITULO V</b>	: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

**Bach. Fenco Bravo, Giancarlos**

  
M.Sc. Juan A. Tumialan Hinostroza  
PRESIDENTE

  
M.Sc. Jony Villalobos Cabrera  
SECRETARIO

  
Ing. Néstor Daniel Puyen Mateo  
VOCAL

  
Dr. Ing. Daniel Carranza Montenegro  
ASESOR

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2026**



**ACTA DE SUSTENTACION N°0158-2026-FIME**



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 10:00 a.m. del día martes 12 de mayo 2026. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°074-2026-D-FIME-UNPRG, de fecha 08 de mayo 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. JONY VILLALOBOS CABRERA          | SECRETARIO |
| ▪ M.Sc. Ing. NESTOR DANIEL PUYEN MATEO        | MIEMBRO    |
| ▪ Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO         | ASESOR     |

Se recibió la Tesis titulada:


***"PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICION (CBM) PARA OPTIMIZAR EL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL LAS MERCEDES DE CHICLAYO"***


Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **FENCO BRAVO GIANCARLOS**.

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 ( *17* ) 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 *11:00 am* del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando presente acta el jurado respectivo:

  
 M.Sc. Ing. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA  
 PRESIDENTE

  
 M.Sc. Ing. NESTOR DANIEL PUYEN MATEO  
 MIEMBRO

  
 M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA  
 SECRETARIO

  
 Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO  
 ASESOR

ANEXO 01

**CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD**

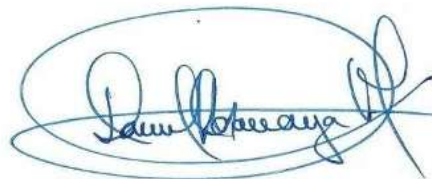
Yo, **Dr. Daniel Carranza Montenegro**, usuario revisor del documento titulado: **“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN (CBM) PARA OPTIMIZAR EL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL LAS MERCEDES DE CHICLAYO”**

Cuyo autor es, **Giancarlo Fenco Bravo**, identificado con documento de identidad N° **75006792**, declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de **10%**, 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 21 de abril del 2026



.....  
**DR. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO**

**DNI: 16477153**

**ASESOR**

Se adjunta:

\*Resumen del Reporte automático de similitudes

\*Recibo Digital

## Propuesta de un Sistema de Gestión del Mantenimiento basado en condición (CBM) para optimizar el sistema eléctrico del Hospital Las Mercedes de Chiclayo

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>10%</b>	<b>10%</b>	<b>2%</b>	<b>5%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo</b> Trabajo del estudiante	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.unprg.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.continental.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>dspace.esPOCH.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>www.bienvenidalavida.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>depozit.isae.fr</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

  
 ASESOR: DR. ING. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO  
 DOCENTE FIME  
 DNI: 16477153

9	<a href="http://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://biblio.ingenieria.usac.edu.gt">biblio.ingenieria.usac.edu.gt</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://bibliotecadigital.univalle.edu.co">bibliotecadigital.univalle.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://repositorio.ecci.edu.co">repositorio.ecci.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://journalingeniar.org">journalingeniar.org</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://repositorio.autonoma.edu.pe">repositorio.autonoma.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://www.bcrp.gob.pe">www.bcrp.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

  
 ASESOR: DR. ING. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO  
 DOCENTE FIME  
 DNI: 16477153

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

&lt; 15 words



## 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: Giancarlos Fenco Bravo  
Título del ejercicio: Quick Submit  
Título de la entrega: Propuesta de un Sistema de Gestión del Mantenimiento basa...  
Nombre del archivo: TESIS\_INFORME\_FINAL-GIANCARLOS\_FENCO\_REV\_FINAL.pdf  
Tamaño del archivo: 3.31M  
Total páginas: 93  
Total de palabras: 16,152  
Total de caracteres: 98,374  
Fecha de entrega: 07-may-2026 12:35p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 2955383186



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
PEDRO RUIZ GALLO**

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

**TESIS**  
Para Optar el Título Profesional de:  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

"Propuesta de un Sistema de Gestión del  
Mantenimiento basado en condición (CBM) para  
optimizar el sistema eléctrico del Hospital Las  
Mercedes de Chiclayo"

Autor:

Bach. Fenco Bravo, Giancarlos

Asesor:

Dr. Ing. Carranza Montenegro, Daniel

LAMBAYEQUE – PERÚ  
2025

  
ASESOR: DR. ING. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO  
DOCENTE FIME  
DNI: 16477153

## DEDICATORIA

Le dedico esta tesis como muestra de gratitud y cariño, nada de esto hubiera sido posible sin su apoyo incondicional. Su bendición diaria a lo largo de mi vida ha sido mi mayor fortaleza, guiándome y protegiéndome siempre por el camino del bien.

A mis hermanos Luis y Paolo, por siempre orientarme y motivándome a seguir adelante. Su continuo respaldo y expectativas fueron esenciales para seguir estudiando y alcanzara este objetivo.

Bach. Fenco Bravo, Giancarlos

## **AGRADECIMIENTO**

En este proceso, a Dios, por la fortaleza desarrollada, la calma emocional y la constancia adquirida a lo largo de esta etapa, las cuales permitieron concluir satisfactoriamente esta fase profesional. Su guía y apoyo espiritual fueron fundamentales para mantenerme firme ante los desafíos y avanzar con convicción hasta alcanzar este objetivo.

Con especial gratitud, a mi madre, mi más profundo agradecimiento por su apoyo incondicional, sus consejos y sus bendiciones diarias, que siempre me han servido de orientación para seguir avanzando.

A mis hermanos, agradezco su guía, motivación y exigencia, que fueron clave para que continuara mis estudios y alcanzara este objetivo.

Finalmente, a mis profesores y presto homenaje a todas las personas que, de una manera u otra, me han ayudado a hacer esta tesis.

Bach. Fenco Bravo, Giancarlos

## RESUMEN

El Hospital Regional Docente "Las Mercedes" de Chiclayo, es una de las instituciones de mayor importancia y complejidad de la Región Lambayeque, tal es así que actualmente nuestro hospital ha sido recategorizado al Nivel II-2. El Sistema Eléctrico Hospitalario ha paralizado en 14 horas al mes, en promedio, originado por el deficiente mantenimiento que se realiza en dichas instalaciones, lo que produce mal funcionamiento o fallas en los equipos eléctricos además de problemas de calidad de energía. El objetivo del presente trabajo de investigación es Proponer un Sistema de Gestión del Mantenimiento Basado en Condición (CBM) que permita optimizar la confiabilidad, disponibilidad y eficiencia operativa del sistema eléctrico del Hospital. Concluyendo que el sistema eléctrico del Hospital Regional Docente Las Mercedes está conformado por Tableros eléctricos principales y secundarios, Conductores eléctricos, dispositivos de protección, sistemas de respaldo eléctrico. Todos se encuentran en un estado operativo funcional, pero con un nivel de deterioro significativo, producto del tiempo de servicio y de la ausencia de un plan de mantenimiento eléctrico sistemático y documentado, predominando el mantenimiento correctivo. La Identificación de los equipos eléctricos críticos son: Transformador de Distribución, Tableros Eléctricos Generales, Tableros Eléctricos Secundarios, Grupos Electrónicos de Emergencia, Sistema de Transferencia Automática, Conductores Eléctricos Principales, Sistema de Puesta a Tierra. La implementación del Mantenimiento Basado en Condición (Condition-Based Maintenance – CBM) tiene un impacto directo y significativo en los indicadores clave de desempeño (Key Performance Indicators – KPI). El Plan de implementación del Sistema CBM, se hará en forma progresiva en 12 meses, requiriendo un presupuesto para recursos tecnológicos de S/. 52 377,53, en

Recursos humanos un presupuesto de S/.30 100,00 y en Costo operativos y contingencia de S/. 9 900,00, haciendo un total de S/.91 277,53.

**Palabras claves:** Sistema de Gestión del Mantenimiento, Condición CBM, Sistema Eléctrico.

## ABSTRACT

The "Las Mercedes" Regional Teaching Hospital in Chiclayo is one of the most important and complex institutions in the Lambayeque Region. In fact, our hospital has recently been recategorized to Level II-2. The hospital's electrical system experiences an average of 14 hours of downtime per month due to inadequate maintenance, resulting in malfunctions and failures of electrical equipment, as well as power quality issues. The objective of this research is to propose a Condition-Based Maintenance (CBM) Management System to optimize the reliability, availability, and efficiency of the hospital's electrical operating system. The study concludes that the Las Mercedes Regional Teaching Hospital's electrical system consists of main and secondary electrical panels, electrical conductors, protective devices, and backup power systems. While all components are currently in a functional operating state, they exhibit significant deterioration due to age and the lack of a systematic and documented electrical maintenance plan, with corrective maintenance being the predominant approach. The critical electrical equipment identified includes: Distribution Transformer, Main Electrical Panels, Secondary Electrical Panels, Emergency Generator Sets, Automatic Transfer Switch, Main Electrical Conductors, and Grounding System. The implementation of Condition-Based Maintenance (CBM) has a direct and significant impact on Key Performance Indicators (KPIs). The CBM implementation plan will be rolled out progressively over 12 months, requiring a budget of S/. 52,377.53 for technological resources, S/. 30,100.00 for human resources, and S/. 9,900.00 for operating costs and contingencies, for a total of S/. 91,277.53.

**Keywords:** Maintenance Management System, Condition-Based Maintenance, Electrical System.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>IX</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>X</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XIII</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>XV</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XVII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>3</b>
1.1. Realidad Problemática .....	3
1.2. Formulación del Problema.....	6
1.3. Delimitación de la Investigación .....	6
1.4. Justificación e Importancia del estudio .....	7
1.5. Limitaciones de la Investigación.....	8
1.6. Objetivos de estudio.....	9
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
2.1. Antecedentes de Estudios .....	10
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado .....	23
<b>CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>27</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	27
3.2. Población y muestra.....	27
3.3. Hipótesis.....	28
3.4. Variables - Operacionalización.....	28
3.5. Métodos y Técnicas de investigación.....	31
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados.....	32
3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos .....	33
<b>CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS ....</b>	<b>35</b>
4.1. Estado actual del sistema eléctrico y del plan de mantenimiento existente en el Hospital Las Mercedes de Chiclayo .....	35
4.2. Identificación de los equipos eléctricos críticos y los parámetros de condición relevantes para la implementación del mantenimiento basado en condición (CBM). .....	37
4.3. Impacto potencial del CBM en indicadores clave de desempeño (tiempo medio entre fallas, tiempo medio de reparación, costos de mantenimiento, etc.) .....	42

<b>4.4. Plan de implementación del sistema CBM, considerando recursos humanos, tecnológicos y financieros necesarios para su ejecución en el entorno hospitalario .....</b>	<b>51</b>
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>61</b>
<b>5.1. Conclusiones .....</b>	<b>61</b>
<b>5.2. Recomendaciones .....</b>	<b>62</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS .....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>65</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> CONSUMOS Y LOS PAGOS MENSUALES POR USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	5
<b>TABLA 2:</b> HORAS PARALIZADAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y SUS IMPLICANCIAS OPERATIVAS DEL HOSPITAL LAS MERCEDES .....	5
<b>TABLA 3:</b> OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	29
<b>TABLA 4:</b> INDICADORES DE DESEMPEÑO ANTES DEL CBM .....	37
<b>TABLA 5:</b> EQUIPOS ELÉCTRICOS CRÍTICOS Y PARÁMETROS DE CONDICIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN (CBM).....	41
<b>TABLA 6:</b> SÍNTESIS DEL IMPACTO DEL CBM EN INDICADORES CLAVE.....	45
<b>TABLA 7:</b> COMPARATIVA DE INDICADORES DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO ANTES Y TRAS LA IMPLEMENTACIÓN DEL CBM.....	45
<b>TABLA 8:</b> RECURSOS HUMANOS NECESARIOS .....	53
<b>TABLA 9:</b> RECURSOS TECNOLÓGICOS NECESARIOS .....	53
<b>TABLA 10:</b> RECURSOS FINANCIEROS NECESARIOS.....	54
<b>TABLA 11:</b> ESQUEMA CRONOLÓGICO PARA LA ADOPCIÓN DEL ENFOQUE CBM .....	55
<b>TABLA 12:</b> PRESUPUESTO ESTIMADO DE RECURSOS TECNOLÓGICOS .....	56
<b>TABLA 13:</b> PRESUPUESTO ESTIMADO DE RECURSOS HUMANOS Y CAPACITACIÓN .....	56
<b>TABLA 14:</b> PRESUPUESTO ESTIMADO DE COSTOS OPERATIVOS Y CONTINGENCIAS.....	56
<b>TABLA 15:</b> RESUMEN DEL PRESUPUESTO TOTAL.....	56
<b>TABLA 16:</b> EVALUACIÓN DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL SISTEMA CBM .....	59

## INTRODUCCIÓN

La importancia de optimizar el sistema eléctrico en un hospital ha sido ampliamente documentada en tesis y artículos científicos, destacando los siguientes aspectos clave: La mejora del sistema eléctrico en un establecimiento influye de manera directa en la mejora en el aprovechamiento energético y la optimización de los costos asociados y así como el fortalecimiento de la capacidad del hospital. Según la tesis realizada en el Hospital Túpac Amaru Nivel II-E, implementar un sistema de gestión de mantenimiento basado en condición (CBM) no solo les permite optimizar la distribución de energía eléctrica, sino también mejora la disponibilidad de los equipos médicos importantes y asimismo la productividad hospitalaria, asegurando así una atención continua y segura (Álvarez Quispe, 2023). Un diagnóstico energético adecuado permite identificar y corregir irregularidades en la red eléctrica, tales como la presencia de armónicos y las variaciones de tensión, los cuales pueden comprometer desempeño de los equipos médicos. Las mejoras propuestas, entre las que destacan la incorporación de filtros de armónicos y el adecuado dimensionamiento de los conductores eléctricos, contribuyen a la reducción significativa del consumo energético mensual, y al mejoramiento de la calidad de la energía suministrada, lo que repercute en la confiabilidad operativa del hospital (Mozo Ruiz, 2021). La gestión eficiente del sistema eléctrico, que incorpore planes de mantenimiento adecuados y el uso de las tecnologías adecuadas, resulta esencial para asegurar la seguridad operativa y la continuidad de la energía suministrada. Este aspecto resulta fundamental el funcionamiento ininterrumpido de los servicios críticos y para evitar riesgos que puedan comprometer la vida de los pacientes, como señalan estudios relacionados con la gestión de sistemas de

respaldo energético, como los sistemas UPS y los grupos electrógenos, en establecimientos hospitalarios (Velásquez Moreira & Eugenia, 2021).

Del primer capítulo se desarrolla una discusión detallada sobre el desafío que implica la optimización del sistema eléctrico que abastece al Hospital Las Mercedes, ubicado en la región de Lambayeque. Como resultado de este proceso, se establece el propósito central de la investigación, así como los directrices específicas que serán necesarios para su cumplimiento de dicho objetivo de manera efectiva.

Del segundo capítulo de esta tesis, se expone un análisis de investigaciones procedentes relacionadas con los antecedentes pertinentes, que comprenden diversos estudios realizados anteriormente sobre el tema. Estos estudios son fundamentales, ya que proporcionan una base para la construcción y validación de la propuesta desarrollada. De igual manera, se expone el sustento teórico que guarda relación con el tema o el objeto que se está investigando en este estudio.

Del tercer capítulo presentará se describe de manera detallada la metodología que se usará para recopilar e interpretar la información, y describirá las diferentes herramientas y recursos que se utilizarán.

Del cuarto capítulo de este trabajo, se llevará a cabo un análisis detallado del resultado logrado hasta el momento y se realizará la elección de equipos que se deben comprar con atención adicional. Adicionalmente, se realiza un minucioso cálculo del costo asociado al sistema que se ha planificado, y se procede a evaluar una serie de indicadores financieros que son importantes para determinar la viabilidad del proyecto.

Del quinto capítulo, se desarrollan las conclusiones del estudio, y así como las recomendaciones que se desprenden de los resultados obtenidos.

## CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

Considerando la problemática de optimizar el sistema eléctrico en un hospital incluye aspectos críticos sobre la seguridad, eficiencia energética, costos y cumplimiento normativo. Las principales dificultades incluyen: Muchas instalaciones hospitalarias enfrentan altos costos de operación debido a sistemas eléctricos poco eficientes o mal dimensionados. Se requieren propuestas tecnológicas y de gestión para reducir estos costos y mejorar la eficiencia (Álvarez Quispe, 2023). Interrupciones en el suministro eléctrico, sobrecalentamiento de conductores, problemas en las fuentes de respaldo (como generadores y UPS) y la falta de protecciones adecuadas pueden presentar un riesgo significativo tanto para las condiciones seguras para pacientes y la integridad del personal (Velásquez Moreira & Eugenia, 2021). La falta de mantenimiento adecuado provoca fallas frecuentes, desgaste acelerado de equipos, además de comprometer la capacidad de asegurar un suministro eléctrico continuo y confiable, lo que afecta la operación hospitalaria y la atención médica (Almeida Carvajal, 2023). Muchos hospitales no cumplen con las normativas nacionales e internacionales para sistemas eléctricos hospitalarios, situación que incrementa los riesgos para la seguridad y limita la adopción de tecnologías más eficientes (Álvarez Quispe, 2023).

La problemática de optimizar el sistema eléctrico en hospitales peruanos está documentada, destacando los siguientes retos: Los sistemas eléctricos que se implementan en los centros de salud deben ser cuidadosamente diseñados y construidos teniendo en cuenta la necesidad de incorporar redundancias. Esto con el propósito de incrementar la confiabilidad y asegurar una elevada disponibilidad,

condición indispensable para el funcionamiento continuo y seguro de estas instalaciones que son cruciales para la atención médica. No obstante, en una gran cantidad de iniciativas relacionadas con la gestión técnica hospitalaria, dicho principio no suele incorporarse en esquemas de diseño que priorice los aspectos técnicos sobre los criterios financieros, lo que puede limitar la efectividad de dichos proyectos. (Álvarez Quispe, 2023). Se presenta una necesidad significativa de crear y desarrollar sistemas de gestión de mantenimiento que estén fundamentados en el estado o condición de los equipos, conocidos como CBM (Condition-Based Maintenance), con el propósito de maximizar la distribución de energía. Además, esto ayudará a elevar la eficiencia energética en concordancia con las normas y regulaciones vigentes a nivel nacional e internacional. Es fundamental la urgencia de poner en práctica diversas propuestas tecnológicas, así como desarrollar planes de mantenimiento adecuados, que faciliten una mejora significativa en el índice de consumo energético y, al mismo tiempo, optimicen la productividad dentro del ámbito hospitalario. Estos diversos aspectos han sido claramente evidenciados en el análisis realizado en el Hospital Túpac Amaru, establecimiento de salud clasificado como nivel II-E en la región de Cusco. En este estudio, se planteó la implementación de un sistema de mantenimiento que se basara en el estado real de los equipos, con el objetivo de optimizar el funcionamiento de su sistema eléctrico. Esta estrategia resultó en expectativas alentadoras de retorno de inversión en un corto período de tiempo, además de generar mejoras significativas en la capacidad de respuesta ante incidencias y como en la eficiencia operativa del establecimiento hospitalario. Asimismo, se ha hecho referencia a diversas investigaciones que abordan los sistemas destinados a la energía de emergencia, así como la incorporación de fuentes de energía alternativas, con el objetivo de

potenciar tanto la calidad como la continuidad del suministro eléctrico dentro de los hospitales en Perú. (Álvarez Quispe, 2023).

Por todo lo antes mencionado, el Hospital Regional Docente "Las Mercedes" de Chiclayo se consolida como una de las instituciones de salud más relevantes y de mayor complejidad de la Región Lambayeque, llegando, a la fecha, a ser encuadrada en el reciente recategorizado al Nivel II-2. Dicho establecimiento se encuentra ubicado en el distrito y provincia de Chiclayo, en el departamento de Lambayeque. Actualmente cuenta posee un suministro en Baja Tensión Trifásica-Aérea (C4.2), con el N° 25900592, está en el Pliego Tarifario BT-4. Tiene una Potencia Contratada de 150.0000 kW.

En la siguiente tabla podemos apreciar los consumos y los pagos mensuales por uso de la energía eléctrica que se realizan a Electronorte SA.

**Tabla 1:** Consumos y los pagos mensuales por uso de la energía eléctrica

Descripción	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Enero	Feb.	Marzo	PROM.
<b>EAFP kWh</b>	32783	32219	36969	36671	35778	35643	33543	31791	30278	31941	34511	28586	30389	<b>33162</b>
<b>EAHP kWh</b>	5660	6005	6701	6141	5907	5903	5907	5963	5532	5337	5893	5368	5667	<b>5845</b>
<b>EA kWh</b>	38443	38224	43670	42812	41685	41546	39450	37754	35810	37278	40404	33954	36056	<b>39007</b>
<b>PFP kW</b>	99,785	100,915	98,6	98,295	98,89	98,64	98,845	99,125	92,805	95,375	94,94	96,345	96,535	<b>97,623</b>
<b>PHP kW</b>	68,635	62,625	95,445	95,32	80,055	80,955	48,75	95,71	47,67	48,805	90,92	49,875	67,705	<b>71,728</b>
<b>Importe S/.</b>	30024,2	29853,1	34106,5	33436,4	32556,2	32447,6	30810,6	29486,0	27967,8	29114,3	31555,7	27405,1	28159,9	<b>30532,6</b>

Nota: Hospital Las Mercedes. Elaboración propia.

De la tabla anterior podemos inferir que el pago promedio mensual por uso de energía eléctrica asciende a S/. 30532,60.

A continuación, presentamos el tiempo de parada por fallas que ha tenido el sistema eléctrico en el último año:

**Tabla 2:** Horas paralizadas del Sistema Eléctrico y sus implicancias operativas del Hospital Las Mercedes

Descripción	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	PROM.
Horas paralizadas	12	17	11	15	14	13	11	17	10	12	15	16	13	14

Nota: Oficina de Mantenimiento del Hospital Las Mercedes. Elaboración propia

Con la tabla anterior se deduce que el último año el Sistema Eléctrico del Hospital Las Mercedes a paralizado en 14 horas al mes, en promedio.

Las causas por lo que el Sistema Eléctrico del Hospital Las Mercedes se ha paralizado son el deficiente mantenimiento que se realizaba en dichas instalaciones, lo que origina mal funcionamiento o fallas en los equipos eléctricos además de problemas de calidad de energía.

De no solucionar este problema las interrupciones del servicio eléctrico serán más pronunciadas y recurrentes, ocasionando la suspensión del servicio eléctrico en los ambientes del hospital, produciendo malestar en pacientes y personal médico.

## 1.2. Formulación del Problema

¿Es factible optimizar el sistema eléctrico del Hospital Las Mercedes de Chiclayo mediante un Sistema de Gestión del Mantenimiento basado en condición (CBM)?

## 1.3. Delimitación de la Investigación

La investigación realizada se enfoca exclusivamente en la formulación y desarrollo de una propuesta de un Sistema de Gestión del Mantenimiento basado en condición (CBM) orientada a contribuir a la mejora operativa, confiabilidad y optimización integral del sistema eléctrico del Hospital Las Mercedes de Chiclayo. El estudio se circunscribe espacialmente al Hospital Las Mercedes, ubicado en la

región Chiclayo, y temporalmente al análisis de información técnica y registros históricos de operación y mantenimiento del sistema eléctrico correspondientes a un período representativo de funcionamiento. La investigación se limita al análisis de los equipos eléctricos críticos, tales como transformadores, tableros eléctricos, grupos electrógenos y alimentadores principales, considerando parámetros eléctricos y de condición como tensión, corriente, temperatura, calidad de energía e historial de fallas. Asimismo, el estudio se restringe a la formulación de la propuesta, sin contemplar la implementación, validación experimental ni ejecución física del sistema CBM, ni la intervención en otros sistemas hospitalarios distintos al sistema eléctrico.

#### **1.4. Justificación e Importancia del estudio**

##### **1.4.1. Justificación:**

El desarrollo del presente estudio se sustenta en que el sistema eléctrico del Hospital Las Mercedes de Chiclayo representa un elemento crítico para asegurar la continuidad, estabilidad y calidad de los servicios de salud, donde las fallas eléctricas pueden generar riesgos para la seguridad del paciente, interrupciones en la atención médica y mayores costos de mantenimiento correctivo. Actualmente, la gestión del mantenimiento eléctrico se orienta principalmente a acciones preventivas y correctivas, lo que limita la detección oportuna de fallas incipientes. En este contexto, la propuesta de un Sistema de Gestión del Mantenimiento basado en condición (CBM) permitirá evaluar el estado real de los equipos eléctricos críticos mediante el análisis de parámetros eléctricos y de condición, contribuyendo a una toma de decisiones sustentadas en criterios y orientada a mejorar de manera eficiente el

desempeño del sistema eléctrico.

#### **1.4.2. Importancia**

En la investigación se fundamenta en su aporte técnico, institucional y académico. Desde el enfoque técnico, la propuesta de implementación de un sistema CBM contribuirá a mejorar la confiabilidad, disponibilidad y seguridad del sistema eléctrico hospitalario, reduciendo la probabilidad de fallas imprevistas. A nivel institucional, el estudio constituirá una herramienta de apoyo para la gestión del mantenimiento hospitalario, permitiendo un uso más eficiente de los recursos y una disminución de los costos generados por interrupciones no planificadas. Asimismo, desde el ámbito académico, la investigación generará un modelo de referencia aplicable a otros establecimientos de salud con características similares, fortaleciendo el desarrollo de investigaciones relacionadas con el mantenimiento basado en la condición en las disciplinas de ingeniería mecánica y eléctrica.

#### **1.5. Limitaciones de la Investigación**

El presente desarrollo del presente estudio esta condicionada por la disponibilidad y confiabilidad de la información histórica del sistema eléctrico del Hospital Las Mercedes de Chiclayo, debido a posibles registros incompletos o no sistematizados de mantenimiento y fallas. Asimismo, el estudio se limita a la formulación teórica y técnica de la propuesta del Sistema de Gestión del Mantenimiento basado en condición (CBM), sin considerar su implementación, validación experimental ni evaluación de resultados en operación real. Otra limitación está relacionada con el acceso restringido a ciertos equipos eléctricos críticos, lo cual puede condicionar la profundidad del diagnóstico de condición. Finalmente, el estudio se limita al análisis

del sistema eléctrico del hospital, sin considerar otros sistemas ni evaluaciones económicas detalladas.

## **1.6. Objetivos de estudio**

### **1.6.1. Objetivo General**

Propuesta de un Sistema de Gestión del Mantenimiento basado en condición (CBM) para optimizar el sistema eléctrico del Hospital Las Mercedes de Chiclayo.

### **1.6.2. Objetivo Específicos**

- Diagnosticar el estado actual del sistema eléctrico y del plan de mantenimiento existente en el Hospital Las Mercedes de Chiclayo.
- Identificar los equipos eléctricos críticos y los parámetros de condición relevantes para la implementación del mantenimiento basado en condición (CBM).
- Diseñar la estructura técnica y procedimental del sistema CBM, incorporando tecnologías de monitoreo, registro y análisis predictivo de fallas.
- Evaluar el impacto potencial del CBM en indicadores clave de desempeño (tiempo medio entre fallas, tiempo medio de reparación, costos de mantenimiento, etc.).
- Proponer un plan de implementación del sistema CBM, considerando recursos humanos, tecnológicos y financieros necesarios para su ejecución en el entorno hospitalario.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes de Estudios**

#### **2.1.1. A nivel Internacional**

En Chile, Mendoza Ríos, 2023, en su investigación titulada, “Estudio de factibilidad en la implementación de mantenimiento basado en confiabilidad aplicado a equipos médicos críticos”, La base motivacional que respalda teóricamente este trabajo de investigación se puede descomponer y analizar en diversos aspectos fundamentales. En primer lugar, esta investigación tiene como objetivo contribuir de manera significativa a la forma en que se puede implementar la teoría de la confiabilidad, enfocándose de manera particular en su aplicación al mantenimiento preventivo dentro del contexto de los hospitales. En segundo lugar, se sugiere la necesidad de establecer un procedimiento bien definido que determine con precisión la frecuencia óptima de los mantenimientos que son requeridos. Por otro lado, en tercer lugar, se busca aportar soluciones que ayuden en la creación y consolidación de un marco legal que facilite el proceso de acreditación de los equipos médicos utilizados en el entorno hospitalario. Finalmente, se espera que esta investigación permita ofrecer un mayor grado de objetividad y rigor en la gestión del mantenimiento, lo cual es crucial dentro del ámbito de la atención hospitalaria. En conclusión, se puede afirmar sin lugar a dudas que el RCM, que se traduce como Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, constituye una actividad esencial y de vital importancia que debe ser abordada de manera efectiva y que tiene que cumplir con dos aspectos fundamentales que son cruciales para su éxito. En primer orden de importancia, es absolutamente esencial que se cuente con el compromiso sólido y la participación activa de

cada uno de los individuos y grupos que están involucrados en el proceso de mantenimiento. Esto abarca, por supuesto, a los usuarios finales del sistema, así como a aquellos que tienen la responsabilidad de realizar la planificación del mantenimiento, los encargados de garantizar el abastecimiento de los recursos necesarios, y otros actores relevantes dentro de este contexto. En segundo lugar, es importante destacar que el RCM, o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, demanda la disponibilidad de una fuente que contenga una gran cantidad de datos históricos que sean no solo ricos en información, sino también sumamente relevantes y pertinentes, especialmente en lo que se refiere a los procesos de reparación. Este asunto incluye una amplia gama de información, que abarca aspectos como las fechas y los horarios que están vinculados al ciclo operativo, así como al instante en que se produce un fallo. Adicionalmente, también se considera la información derivada de los informes técnicos que se elaboren como parte de los diagnósticos que se lleven a cabo. Asimismo, se recogerán los costos que están asociados con los convenios establecidos y con las diversas actividades correctivas que se decidan implementar en respuesta a las necesidades detectadas. Cualquier metodología que esté asociada con el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, comúnmente conocido como RCM, cuando se implementa el Análisis de Efectos y Modos de Fallo Críticos, o FMECA por sus siglas en inglés, ofrece información sumamente valiosa y relevante en relación con las diversas actividades de mantenimiento. Esta metodología permite comprender mejor las fallas que han sucedido en el pasado, los distintos modos de falla que podrían darse en el futuro, así como los días en los que se ha presentado indisponibilidad, todos factores que están

relacionados con estos procedimientos de mantenimiento. Por medio de esta plataforma, se destacan y ponen en evidencia los diversos gastos que están directamente asociados con este asunto en particular. En el contexto específico de los hospitales, se considera que es totalmente factible y práctico proceder con la implementación de un sistema que se encargue de la Gestión del Ciclo de Vida del Riesgo (RCM). A la par de esta actividad, también es posible desarrollar documentos o formularios que sean pertinentes y se alineen con el Análisis de Modos de Fallo y Efectos Críticos (FMECA), para asegurar una gestión adecuada de los posibles riesgos y mejorar la seguridad en el entorno hospitalario. Este análisis revela de manera clara y contundente que los formatos de hojas de servicios técnicos que se emplean actualmente tienden a ser, en gran medida, excesivamente generales y, por lo tanto, carecen de la especificidad y el nivel de detalle que se podría anticipar y considerar necesario para un adecuado funcionamiento. A raíz de lo que se ha señalado previamente, puede suceder en múltiples ocasiones que resulte complicado e incluso un verdadero desafío identificar cuál es la relación o el nexo que se establece entre un mal funcionamiento y la manera particular en que se manifiesta dicho mal funcionamiento. Es fundamental destacar que la calidad de las conclusiones que se obtienen está intrínsecamente vinculada a la información que ofrece el técnico encargado de realizar las tareas de mantenimiento. Además, esta calidad también depende de la logística que sustenta dicho trabajo, lo que implica que ambos elementos juegan un papel crucial en el resultado final de las evaluaciones realizadas. En contraste con otras metodologías, el examen que se llevó a cabo utilizando el enfoque conocido como Jackknife sugiere que las razones fundamentales detrás de

las fallas que hemos observado en el funcionamiento se atribuyen, en gran medida, a una gestión que es considerada imprudente y descuidada por parte del usuario al momento de operar el sistema en cuestión. Dentro del contexto de los equipos electromecánicos que se emplean en hospitales y otros entornos de atención médica, es posible identificar una amplia variedad de componentes que se organizan y estructuran en diversas categorías distintas. En primer lugar, debemos considerar aquellos componentes que poseen un grado de delicadeza considerable, y para los cuales no es tan indispensable realizar un mantenimiento frecuente. En cambio, lo que realmente se vuelve fundamental es prestar una atención especial a los cuidados que se deben observar mientras estos dispositivos están en funcionamiento. Un claro ejemplo de esto son las "pantallas táctiles", que requieren un manejo cuidadoso para asegurar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil. En segundo lugar, existen ciertos dispositivos que requieren una atención meticulosa y un cuidado especial en lo que respecta a su ajuste y mantenimiento una vez que han sido empleados en un procedimiento médico; dos ejemplos representativos de esto son el denominado "circuito del paciente" y el acoplamiento del "canister". Finalmente, es importante mencionar que hay distintos tipos de componentes que se caracterizan por tener una elevada tasa de fallos, siendo un buen ejemplo de ello la celda de oxígeno. Estos componentes específicos requieren una atención especial y un enfoque particular en lo que respecta a su manejo y mantenimiento para asegurar su correcto funcionamiento. Para estas personas, es de suma importancia llevar a cabo la emisión de una orden de compra con varios meses de antelación antes de que se realice el

reemplazo que ha sido programado con anterioridad. Al adherirse a este procedimiento detallado, se conseguiría evitar que los equipos estén fuera de servicio durante un lapso de hasta 271 días al año. Esta cantidad de tiempo se traduce en aproximadamente cinco meses, especialmente en lo que respecta al ventilador mecánico que ha estado bajo un análisis minucioso. (Mendoza Ríos, 2023)

En Ecuador, Llamuca Moyota, (2022) en la investigación “Plan de mantenimiento preventivo basado en la condición del grupo electrógeno del Hospital San Juan S.A, aplicando vibraciones y termografía para reducir las ocurrencias de las fallas”, La meta principal de este proyecto fue crear un plan de mantenimiento que se fundamentara en la evaluación de la condición específica del grupo electrógeno del Hospital San Juan S.A. Para llevar a cabo este plan, se utilizaron técnicas de medición de vibraciones y análisis mediante termografía. El propósito de aplicar estas metodologías es reducir al máximo las incidencias de fallas en el funcionamiento del equipo, garantizando así un servicio más fiable y eficiente. El Hospital San Juan ha estado ofreciendo sus valiosos servicios a la comunidad desde el año 1997. A lo largo de los años, ha desarrollado una infraestructura bien equipada, que le permite ofrecer una amplia variedad de servicios médicos y de atención sanitaria. No obstante, en ocasiones ha enfrentado dificultades relacionadas con el suministro de energía eléctrica, las cuales son causadas por diversos factores que están fuera de su control y no están directamente relacionados con las operaciones internas del hospital. Para mitigar estos problemas y asegurar el funcionamiento ininterrumpido de los servicios críticos, el hospital

ha implementado un sistema de respaldo que consiste en un generador eléctrico propio. Este generador se encarga de mantener la energía en funcionamiento para áreas vitales como los quirófanos, la unidad de cuidados intensivos (UCI), el departamento de imagenología, los cuidados paliativos, y otras secciones importantes del hospital. La motivación que se encuentra detrás de esta investigación y que la fundamenta teóricamente puede dividirse en varios puntos destacados. En primer lugar, se tiene como objetivo contribuir de manera significativa a la manera en que se puede aplicar de forma efectiva la teoría de la confiabilidad específicamente en el contexto del mantenimiento preventivo que se lleva a cabo en el ámbito hospitalario. En segundo lugar, se busca establecer un procedimiento claro y eficiente que permita determinar la frecuencia óptima con la que deben llevarse a cabo los mantenimientos necesarios. En tercer lugar, la investigación se propone realizar una contribución importante a la creación de un marco legal adecuado y facilitar el proceso de acreditación de los equipos que son utilizados en hospitales. Por último, uno de los principales objetivos es proporcionar un mayor grado de objetividad y precisión en la gestión del mantenimiento dentro del contexto hospitalario. En conclusión, es posible afirmar que el RCM, conocido como Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, constituye una actividad esencial y de gran importancia que necesita ser abordada con seriedad, y que debe cumplir con dos aspectos clave que son cruciales para su efectividad. En primer lugar, es fundamental y crucial asegurar que existe un firme compromiso, junto con una participación activa y entusiasta, de cada una de las partes involucradas en el proceso de mantenimiento. Esto abarca no solo a los usuarios finales que utilizan los productos o servicios, sino también a

aquellos que son responsables de la planificación y gestión del mantenimiento, así como a los encargados del suministro y abastecimiento, entre otros actores importantes que desempeñan un rol en este contexto. En segundo lugar, es importante destacar que el RCM, que se refiere al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, necesita contar con una fuente de datos que sea no solo rica, sino también abundantemente disponible y que contenga registros históricos que sean relevantes y pertinentes. Esto es particularmente crítico cuando se trata del análisis y la gestión de las reparaciones realizadas en equipos y sistemas. Esta información abarca una amplia gama de datos, incluyendo las fechas específicas y los tiempos exactos que están relacionados con el ciclo operativo, así como el momento en el cual se produce un fallo. También se incluye en esta recopilación todo tipo de informes técnicos que se generen como consecuencia de los diagnósticos que se lleven a cabo, además de los costos relacionados que se asocian tanto a los convenios establecidos como a las diversas actividades de corrección que se decidan implementar para resolver las cuestiones detectadas. Cualquier tipo de metodología que esté asociada con el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, comúnmente conocido por sus siglas en inglés RCM, al utilizar la técnica de Análisis de Efectos y Modos de Fallo Críticos, que se abrevia como FMECA, ofrece una cantidad significativa de información útil y relevante. Esta información se refiere a las diversas actividades de mantenimiento que se llevan a cabo, así como a las fallas que han sucedido en el pasado. Además, también se analizan los distintos modos de fallo que podrían surgir en el futuro, junto con los días en los que la disponibilidad del sistema se ha visto afectada debido a estos incidentes y

procesos. Mediante el uso de este canal de comunicación, se hace evidente y se destacan todos los gastos que están asociados y vinculados a este asunto en particular. En el contexto de los hospitales, es totalmente factible llevar a cabo la implementación de un sistema que se encargue de la Gestión del Ciclo de Vida del Riesgo (RCM). Al mismo tiempo, se puede proceder con la creación de diversos documentos o formularios que sean necesarios para realizar un análisis detallado de los Modos de Fallo y los Efectos Críticos (FMECA). Esta combinación de acciones no solo es posible, sino que puede resultar beneficiosa para la mejora de la seguridad y eficiencia en la gestión de riesgos. Este análisis revela de manera clara y evidente que los formatos de hojas de servicios técnicos que se emplean en la actualidad presentan un nivel de generalidad que resulta ser, en buena medida, excesivo y no cuentan con el grado de especificidad que uno podría razonablemente anticipar o desear. Como consecuencia de lo que hemos discutido previamente, en numerosas ocasiones puede resultar sumamente complicado e incluso un verdadero desafío identificar y comprender cuál es la relación o el nexo que existe entre un mal funcionamiento y la forma particular en que se presenta ese mal funcionamiento. Es fundamental destacar que la efectividad y la calidad de las conclusiones que se obtienen están estrechamente ligadas a la información detallada y precisa que ofrece el técnico encargado de realizar las diversas labores de mantenimiento. Además, esta relación también depende significativamente de la logística y la organización que sostienen todo el proceso de trabajo que se lleva a cabo. En contraste con lo que se podría pensar, el análisis llevado a cabo utilizando el método conocido como Jackknife sugiere que las razones fundamentales que explican las fallas que

han sido observadas se atribuyen, en gran medida, a una gestión que puede describirse como imprudente y descuidada por parte del usuario al momento de operar el sistema en cuestión. Dentro del complejo y especializado ámbito de los equipos electromecánicos que se utilizan en diversas aplicaciones dentro de entornos hospitalarios, es posible identificar una variedad de componentes distintos que se agrupan y clasifican en varias categorías específicas. A pesar de que se encuentra en operación este sistema, el generador en cuestión no ha recibido el mantenimiento adecuado y necesario que se considera fundamental para su correcto funcionamiento y longevidad. Debido a la carencia de la atención adecuada que se requería, el generador no ha funcionado de acuerdo con las expectativas iniciales, lo que ha ocasionado la aparición de fallos en su operatividad y ha provocado paradas sorpresivas e inesperadas en su rendimiento. Debido a esta circunstancia particular, se llegó a la conclusión de que era necesario poner en marcha un esquema de mantenimiento que tenga en cuenta el estado presente y la condición del equipo utilizado. Este enfoque requiere llevar a cabo un análisis exhaustivo y meticuloso de la metodología que está claramente definida en diversas normas ampliamente reconocidas en el ámbito internacional, entre las cuales se incluyen, por ejemplo, la norma ISO 17359:2018, la EN 13460:2009, la NPT\_679, así como la BS-EN-5341:2019. Al implementar y seguir de manera rigurosa estas normas y directrices establecidas, se desarrolló un plan exhaustivo y bien estructurado que, en realidad, logró aumentar de manera significativa la disponibilidad operativa del generador a niveles mucho más altos. Como resultado de esta notable mejora que se implementó, se logró una reducción significativa en la

cantidad de interrupciones y problemas que previamente estaban afectando de manera negativa el funcionamiento adecuado del Hospital. La efectividad de este plan fue comprobada mediante la realización de un minucioso análisis de las encuestas, aplicando para ello el software SPSS26, el cual facilitó una evaluación detallada de los resultados. Los hallazgos derivados de este exhaustivo análisis revelaron de manera contundente que la implementación de este plan resultó ser sumamente beneficiosa para asegurar el correcto y eficiente funcionamiento del equipo involucrado. (Llamuca Moyota, 2022)

En Colombia, Cabrera López & Gómez Bolívar, (2021), en su proyecto de investigación de nominado “Propuesta de un sistema de gestión mantenimiento de equipos biomédicos en un hospital en el Valle del Cauca”, El propósito principal, así como el desarrollo integral de la investigación que aquí se presenta, es la elaboración de una propuesta para un sistema efectivo de gestión de mantenimiento orientado a los equipos biomédicos. Este proceso comenzará con un diagnóstico exhaustivo que se llevará a cabo para identificar los puntos críticos que necesitan atención. Una vez realizados estos diagnósticos iniciales, se avanzará hacia el cumplimiento de los objetivos establecidos, mediante una propuesta de mejora que estará fundamentada en la filosofía de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Posteriormente, se llevará a cabo una simulación que servirá como una forma de validación para la propuesta presentada, asegurando así su viabilidad. Para concluir este proceso, se realizará un análisis de costo-beneficio que permita evidenciar de manera clara y concreta el impacto económico que la implementación de dicha propuesta podría generar en el contexto de la gestión de mantenimiento de

equipos biomédicos. El cuidado y la atención a los equipos biomédicos que se utilizan en los hospitales ubicados en Colombia no se consideran una prioridad esencial dentro del sistema de salud actual. Además, esta falta de atención no se vincula con un enfoque estratégico que busque mejorar los procesos, lo que, a su vez, influye negativamente en la disponibilidad y confiabilidad de la atención recibida por los pacientes en el sector salud. En un esfuerzo por incrementar la disponibilidad y el rendimiento de los equipos dentro del hospital, y con el objetivo compartido de garantizar un funcionamiento óptimo, resulta imprescindible adoptar e implementar filosofías de mejora continua que no solo sean efectivas, sino que también sean financieramente sostenibles y eficientes en su ejecución. La filosofía que se examina en el trabajo actual, conocida como Mantenimiento Productivo Total, junto con una posterior simulación realizada en el software ARENA, ha facilitado el establecimiento de objetivos de mejora. Estos objetivos fueron diseñados de tal manera que involucran a todo el personal que, de alguna manera, participa en las diversas actividades y tareas relacionadas con la labor en cuestión. Tal como se puede apreciar claramente en los esquemas ilustrativos que detallan los diferentes procesos de mantenimiento, la mejora continua y sistemática de estos procedimientos no solo contribuye a incrementar la disponibilidad y operatividad del hospital, sino que también resulta en una experiencia más satisfactoria tanto para los pacientes como para el personal médico. Todo esto se lleva a cabo sin requerir grandes inversiones económicas, fomentando así una cultura organizacional que se basa en la implementación efectiva y la mejora constante de la calidad de todos los procesos involucrados. En lo que respecta al tema del

Mantenimiento Autónomo, se sugiere la necesidad de establecer ciertas condiciones que garanticen tanto la limpieza como el orden dentro de las instalaciones del centro hospitalario. Para ello, se propone la adopción de la filosofía de las 5S, que tiene como objetivo organizar el entorno laboral de manera eficiente. Además, se establecerán criterios específicos para evaluar la efectividad de esta metodología, asegurando su continuidad a largo plazo. También se integrarán enfoques de mejoramiento continuo, como la filosofía Kaizen, y se fomentará la adecuada documentación del conocimiento, utilizando el concepto de LUP. Todo este proceso se llevará a cabo con la activa participación de los responsables de los diferentes procesos, involucrándolos en cada etapa para alcanzar un mejor desempeño organizacional. Además de lo mencionado anteriormente, se llevó a cabo una exhaustiva documentación de los mapas que corresponden al mantenimiento tanto preventivo como correctivo de los equipos, los cuales son elementos fundamentales para poder identificar las fuentes de desperdicios y, a su vez, implementar mejoras significativas en los procesos operativos. En el ámbito del pilar conocido como Mantenimiento Planificado, se alcanzó un importante logro al establecer y documentar de manera exhaustiva tanto la cantidad como la frecuencia con la que ocurren las fallas en los equipos biomédicos. Este esfuerzo se lleva a cabo con el propósito de facilitar la planificación del mantenimiento de manera eficiente, asegurando así una mayor disponibilidad de los equipos y un incremento en la productividad operativa. Este proceso fue calculado y analizado utilizando un modelo de simulación basado en la plataforma de simulación Arena, lo cual permite obtener información precisa y útil para la toma de decisiones. Además de lo mencionado, en el marco de

este pilar se definieron indicadores de gestión que previamente no estaban disponibles. No obstante, con el fin de asegurar que la planificación alcanzara un nivel de éxito, era imprescindible documentar de manera clara y detallada los estándares relacionados con el mantenimiento preventivo. A través del uso de estas herramientas especializadas, fue posible determinar una reducción teórica en la cantidad de fallas, lo que a su vez resulta en una mayor disponibilidad y operatividad de los equipos biomédicos. De este modo, se logra alcanzar el objetivo primordial que se había planteado para este aspecto fundamental del proyecto. (Cabrera López & Gómez Bolívar, 2021)

### **2.1.2. A nivel nacional**

En Huancayo, Huaraca Meza, (2024), en el trabajo de investigación denominado “Ubicación óptima de los equipos de protección para mejorar los indicadores de la calidad de suministro del alimentador A4704 Tarma”. La investigación que se realiza sobre la coordinación de las protecciones se fundamenta en las redes eléctricas que ya están en funcionamiento dentro del sistema eléctrico rural conocido como NINATAMBO 22.9kV, el cual es gestionado por la empresa Electrocentro S.A. Este sistema incluye la operación que se realiza bajo la configuración de distribución radial, así como también el funcionamiento que se lleva a cabo en un régimen donde el neutro está adecuadamente conectado a tierra. A continuación, se presenta de manera detallada la configuración correspondiente a la Subestación NINATAMBO. Cabe destacar que la barra de 22.9 kV juega un papel fundamental, ya que es la encargada de suministrar energía al sistema eléctrico rural conocido como NINATAMBO, el cual está compuesto por el

alimentador A4704. (Huaraca Meza, 2024)

### **2.1.3. A nivel local**

La revisión bibliográfica a nivel local no evidencia investigaciones previas relacionadas con el tema de investigación.

## **2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado**

### **Mantenimiento Basado en Condición (CBM).**

El enfoque conocido como CBM, que significa Mantenimiento Basado en Condición, representa un método organizado y sistemático que tiene como objetivo fundamental aumentar la confiabilidad de los equipos. Este enfoque se realiza de la manera más costo-efectiva posible, prestando especial atención a la funcionalidad principal de los equipos, al mismo tiempo que se implementan acciones que son sólidas tanto desde el punto de vista técnico como desde el aspecto económico. La meta primordial de la gestión de la capacidad de mantenimiento, conocida como CBM, se centra en mantener la operatividad y eficiencia del sistema en su totalidad, en lugar de enfocarse únicamente en asegurar el correcto funcionamiento de cada dispositivo individualmente.

De acuerdo con la interpretación que han ofrecido varios autores en relación con el término CBM, su definición se puede resumir como "el conjunto de normas lógicas que sirven como guía para la creación y el establecimiento de un programa de mantenimiento que se lleva a cabo de forma programática y organizada." Mantenimiento fundamentado en la condición: se refiere al procedimiento sistemático a través del cual se evalúa y decide cuáles son las acciones necesarias para asegurar que cualquier activo físico, como maquinaria o

equipos, continúe operando de manera eficiente y efectiva, cumpliendo así con las expectativas y requisitos del usuario, dentro del contexto específico de su entorno operativo actual. El CBM, que se refiere a la gestión basada en condiciones, representa la opción más eficiente y efectiva para elaborar un plan de optimización del mantenimiento, el cual debería incorporar el uso de equipos multifuncionales para maximizar su rendimiento y eficacia. Con el propósito de desarrollar una estrategia de mantenimiento que se enfoque en asegurar la confiabilidad inherente del diseño del proceso o de los equipos, es fundamental identificar aquellos componentes cuya eventual falla funcional podría provocar consecuencias no deseadas para la instalación en su conjunto. En este contexto, el concepto de Mantenimiento Basado en Condición (CBM, por sus siglas en inglés) utiliza una variedad de técnicas que incluyen el mantenimiento preventivo (PM), que se lleva a cabo de manera programada; el mantenimiento predictivo (PdM), que se apoya en el análisis de datos para anticipar fallas; el monitoreo en tiempo real (RTM), que permite la supervisión continua del estado de los equipos; la ejecución hasta falla (RTF, también conocido como mantenimiento reactivo), que se activa solo cuando ocurre una falla; así como el Mantenimiento Proactivo, todo ello de manera integrada. Este enfoque tiene como objetivo incrementar significativamente la probabilidad de que una máquina o un componente funcione correctamente y cumpla con sus requisitos durante todo su ciclo de vida útil, haciendo que el mantenimiento requerido sea lo más mínimo posible. El propósito principal de la filosofía es ofrecer de manera clara y concisa la función específica que debe cumplir la instalación, asegurando al mismo tiempo que se mantengan los niveles necesarios de fiabilidad y disponibilidad, todo esto realizado de la forma más económica posible, minimizando así los costos involucrados. El modelo de Gestión

de Mantenimiento por Condiciones de Base (CBM) establece que es esencial que todas las decisiones relacionadas con las actividades de mantenimiento se fundamenten en requisitos específicos de mantenimiento. Estos requisitos deben estar respaldados por una justificación que sea tanto técnica como económica, asegurando así que las decisiones tomadas sean racionales y beneficiosas para el funcionamiento y la rentabilidad de la organización.

### **Beneficios y limitaciones del enfoque CBM.**

A partir del estudio detallado de las infraestructuras y componentes de los sistemas eléctricos, obtenida mediante la aplicación de Mantenimiento Basado en Condición (CBM, por sus siglas en inglés), junto con la implementación a la adopción de diversas acciones preventivas y correctivas que surgen de esta investigación, ofrece un conjunto notable de beneficios en comparación con otras técnicas aplicadas en el mantenimiento de dichos sistemas. Este enfoque no solo mejora la prevención de fallos, sino que también minimiza los posibles daños colaterales que podrían resultar de esos fallos.

Las ventajas que se mencionan están profundamente relacionadas con la meticulosidad y el nivel de precisión que se empleó durante la realización del estudio. De hecho, se trata de un programa de mantenimiento que considera no solamente los equipos de manera aislada, sino que abarca un enfoque más amplio, y va mucho más allá de simplemente sumar la cantidad de equipamiento involucrado. Al mismo tiempo, es importante tener en cuenta que este proceso trae consigo ciertos inconvenientes que sería beneficioso comprender a fondo antes de proceder con una posible implementación.

- a) La seguridad mejorada
- b) El impacto ambiental mejorado

- c) La producción aumentada
- d) El aumento de la confiabilidad de la instalación
- e) En los costos de mantenimiento se reducen

## **CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

#### **3.1.1. Tipo de investigación: Aplicada**

La investigación que se presenta a continuación se identifica como un estudio de tipo aplicado, pues tiene como finalidad tomar y resolver un problema específico y tangible que se ha detectado en el sistema eléctrico del Hospital Las Mercedes, ubicado en la región de Lambayeque. Para lograr esto, se propone implementar un Sistema de Gestión del Mantenimiento que esté fundamentado en la condición actual del equipo, conocido en inglés como Condition-Based Maintenance (CBM). Los resultados obtenidos de este estudio permitirán realizar mejoras significativas en la fiabilidad operativa, disponibilidad y elevar el nivel de desempeño del sistema eléctrico que utilizan los hospitales. Esto, a su vez, contribuirá de manera importante a asegurar la continuidad del servicio eléctrico, lo que es crucial para el funcionamiento óptimo de los hospitales, y ayudará a reducir la ocurrencia de fallas imprevistas que podrían interrumpir la atención médica.

#### **3.1.2. Diseño de investigación: No experimental**

La investigación adopta un diseño no experimental, ya que no implica la manipulación intensional de las variables de interés, sino que estas se examinan y evalúan en las condiciones originales en las que ocurren, sin intervenir en su contexto natural.

### **3.2. Población y muestra**

**La población:** La investigación considera como población a todos los

elementos que integran el sistema eléctrico del Hospital Las Mercedes de Chiclayo, así como por el personal técnico involucrado en su operación y mantenimiento.

**La muestra:** La investigación considera que el tipo de muestra es de carácter no aleatorio y de selección dirigida, dado que se incluyen exclusivamente los componentes de mayor criticidad del sistema eléctrico, considerando su impacto directo en la continuidad del servicio hospitalario y la seguridad de los pacientes.

### **3.3. Hipótesis**

Un Sistema de Gestión del Mantenimiento basado en condición (CBM) optimiza significativamente el sistema eléctrico del Hospital Las Mercedes de Chiclayo, al mejorar la confiabilidad operativa, reducir la ocurrencia de fallas imprevistas, disminuir los tiempos de indisponibilidad y optimizar los costos de mantenimiento.

### **3.4. Variables - Operacionalización**

- X: Variable independiente: Sistema de Gestión de Mantenimiento basado en condición (CBM)
- Y: Variable dependiente: Optimización del sistema eléctrico del Hospital Las Mercedes de Chiclayo

**Tabla 3.** Operacionalización de variables

TIPO	NOMBRE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES		INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
INDEPENDIENTE	Sistema de Gestión de Mantenimiento basado en condición (CBM)	Estrategia de mantenimiento que utiliza el monitoreo de parámetros operativos y condiciones físicas de los equipos para determinar el momento óptimo de intervención, evitando mantenimientos innecesarios o fallas imprevistas. (Álvarez Quispe, 2023)	Es la implementación práctica del CBM mediante la instalación de dispositivos sensores que recolectan datos en tiempo real sobre el estado operativo de los equipos.	Monitoreo	de	Frecuencia de mediciones, sensores instalados, parámetros críticos registrados	Razón o proporción
				Análisis		Tipos de análisis (vibraciones, temperatura, corriente, etc.), uso de software o herramientas	
				Gestión	de	Procedimientos documentados, registro histórico, planificación y control	
				Recursos técnicos	y	Capacitación, disponibilidad de herramientas, soporte tecnológico	

<b>DEPENDIENTE</b>	Optimización del sistema eléctrico del Hospital Las Mercedes de Chiclayo	Mejora del desempeño técnico y operativo del sistema eléctrico mediante la reducción de fallas, el aumento de la confiabilidad y la eficiencia energética. (Mozo Ruiz, 2021)	Se entiende como el diseño, instalación y mantenimiento de los equipos y redes eléctricas del hospital,	Confiabilidad del sistema	Tasa de fallas, tiempo medio entre fallas (MTBF)	Razón o proporción
				Disponibilidad operativa	Tiempo de disponibilidad del sistema, tiempo medio de reparación (MTTR)	
				Eficiencia energética	Consumo eléctrico, pérdidas en distribución, factor de potencia	
				Costos de mantenimiento	Costos por correctivos, preventivos y predictivos	
				Continuidad del servicio	Número y duración de interrupciones eléctricas	

Nota: Elaboración propia

### 3.5. Métodos y Técnicas de investigación

#### **Método de investigación**

La investigación emplea el método analítico–sistémico, ya que el sistema eléctrico del hospital se estudia como un conjunto de elementos interrelacionados (subestación, tableros, grupos electrógenos, UPS, redes de distribución y cargas críticas).

Analítico, porque se descompone el sistema eléctrico en sus partes para analizar:

Condición de los equipos eléctricos.

Historial de fallas e interrupciones.

Indicadores de mantenimiento y confiabilidad.

Calidad de energía eléctrica.

Sistémico, porque los resultados del análisis individual se integran para diseñar un Sistema de Gestión del Mantenimiento basado en condición (CBM) que optimice el funcionamiento global del sistema eléctrico del hospital.

#### **Técnicas**

##### **Análisis de información bibliográficos relevante**

Este proceso consiste en la identificación, selección y recopilación de referencias y citas provenientes de diferentes fuentes acerca de un tema particular y específico.

La revisión detallada de la literatura existente se considera fundamental para poder valorar adecuadamente la pertinencia y el alcance de la interrogante de investigación formulada, así como para tomar decisiones informadas sobre el diseño más apropiado del estudio a llevar a cabo. Asimismo, permite ampliar el conocimiento a partir del análisis de experiencias y limitaciones

identificadas en estudios previos, los cuales han sido señalados por sus respectivos autores ya sea durante la sección de discusión o en las comunicaciones que siguieron a la publicación de esos estudios. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

### **Análisis de información de campo**

Se trata de información que se ha recopilado en forma directa desde las personas que participan en el estudio, o desde la realidad misma, sin intermediarios en el proceso de obtención. El investigador lleva a cabo la recolección de datos de manera meticulosa, asegurándose de que las condiciones bajo las cuales se realiza este proceso permanezcan inalteradas y sin ningún tipo de alteración. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

### **3.6. Descripción de los instrumentos utilizados**

Se utilizaron las siguientes herramientas, las cuales guardan una relación directa con los métodos empleados en este contexto.

#### **Registro de revisión de información referenciales**

Consiste en un formato de registro que permite anotar y guardar información relevante de libros o artículos. Estos archivos son creados para cada una de las publicaciones, sin tener en cuenta si han sido descubiertas o leídas, y pueden resultar ser de gran utilidad para el desarrollo de nuestra investigación. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

#### **Registro de revisión de información de campo**

Se trata de una pequeña tarjeta o documento que se utiliza para anotar y conservar información relevante sobre un libro o un artículo específico. Estos archivos son creados y generados para cada una de las publicaciones, sin tener en cuenta si han sido descubiertas o leídas, y resultan ser bastante útiles

para el desarrollo y avance de nuestra investigación. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

### **3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos**

La finalidad central de este proceso consiste en realizar un análisis exhaustivo de un conjunto específico de información, con el fin de identificar patrones y extraer conclusiones relevantes que faciliten una comprensión más profunda de los datos. Esta comprensión será fundamental para facilitar la toma de decisiones informadas y basadas en la evidencia recopilada. En el presente estudio, se llevó a cabo la recolección de datos relacionados con la cantidad de energía renovable disponible y potencialmente útil como fuente de energía distribuida. Posteriormente, estos datos fueron sometidos a un análisis detallado utilizando técnicas de estadísticas descriptivas para comprender mejor sus características y patrones. Las estadísticas descriptivas abarcan diversos aspectos, entre los cuales se encuentran la frecuencia con la que ocurren ciertos eventos, así como las medidas que nos permiten entender la tendencia central de la información recopilada y las variaciones que se manifiestan en la dispersión de esos datos obtenidos.

Los datos recolectados se organizan en diferentes rangos, y posteriormente se examinan utilizando la media aritmética, un método que resulta fundamental para poder evaluar de manera efectiva la confiabilidad de cada una de las unidades consideradas, donde la media aritmética se emplea como medida de tendencia central que tiene una relevancia estadística notablemente mayor y más significativa en el análisis de datos. La discrepancia que se observa entre el valor más elevado y el valor más bajo de

un conjunto de datos se emplea como fundamento para llevar a cabo el cálculo del rango. Este rango, a su vez, ilustra de manera precisa la extensión o amplitud de los diversos valores presentes en esos datos.

## CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 4.1. Estado actual del sistema eléctrico y del plan de mantenimiento existente en el Hospital Las Mercedes de Chiclayo

El sistema eléctrico del Hospital Regional Docente Las Mercedes constituye un elemento fundamental para la continuidad operativa de los servicios asistenciales, administrativos y de soporte médico. Dicho sistema presenta una configuración convencional, diseñada para atender las demandas eléctricas propias de un establecimiento de salud de alta complejidad, aunque evidencia limitaciones asociadas a su antigüedad, estado de conservación y deficiencias de mantenimiento.

#### **Alimentación eléctrica y nivel de suministro**

El hospital recibe energía eléctrica desde la **red pública de media tensión**, a cargo de la empresa concesionaria del servicio, Electronorte SA. La energía es transformada a **condiciones de baja tensión** mediante transformadores instalados en áreas internas del hospital, desde donde se distribuye a los diferentes pabellones, servicios clínicos y áreas administrativas a través de tableros generales y subtableros de distribución.

#### **Sistema de distribución interna**

La distribución interna del sistema incluye los siguientes componentes:

- **Tableros eléctricos principales y secundarios**, algunos de los cuales presentan **signos de deterioro físico**, ausencia de rotulado adecuado y deficiencias en la protección de los elementos energizados.
- **Conductores eléctricos** con aislamiento envejecido en ciertos tramos, lo

que incrementa el riesgo de fallas eléctricas, sobrecalentamientos y pérdidas de energía.

- Circuitos que abastecen tanto **cargas críticas** (equipos médicos, áreas de emergencia, hospitalización y UCI) como **cargas no críticas** (iluminación general y tomacorrientes comunes), sin una segregación óptima conforme a criterios actuales de seguridad hospitalaria.

### **Protección y seguridad eléctrica**

Según la visite realizada, el sistema eléctrico presenta **deficiencias en los dispositivos de protección**, tales como interruptores termomagnéticos y equipos de conexión a tierra, los cuales no siempre cumplen con las condiciones técnicas recomendadas para instalaciones hospitalarias. Asimismo, se identifica la **falta de señalización, orden y accesibilidad segura** en algunos tableros eléctricos, lo que representa un riesgo tanto para el personal técnico como para los usuarios del hospital.

### **Sistemas de respaldo y continuidad del servicio**

El hospital cuenta con sistemas de respaldo eléctrico destinados a garantizar el suministro en caso de interrupciones de la red pública; sin embargo, se evidencia que estos sistemas no se encuentran plenamente integrados ni optimizados, presentando limitaciones en cuanto a capacidad, automatización y mantenimiento preventivo. Esta situación compromete la confiabilidad del suministro eléctrico en áreas críticas durante emergencias o fallas del sistema principal.

## Estado general y mantenimiento

El análisis técnico concluye que el sistema eléctrico del Hospital Las Mercedes se encuentra en un estado operativo funcional, pero con un nivel de deterioro significativo, producto del tiempo de servicio y de la ausencia de un plan de mantenimiento eléctrico sistemático y documentado. Predomina el mantenimiento correctivo frente al preventivo, lo cual incrementa la probabilidad de fallas imprevistas y reduce la vida útil de los componentes eléctricos.

**Tabla 4:** Indicadores de desempeño antes del CBM

Indicador	Unidad	Situación antes del CBM
Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)	Horas	500 – 700
Tiempo Medio de Reparación (MTTR)	Horas	6 – 8
Disponibilidad del sistema eléctrico	%	92 – 94 %
Frecuencia de fallas eléctricas	Fallas/año	10 – 14
Costos de mantenimiento correctivo	S./año	120 000 – 150 000
Costos totales de mantenimiento	S./año	180 000 – 200 000
Incidentes eléctricos registrados	Casos/año	6 – 8
Vida útil estimada de equipos críticos	Años	60 – 70 % de su vida nominal
Cumplimiento del mantenimiento preventivo	%	55 – 65 %

Nota: Elaboración propia

### 4.2. Identificación de los equipos eléctricos críticos y los parámetros de condición relevantes para la implementación del mantenimiento basado en condición (CBM).

En las próximas líneas, vamos a presentar un análisis detallado de la identificación de los equipos eléctricos que son considerados críticos, así como también de los parámetros de condición que son relevantes para llevar a cabo una implementación efectiva del Mantenimiento Basado en Condición (CBM). Esta metodología se alineará específicamente a un contexto hospitalario, teniendo en cuenta las particularidades y necesidades del entorno, y será coherente con la visita que se

realizó al Hospital Regional Docente Las Mercedes.

### **A. Identificación de los equipos eléctricos críticos y parámetros de condición para la implementación del CBM**

En un establecimiento de atención médica como el Hospital Regional Docente Las Mercedes, la continuidad y confiabilidad del suministro eléctrico es un factor crítico, debido a que numerosos equipos médicos y sistemas de soporte vital dependen directamente de la energía eléctrica. En este contexto, la implementación del Mantenimiento Basado en Condición (Condition-Based Maintenance – CBM) requiere la identificación previa de los equipos eléctricos críticos, así como de los parámetros de condición que permitan evaluar su estado operativo y anticipar posibles fallas.

### **B. Equipos eléctricos críticos identificados**

Del sistema eléctrico y la naturaleza de las operaciones hospitalarias, se consideran **equipos eléctricos críticos** aquellos cuya falla podría generar interrupciones severas en la atención médica, generando condiciones de riesgo para pacientes y personal, o daños económicos significativos. Entre los principales equipos críticos se identifican los siguientes:

#### **a. Transformadores de distribución**

Son elementos fundamentales del sistema eléctrico, encargados de la transformación de nivel de media hacia rangos de baja tensión, destinados al abastecimiento de las áreas hospitalarias. Su falla puede provocar la paralización total o parcial de los servicios hospitalarios.

#### **b. Tableros eléctricos generales y secundarios**

Incluyen tableros de baja tensión que alimentan áreas críticas como emergencias,

hospitalización, UCI y servicios auxiliares. Presentan alto nivel de criticidad debido a la concentración de cargas y al riesgo de fallas por sobrecalentamiento o deficiencias de protección.

**c. Grupos electrógenos de emergencia**

Garantizan el suministro eléctrico durante interrupciones de la red pública. Su confiabilidad es esencial en los ambientes donde la disponibilidad que resulta indispensable.

**d. Sistemas de transferencia automática (ATS)**

Permiten el cambio inmediato entre la red comercial y los grupos electrógenos. Una falla en estos sistemas compromete el arranque oportuno del respaldo eléctrico.

**e. Sistemas de puesta a tierra**

Desempeñan un rol clave para la seguridad eléctrica del hospital, al proporcionar protección efectiva frente a descargas eléctricas y variaciones de tensión que podrían afectar a las personas y a los equipos.

**f. Conductores eléctricos y canalizaciones principales**

Especialmente aquellos que alimentan cargas críticas, debido a su exposición al envejecimiento del aislamiento y posibles sobrecargas.

**C. Parámetros de condición relevantes para el CBM**

La puesta en marcha del mantenimiento basado en condiciones requiere la supervisión constante o a intervalos regulares de diversos parámetros tanto eléctricos como físicos. Esta vigilancia meticulosa es fundamental, ya que ofrece la información necesaria para evaluar con precisión el estado actual de los equipos. Además, facilita la identificación anticipada de posibles fallas, lo que permite tomar medidas proactivas antes de que dichas fallas ocurran. Los parámetros más

destacados que se han identificado en relación con la condición son los siguientes:

**a. Temperatura**

- Temperatura en devanados de transformadores.
- Temperatura en conexiones, barras y interruptores de tableros eléctricos.
- Incrementos anormales de temperatura detectables mediante termografía infrarroja.

**b. Corriente y carga eléctrica**

- Corriente nominal y corriente real de operación.
- Detección de sobrecargas, desbalance de fases y corrientes anómalas.

**c. Tensión eléctrica**

- Variaciones de tensión (sobretensión y subtensión).
- Caídas de tensión en circuitos críticos.

**d. Estado del aislamiento**

- Resistencia de aislamiento de conductores y equipos.
- Presencia de degradación del aislamiento por envejecimiento o humedad.

**e. Calidad de energía**

- Distorsión armónica.
- Factor de potencia.
- Fluctuaciones de frecuencia, relevantes para equipos médicos sensibles.

**f. Condición mecánica y funcional**

- Estado de interruptores, contactores y sistemas de transferencia.
- Tiempo de respuesta y confiabilidad en el arranque de grupos electrógenos.

**g. Sistema de puesta a tierra**

- Resistencia de puesta a tierra.

- Continuidad de conductores de protección.

#### D. Importancia de la identificación para el CBM

La identificación de los equipos eléctricos críticos y de sus parámetros de condición permite establecer **prioridades de monitoreo**, optimizar recursos de mantenimiento y migrar de un enfoque correctivo a uno **preventivo-predictivo**, acorde con los principios del mantenimiento basado en condición. En el caso del Hospital Regional Docente Las Mercedes, esta estrategia resulta especialmente relevante debido a la antigüedad del sistema eléctrico y a las exigencias de confiabilidad propias de un entorno hospitalario.

**Tabla 5:** Equipos eléctricos críticos y parámetros de condición para la implementación del Mantenimiento Basado en Condición (CBM)

Equipo eléctrico	Nivel de criticidad	Parámetros de condición relevantes	Técnica de CBM aplicada
<b>Transformadores de distribución</b>	Alta	Temperatura del aceite y devanados, corriente de carga, tensión, resistencia de aislamiento, presencia de puntos calientes	Termografía infrarroja, medición de resistencia de aislamiento, análisis de carga
<b>Tableros eléctricos generales</b>	Alta	Temperatura en barras y conexiones, corriente por fase, desbalance de fases, estado de interruptores	Termografía infrarroja, medición de corriente, inspección visual técnica
<b>Tableros eléctricos secundarios</b>	Media – Alta	Temperatura en conexiones, corriente de carga, caída de tensión, estado de protecciones	Termografía infrarroja, medición eléctrica, inspección funcional
<b>Grupos electrógenos de emergencia</b>	Crítica	Tensión y frecuencia de salida, tiempo de arranque, nivel de carga, temperatura de operación	Monitoreo operativo, pruebas funcionales periódicas, análisis de desempeño
<b>Sistema de transferencia automática (ATS)</b>	Crítica	Tiempo de conmutación, continuidad del suministro, estado	Pruebas de conmutación, inspección

		mecánico y eléctrico de contactos	funcional, monitoreo de eventos
<b>Conductores eléctricos principales</b>	Media – Alta	Temperatura del aislamiento, resistencia de aislamiento, corriente nominal y real	Termografía infrarroja, medición de aislamiento, análisis de carga
<b>Sistema de puesta a tierra</b>	Alta	Resistencia de puesta a tierra, continuidad del conductor de protección, integridad de conexiones	Control de puesta a tierra y continuidad
<b>Interruptores termomagnéticos y protecciones</b>	Media	Corriente de operación, capacidad de disparo, estado mecánico	Pruebas funcionales, medición eléctrica, inspección técnica

Nota: Elaboración propia

#### **4.3. Impacto potencial del CBM en indicadores clave de desempeño (tiempo medio entre fallas, tiempo medio de reparación, costos de mantenimiento, etc.)**

La implementación del **Mantenimiento Basado en Condición (Condition-Based Maintenance – CBM)** en el sistema eléctrico del Hospital Regional Docente Las Mercedes influye de manera directa y notable en los **indicadores clave de rendimiento (Key Performance Indicators – KPI)** que se relacionan con la confiabilidad, disponibilidad y eficacia del sistema eléctrico en el hospital. A diferencia del mantenimiento correctivo habitual, el CBM se base en supervisión continua o periódica del estado real de los equipos, lo que permite actuar antes de que ocurra una falla funcional.

##### **A. Impacto en el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)**

El **MTBF** representa el intervalo promedio de tiempo en el que un equipo opera sin fallar. Con la aplicación del CBM, este indicador tiende a **incrementarse significativamente**, debido a que:

- Se identifican **fallas incipientes** como sobrecalentamientos, degradación del aislamiento o desbalances de carga.
- Se corrigen anomalías antes de que evolucionen hacia fallas mayores.
- Se reduce el desgaste prematuro de componentes críticos.

En un entorno hospitalario, el aumento del MTBF implica **mayor confiabilidad del suministro eléctrico**, disminuyendo la probabilidad de interrupciones que afecten servicios médicos críticos.

## **B. Impacto en el Tiempo Medio de Reparación (MTTR)**

El **MTTR** mide el tiempo promedio requerido para restaurar un equipo tras una falla.

La implementación del CBM contribuye a su **reducción**, ya que:

- Las fallas son **predecibles y localizadas**, facilitando diagnósticos más rápidos.
- Se dispone de información previa sobre el estado del equipo, lo que optimiza la planificación de repuestos y recursos.
- Se evitan intervenciones de emergencia, que suelen ser más prolongadas y complejas.

Como resultado, se mejora la **disponibilidad operativa del sistema eléctrico**, especialmente en áreas críticas como UCI, emergencias y hospitalización.

## **C. Impacto en los costos de mantenimiento**

El CBM genera una **optimización de los costos de mantenimiento**, reflejada en:

- Optimización del gasto relacionado con **reparaciones correctivas no planificadas**.

- Disminución del reemplazo prematuro de equipos que aún pueden operar de forma segura.
- Uso más eficiente de mano de obra, herramientas y repuestos.
- Menor impacto económico derivado de paradas imprevistas del servicio eléctrico.

En el mediano y largo plazo, el CBM permite pasar de un enfoque reactivo a uno **económicamente sostenible**, particularmente relevante para instituciones públicas de salud con recursos limitados.

#### **D. Impacto en la disponibilidad y confiabilidad del sistema eléctrico**

La disponibilidad del sistema eléctrico se ve fortalecida debido a:

- Menor frecuencia de fallas inesperadas.
- Mayor continuidad del suministro eléctrico.
- Reducción de interrupciones en servicios hospitalarios críticos.

Esto se traduce en una **mejora integral de la confiabilidad**, aspecto fundamental para garantizar la seguridad de pacientes y personal médico.

#### **E. Impacto en la seguridad eléctrica**

El monitoreo permanente de parámetros de condición (temperatura, aislamiento, puesta a tierra, calidad de energía) permite:

- Reducir el riesgo de **incendios eléctricos**.
- Minimizar la probabilidad de **choques eléctricos**.
- Proteger equipos médicos sensibles frente a variaciones eléctricas.

De este modo, el CBM contribuye a un entorno hospitalario **más seguro y controlado**.

**Tabla 6:** Síntesis del impacto del CBM en indicadores clave

<b>Indicador de desempeño</b>	<b>Impacto del CBM</b>
Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)	Incremento significativo
Tiempo Medio de Reparación (MTTR)	Reducción
Costos de mantenimiento	Optimización y reducción progresiva
Disponibilidad del sistema	Incremento
Confiabilidad operativa	Mejora sostenida
Seguridad eléctrica	Fortalecimiento

Nota: Elaboración propia

#### **F. Indicadores cuantificables esperados del sistema eléctrico antes y después de la implementación del CBM**

La implementación del Mantenimiento Basado en Condición (CBM) permite medir objetivamente su impacto mediante indicadores de desempeño técnico y económico. Para el sistema eléctrico hospitalario, se establecen indicadores comparativos antes (situación actual) y después (situación esperada) de la aplicación del CBM.

**Tabla 7:** Comparativa de indicadores de desempeño del sistema eléctrico antes y tras la implementación del CBM

<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Situación antes del CBM</b>	<b>Situación esperada después del CBM</b>	<b>Impacto esperado</b>
Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)	Horas	500 – 700	1 200 – 1 500	Incremento $\geq$ 80 %
Tiempo Medio de Reparación (MTTR)	Horas	6 – 8	2 – 3	Reducción $\geq$ 50 %
Disponibilidad del sistema eléctrico	%	92 – 94 %	98 – 99 %	Incremento $\geq$ 5 %
Frecuencia de fallas eléctricas	Fallas/año	10 – 14	3 – 5	Reducción $\geq$ 60 %
Costos de mantenimiento correctivo	S./año	120 000 – 150 000	60 000 – 80 000	Reducción $\geq$ 40 %
Costos totales de mantenimiento	S./año	180 000 – 200 000	140 000 – 160 000	Optimización $\geq$ 20 %

Incidentes eléctricos registrados	Casos/año	6 – 8	1 – 2	Reducción $\geq$ 70 %
Vida útil estimada de equipos críticos	Años	60 – 70 % de su vida nominal	85 – 95 % de su vida nominal	Incremento significativo
Cumplimiento del mantenimiento preventivo	%	55 – 65 %	$\geq$ 90 %	Mejora $\geq$ 30 %

Nota: Elaboración propia

Los valores consignados en la Tabla 7: Comparación de indicadores de desempeño antes y después del CBM se sustentan en dos fuentes de análisis. En primer lugar, la situación antes del CBM corresponde a la línea base obtenida a partir del diagnóstico técnico del sistema eléctrico del Hospital Regional Docente Las Mercedes, donde se evidenció un estado operativo funcional, pero con deterioro significativo, predominio del mantenimiento correctivo, fallas recurrentes, deficiencias en tableros, conductores, sistemas de protección y respaldo, así como una paralización promedio de 14 horas mensuales del sistema eléctrico. Asimismo, en la tesis se establecieron como indicadores base un MTBF de 500–700 horas, MTTR de 6–8 horas, disponibilidad de 92–94 %, frecuencia de fallas de 10–14 fallas/año, costos de mantenimiento correctivo de S/ 120 000 a S/ 150 000 por año, costos totales de mantenimiento de S/ 180 000 a S/ 200 000 por año, incidentes eléctricos de 6–8 casos/año, vida útil remanente equivalente al 60–70 % de la vida nominal y cumplimiento del mantenimiento preventivo de 55–65 %. Estos datos constituyen la condición inicial del sistema y representan la referencia diagnóstica para evaluar el impacto potencial del mantenimiento basado en condición.

En segundo lugar, los valores de la situación esperada después del CBM

corresponden a una proyección técnica construida a partir de la lógica funcional del mantenimiento basado en condición, el cual, según el marco teórico de la tesis, tiene como finalidad incrementar la confiabilidad y disponibilidad de los activos, reducir fallas imprevistas, disminuir costos de mantenimiento y optimizar la intervención técnica mediante monitoreo de condición, análisis predictivo, registro histórico y planificación documentada. En coherencia con esa base conceptual, se espera que el monitoreo sistemático de parámetros como temperatura, corriente, estado del aislamiento, calidad de energía y condiciones de operación de transformadores, tableros, grupos electrógenos y sistema de puesta a tierra permita detectar fallas incipientes antes de que evolucionen a fallas funcionales. Por ello, se proyecta un incremento del MTBF hasta 1 200–1 500 horas, una reducción del MTTR a 2–3 horas, un aumento de la disponibilidad a 98–99 %, una reducción de la frecuencia de fallas a 3–5 fallas/año, una disminución de los costos correctivos a S/ 60 000–80 000/año, una optimización de los costos totales a S/ 140 000–160 000/año, una reducción de incidentes a 1–2 casos/año, una recuperación de la vida útil efectiva de los equipos críticos hasta 85–95 % de su vida nominal y un cumplimiento del mantenimiento preventivo de 90 % o más. Estas mejoras son coherentes con el objetivo general de la tesis y con el análisis del impacto potencial del CBM desarrollado en el capítulo de resultados.

### **Sustento indicador por indicador**

#### **MTBF (500–700 h a 1 200–1 500 h).**

Se sustenta en que el CBM reemplaza la intervención reactiva por monitoreo

periódico y diagnóstico temprano. Al detectar sobrecalentamientos, deterioro del aislamiento, desbalance de carga y anomalías en tableros o transformadores antes de la falla funcional, se alarga el tiempo de operación entre fallas. El aumento esperado es coherente con la finalidad del CBM de mejorar la confiabilidad del sistema.

**MTTR (6–8 h a 2–3 h).**

Se sustenta en la disponibilidad anticipada de información diagnóstica. Cuando la falla es identificada en etapa incipiente, el personal técnico llega con causa probable, repuestos y procedimiento definido, reduciendo el tiempo de localización, diagnóstico y reparación. La tesis también contempla capacitación, procedimientos y herramientas tecnológicas para ello.

**Disponibilidad (92–94 % a 98–99 %).**

La disponibilidad mejora como consecuencia directa de mayor MTBF y menor MTTR. Si el sistema falla menos veces y se recupera en menos tiempo, el porcentaje de tiempo operativo aumenta. Esto es especialmente crítico en un hospital por la necesidad de continuidad en UCI, emergencias y servicios de diagnóstico.

**Frecuencia de fallas (10–14 a 3–5 fallas/año).**

Se sustenta en que el monitoreo de condición disminuye la probabilidad de fallas súbitas, ya que permite intervenir antes de que el equipo llegue a condición crítica. La proyección de reducción mayor al 60 % es consistente con el cambio de mantenimiento predominantemente correctivo a un esquema predictivo-preventivo.

**Costos de mantenimiento correctivo (S/ 120 000–150 000 a S/ 60 000–80 000).**

Se justifican porque al reducirse las averías imprevistas también se reducen horas extra, reposición urgente de componentes, paradas no programadas y daños colaterales. El CBM desplaza gasto correctivo hacia intervención planificada, técnica y oportuna.

**Costos totales de mantenimiento (S/ 180 000–200 000 a S/ 140 000–160 000).**

Aunque el CBM incorpora monitoreo, software e instrumentación, la disminución de fallas, interrupciones y reparaciones mayores compensa esos costos, generando una optimización global del mantenimiento. Esta lógica es consistente con la tesis, que plantea una inversión de implementación para lograr mayor confiabilidad y eficiencia operativa.

**Incidentes eléctricos registrados (6–8 a 1–2 casos/año).**

Se sustentan en la corrección temprana de condiciones inseguras como sobrecalentamientos, deficiencias de protección, problemas en puesta a tierra, envejecimiento del aislamiento y falta de orden técnico en tableros. Al disminuir estas condiciones, también disminuyen los eventos que comprometen la seguridad de pacientes, personal y equipos.

**Vida útil estimada de equipos críticos (60–70 % a 85–95 % de la vida nominal).**

Se justifica porque el CBM evita operar equipos en condición degradada prolongada, reduce sobreesfuerzos térmicos y eléctricos y mejora la oportunidad de intervención. Así, se desacelera el desgaste acumulado y se preserva la vida útil remanente de transformadores, tableros, grupos electrógenos y conductores principales.

**Cumplimiento del mantenimiento preventivo (55–65 % a  $\geq$  90 %).**

Se sustenta en que el plan propuesto incorpora cronograma de implementación, recursos humanos, recursos tecnológicos, procedimientos documentados y registro sistemático de condición, lo que permite ordenar la gestión y elevar el cumplimiento de actividades programadas

**a. Análisis técnico de los resultados esperados**

- El incremento del MTBF refleja una mayor confiabilidad del sistema eléctrico, producto de la detección temprana de fallas incipientes.
- La reducción del MTTR se asocia a diagnósticos más rápidos y a una mejor planificación de recursos técnicos.
- La disminución de costos correctivos evidencia la eficiencia económica del CBM frente al mantenimiento reactivo.
- El aumento de la disponibilidad eléctrica es crítico para garantizar la continuidad de los servicios hospitalarios.
- La reducción de incidentes eléctricos fortalece la seguridad de pacientes, personal médico y equipos biomédicos.

**b. Interpretación en el contexto hospitalario**

En el Hospital Regional Docente Las Mercedes, la mejora de estos indicadores implica:

- Mayor continuidad operativa en áreas críticas (UCI, emergencias).
- Menor riesgo de interrupciones eléctricas durante procedimientos médicos.
- Uso más eficiente del presupuesto público destinado a mantenimiento.
- Base técnica sólida para la toma de decisiones en gestión de activos eléctricos.

### **c. Conclusión técnica**

Los indicadores cuantificables esperados demuestran que la implementación del sistema CBM produce mejoras técnicas y económicas significativas, permitiendo mejorar significativamente la confiabilidad, disponibilidad y seguridad del sistema eléctrico hospitalario, justificando plenamente su adopción como estrategia de mantenimiento moderno.

## **4.4. Plan de implementación del sistema CBM, considerando recursos humanos, tecnológicos y financieros necesarios para su ejecución en el entorno hospitalario**

### **A. Objetivo del plan**

Implementar un sistema de **Mantenimiento Basado en Condición (CBM)** en el sistema eléctrico del Hospital Regional Docente Las Mercedes, con la finalidad de **mejorar la confiabilidad, disponibilidad y seguridad del suministro eléctrico**, optimizando los recursos técnicos y económicos, y reduciendo fallas imprevistas en equipos eléctricos críticos.

### **B. Alcance del plan de implementación**

El plan contempla la aplicación progresiva del CBM en los **equipos eléctricos críticos**, tales como:

- Transformadores de distribución
- Tableros eléctricos generales y secundarios
- Grupos electrógenos y sistemas de transferencia automática
- Conductores principales y sistema de puesta a tierra

La implementación se orienta inicialmente a **áreas críticas del hospital** (UCI,

emergencias, hospitalización y servicios de diagnóstico).

## **C. Fases del plan de implementación del CBM**

### **Fase 1: Diagnóstico técnico inicial**

- Inventario y clasificación de equipos eléctricos.
- Evaluación del estado actual y nivel de criticidad.
- Identificación de parámetros de condición a monitorear.
- Establecimiento de la línea base de indicadores (MTBF, MTTR, costos).

### **Fase 2: Planificación del sistema CBM**

- Definición de estrategias CBM por tipo de equipo.
- Selección de tecnologías de monitoreo.
- Elaboración de procedimientos técnicos y protocolos de medición.
- Programación de actividades y responsables.

### **Fase 3: Implementación operativa**

- Instalación de equipos de monitoreo.
- Capacitación del personal técnico.
- Ejecución de monitoreo periódico de condición.
- Registro y análisis de datos obtenidos.

### **Fase 4: Evaluación y mejora continua**

- Comparación de desempeño del sistema eléctrico previo y posterior al CBM.
- Optimización de frecuencias y técnicas de monitoreo.
- Optimización del plan de mantenimiento.
- Documentación de resultados y lecciones aprendidas.

## **D. Recursos necesarios para la implementación del CBM**

### a. Recursos humanos

**Tabla 8:** Recursos Humanos necesarios

<b>Cargo / Perfil</b>	<b>Responsabilidades principales</b>
Ingeniero electricista	Planificación y supervisión técnica del CBM
Técnico electricista hospitalario	Ejecución de mediciones y mantenimiento
Responsable de mantenimiento	Gestión, coordinación y control del plan
Personal de seguridad y salud	Supervisión de riesgos eléctricos
Consultor externo (opcional)	Asesoría en CBM y capacitación especializada

Nota: Elaboración propia

El personal debe recibir **capacitación específica en técnicas CBM**, interpretación de datos y normas de seguridad eléctrica hospitalaria.

### b. Recursos tecnológicos

**Tabla 9:** Recursos Tecnológicos necesarios

<b>Recurso tecnológico</b>	<b>Aplicación en CBM</b>
Cámara termográfica	Detección de puntos calientes en tableros y transformadores
Analizador de redes eléctricas	Medición de calidad de energía, carga y armónicos
Medidor de resistencia de aislamiento	Evaluación del estado del aislamiento eléctrico
Equipo de medición de puesta a tierra	Control de seguridad eléctrica
Software de gestión de mantenimiento (CMMS)	Registro, análisis y trazabilidad de datos CBM
Instrumentos portátiles de medición	Corriente, tensión y continuidad

Nota: Elaboración propia

### c. Recursos financieros

El presupuesto requerido para la implementación del CBM comprende:

- **Adquisición de equipos de monitoreo** (termografía, analizadores eléctricos).
- **Capacitación técnica del personal.**
- **Contratación de asesoría especializada** (si se requiere).

- **Costos operativos** (insumos, calibración de instrumentos).
- **Mantenimiento y actualización del sistema CBM.**

**Tabla 10:** Recursos Financieros necesarios

<b>Concepto</b>	<b>Tipo de costo</b>
Equipos de monitoreo	Inversión inicial
Capacitación del personal	Inversión
Software CMMS	Inversión / Operativo
Mediciones periódicas	Operativo
Mejora continua	Operativo

Nota: Elaboración propia

A mediano plazo, la inversión inicial se ve compensada por la **reducción de costos correctivos**, disminución de los periodos de indisponibilidad operativa y extensión del ciclo de vida de los activos.

#### **d. Indicadores de seguimiento del plan CBM**

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

- Incremento del **MTBF**.
- Reducción del **MTTR**.
- Reducción de costos de mantenimiento correctivo.
- Incremento de la disponibilidad del sistema eléctrico.
- Reducción de incidentes eléctricos.

#### **e. Beneficios esperados en el entorno hospitalario**

- Mayor continuidad del suministro eléctrico en áreas críticas.
- Reducción de riesgos eléctricos para pacientes y personal.
- Optimización del uso de recursos económicos y técnicos.
- Mejora en la gestión del mantenimiento hospitalario.
- Soporte confiable para equipos médicos de alta complejidad.

### E. Cronograma de implementación del sistema CBM

El cronograma se ha estructurado considerando una **implementación progresiva en un horizonte de 12 meses**, permitiendo una adecuada planificación, capacitación y evaluación del sistema CBM garantizando el funcionamiento ininterrumpido del hospital.

**Tabla 11:** Esquema cronológico para la adopción del enfoque CBM

Fase / Actividad	Meses 1-2	Meses 3-4	Meses 5-6	Meses 7-8	Meses 9-10	Meses 11-12
Diagnóstico técnico inicial	•					
Inventario y clasificación de equipos	•	•				
Definición de parámetros CBM		•				
Selección de tecnologías CBM		•				
Adquisición de equipos e instrumentos			•			
Implementación de software CMMS			•	•		
Capacitación del personal técnico			•	•		
Instalación y pruebas de monitoreo				•	•	
Ejecución del CBM piloto					•	
Evaluación de indicadores (MTBF, MTTR)						•
Ajustes y mejora continua						•

Nota: Elaboración propia

### F. Presupuesto estimado para la implementación del CBM

El presupuesto se ha elaborado considerando **costos referenciales del mercado peruano**, orientados a una **institución pública de salud**, y contempla tanto la

inversión inicial como los costos operativos del primer año.

#### a. Recursos tecnológicos

**Tabla 12:** Presupuesto estimado de recursos tecnológicos

Concepto	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/.)
Cámara termográfica	1	14 358,24	14 358,24
Analizador de redes eléctricas	1	16 684,00	16 684,00
Medidor de resistencia de aislamiento	1	6 295,20	6 295,20
Medidor de puesta a tierra	1	4 850,40	4 850,40
Instrumentos eléctricos portátiles	1 lote	5 194,81	5 194,81
Software CMMS	1	4 994,88	4 994,88
<b>Subtotal recursos tecnológicos</b>			<b>52 377,53</b>

Nota: Elaboración propia

#### b. Recursos humanos y capacitación

**Tabla 13:** Presupuesto estimado de recursos humanos y capacitación

Concepto	Costo estimado (S/.)
Capacitación técnica en CBM (ingenieros y técnicos)	9 500,00
Asesoría técnica especializada (opcional)	12 000,00
Horas hombre del personal de mantenimiento	8 600,00
<b>Subtotal recursos humanos</b>	<b>30 100,00</b>

Nota: Elaboración propia

#### c. Costos operativos y contingencias

**Tabla 14:** Presupuesto estimado de costos operativos y contingencias

Concepto	Costo estimado (S/.)
Calibración de instrumentos	1 800,00
Insumos y repuestos menores	3 100,00
Contingencias (5 %)	5 000,00
<b>Subtotal costos operativos</b>	<b>9 900,00</b>

Nota: Elaboración propia

#### d. Resumen del presupuesto total

**Tabla 15:** Resumen del presupuesto total

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	P. unitario (S/.)	Parcial (S/.)
------	---------	--------	----------	-------------------	---------------

1	Cámara termográfica	und	1	14 358,24	14 358,24
2	Analizador de redes eléctricas	und	1	16 684,00	16 684,00
3	Medidor de resistencia de aislamiento	und	1	6 295,20	6 295,20
4	Medidor de puesta a tierra	und	1	4 850,40	4 850,40
5	Instrumentación portátil complementaria (pinza amperimétrica, multímetro TRMS, detector de tensión, accesorios)	lote	1	5 194,81	5 194,81
6	Licencia e implementación de software CMMS	glb	1	4 994,88	4 994,88
7	Capacitación técnica en CBM para personal de mantenimiento	glb	1	9 500,00	9 500,00
8	Asistencia técnica especializada para configuración inicial del sistema	glb	1	12 000,00	12 000,00
9	Horas-hombre de levantamiento de línea base, parametrización e inspección inicial	glb	1	8 600,00	8 600,00
10	Instalación, pruebas funcionales y puesta en marcha del sistema	glb	1	3 900,00	3 900,00
11	Calibración inicial de instrumentos	glb	1	1 800,00	1 800,00
12	Insumos técnicos y repuestos menores para implementación piloto	glb	1	3 100,00	3 100,00
<b>Costo Total</b>					<b>91 277,53</b>

Nota: Elaboración propia

### **Sustento técnico y económico del presupuesto de implementación**

El presupuesto de implementación del sistema CBM asciende a **S/ 91 277,53**, distribuido en **S/ 52 377,53** para recursos tecnológicos, **S/ 30 100,00** para recursos humanos y capacitación, y **S/ 9 900,00** para costos operativos y contingencias. Este presupuesto no constituye un valor arbitrario, sino que responde a los requerimientos mínimos para ejecutar la propuesta en un entorno hospitalario donde la continuidad del servicio eléctrico es crítica.

Los **recursos tecnológicos** incluyen una cámara termográfica, un analizador de redes eléctricas, un medidor de resistencia de aislamiento, un medidor de puesta a tierra, instrumentos portátiles y software CMMS. Estos equipos son necesarios porque el enfoque CBM exige monitoreo de temperatura, calidad de energía, aislamiento, carga y estado funcional de los componentes críticos del sistema

eléctrico hospitalario. Sin estos instrumentos no es posible realizar diagnóstico predictivo, detectar puntos calientes, evaluar desbalance de fases, verificar degradación del aislamiento ni registrar tendencias operativas. Por ello, la inversión tecnológica de **S/ 52 377,53** se encuentra directamente vinculada al objetivo técnico de monitorear condición y anticipar fallas.

Los **recursos humanos y de capacitación**, valorizados en **S/ 30 100,00**, se justifican porque la implementación del CBM no depende solo de equipamiento, sino también de la formación del personal de mantenimiento para interpretar mediciones, ejecutar inspecciones especializadas y gestionar información técnica en el software CMMS. Del mismo modo, los **costos operativos y contingencias** por **S/ 9 900,00** cubren calibración de instrumentos, insumos, repuestos menores y eventos no previstos, lo cual asegura la operatividad del sistema durante la etapa inicial de implementación. En consecuencia, el presupuesto total presenta coherencia técnica con los equipos críticos identificados, los parámetros de condición evaluados y el cronograma de implementación propuesto.

### **G. Análisis de recuperación de la inversión de la propuesta CBM**

Para evaluar la viabilidad económica de la propuesta se realizó un análisis de recuperación de la inversión a partir de los costos actuales de mantenimiento del sistema eléctrico. Antes de la implementación del CBM, el costo total anual de mantenimiento se encuentra en el rango de **S/ 180 000 a S/ 200 000**; para el presente análisis se adopta el valor promedio de **S/ 190 000/año**. Considerando que el mantenimiento basado en condición permite reducir fallas imprevistas, intervenciones correctivas, tiempos muertos y uso ineficiente de recursos, se plantea de manera conservadora una reducción del **25 %** del costo total anual de

mantenimiento. En consecuencia, el ahorro económico esperado asciende a:

$$\text{Ahorro anual esperado} = 190\,000 \times 0,25 = \text{S/ } 47\,500$$

Con una inversión inicial de **S/ 91 277,53**, el período simple de recuperación se calcula mediante:

$$\text{PRI} = \text{Inversión inicial} / \text{ahorro anual}$$

$$\text{PRI} = 91\,277,53 / 47\,500 = 1,92 \text{ años}$$

Esto equivale aproximadamente a **23,06 meses** para recuperar la inversión inicial del sistema CBM. El resultado indica que la propuesta presenta una recuperación económicamente razonable para una institución hospitalaria, especialmente si se considera que los beneficios no solo son monetarios, sino también operativos y de seguridad.

Asimismo, la relación beneficio/inversión para el primer año puede estimarse como:

$$\text{B/I} = 47\,500 / 91\,277,53 = 0,52$$

Es decir, en el primer año se recupera el **52 %** de la inversión inicial. A partir del tercer año, la propuesta empieza a generar beneficios netos acumulados. Si se proyecta el ahorro durante un horizonte de 5 años, se obtiene:

$$\text{Beneficio acumulado a 5 años} = 47\,500 \times 5 = \text{S/ } 237\,500$$

$$\text{Beneficio neto acumulado} = 237\,500 - 91\,277,53 = \text{S/ } 146\,222,47$$

Estos resultados demuestran que la implementación del CBM es técnicamente pertinente y económicamente viable, debido a que reduce costos recurrentes de mantenimiento, mejora la disponibilidad del sistema eléctrico y fortalece la continuidad del servicio hospitalario.

**Tabla 16:** Evaluación de recuperación de la inversión del sistema CBM

<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>
Inversión inicial total	S/ 91 277,53
Costo anual actual de mantenimiento (promedio)	S/ 190 000,00
Reducción estimada por implementación del CBM	25 %
Ahorro anual esperado	S/ 47 500,00
Período de recuperación de la inversión	1,92 años
Período de recuperación en meses	23,06 meses
Recuperación de la inversión en el primer año	52 %
Beneficio acumulado a 5 años	S/ 237 500,00
Beneficio neto acumulado a 5 años	S/ 146 222,47

Nota: Elaboración propia

## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

Como conclusiones arribadas en la presente investigación científica:

- El sistema eléctrico del Hospital Regional Docente Las Mercedes está conformado por Tableros eléctricos principales y secundarios, Conductores eléctricos, dispositivos de protección, sistemas de respaldo eléctrico. Todos se encuentran en un estado operativo funcional, pero con un nivel de deterioro significativo, producto del tiempo de servicio y de la ausencia de un plan de mantenimiento eléctrico sistemático y documentado. Predomina el mantenimiento correctivo.
- La Identificación de los equipos eléctricos críticos y los parámetros de condición relevantes para la implementación del Mantenimiento Basado en Condición (CBM), alineada a un contexto hospitalario y coherente con la visita realizada al Hospital Regional Docente Las Mercedes son: Transformador de Distribución, Tableros Eléctricos Generales, Tableros Eléctricos Secundarios, Grupos Electrónicos de Emergencia, Sistema de Transferencia Automática, Conductores Eléctricos Principales, Sistema de Puesta a Tierra.
- La implementación del Mantenimiento Basado en Condición (Condition-Based Maintenance – CBM) en el sistema eléctrico del Hospital Regional Docente Las Mercedes tiene un impacto directo y significativo en los indicadores clave de desempeño (Key Performance Indicators – KPI).
- El Plan de implementación del Sistema CBM, se hará en forma progresiva en 12 meses, requiriendo un presupuesto para recursos tecnológicos de S/. 52 377,53, en Recursos humanos un presupuesto de S/.30 100,00 y en Costo operativos y contingencia de S/. 9 900,00, haciendo un total de S/.91 277.53

## **5.2. Recomendaciones**

Se recomienda evaluar la posibilidad de instalar un Sistema de Gestión de la Energía que permita complementar al Sistema de Gestión de Mantenimiento propuesto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida Carvajal, W. A. (2023). Rediseño de la red eléctrica de bajo voltaje del hospital del adulto mayor para mejorar la calidad y seguridad de las instalaciones eléctricas. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26538/1/TTS1599.pdf>
- Álvarez Quispe, V. S. (2023). Optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru nivel II-E de la región Cusco mediante el mantenimiento basado en condición (CBM) periodo - 2021. Huancayo: Universidad Continental. Obtenido de [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13775/8/IV\\_FI\\_N\\_109\\_TE\\_Alvarez\\_Quispe\\_2023.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13775/8/IV_FI_N_109_TE_Alvarez_Quispe_2023.pdf)
- Cabrera López, A. M., & Gómez Bolívar, L. S. (2021). Propuesta de un sistema de gestión mantenimiento de equipos biomédicos en un hospital en el Valle del Cauca. Colombia: Universidad del Valle.
- Huaraca Meza, A. (2024). Ubicación óptima de los equipos de protección para mejorar los indicadores de la calidad de suministro del alimentador A4704 Tarma. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/11490>
- Llamuca Moyota, G. M. (2022). Plan de mantenimiento preventivo basado en la condición del grupo electrógeno del Hospital San Juan S.A, aplicando vibraciones y termografía para reducir las ocurrencias de las fallas. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Mendoza Ríos, C. A. (2023). Estudio de factibilidad en la implementación de mantenimiento basado en confiabilidad aplicado a equipos médicos críticos. Chile: Universidad de Concepción.
- Mozo Ruiz, C. L. (2021). Diagnóstico energético para reducir el consumo de energía del sistema eléctrico del Hospital de Alta complejidad Virgen de la Puerta. Lima: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/61949>
- 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>
- Velásquez Moreira, P. R., & Eugenia, L. A. (2021). Propuesta de un plan de gestión del mantenimiento del sistema de respaldo de energía eléctrica del hospital de especialidades Portoviejo. Ecuador: Revista Científica "INGENIAR":

Ingeniería, Tecnología e Investigación. Obtenido de  
<https://doi.org/10.46296/ig.v4i8edespdic.0054>

## ANEXOS

### ANEXO 01: VISTAS FOTOGRAFICAS DE LAS AREAS

#### CENTRO DE EXCELENCIA ESTRATEGICA TBC



#### AREA DE NUTRICIÓN



## DEPARTAMENTO DE GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA



## PEDIATRÍA: VACUNATORIO CRECIMIENTO Y DESARROLLO ODONTOLÓGICO



**DPTO. DE LABORATORIO CLINICO Y ANATOMIA PATOLOGICA**



**UNIDAD DE SEGUROS**



## PABELLON "A"



## ZONA DE CALDEROS



## SERVICIO DE LAVANDERÍA ROPERIA Y COSTURERÍA



## BANCO DE SANGRE



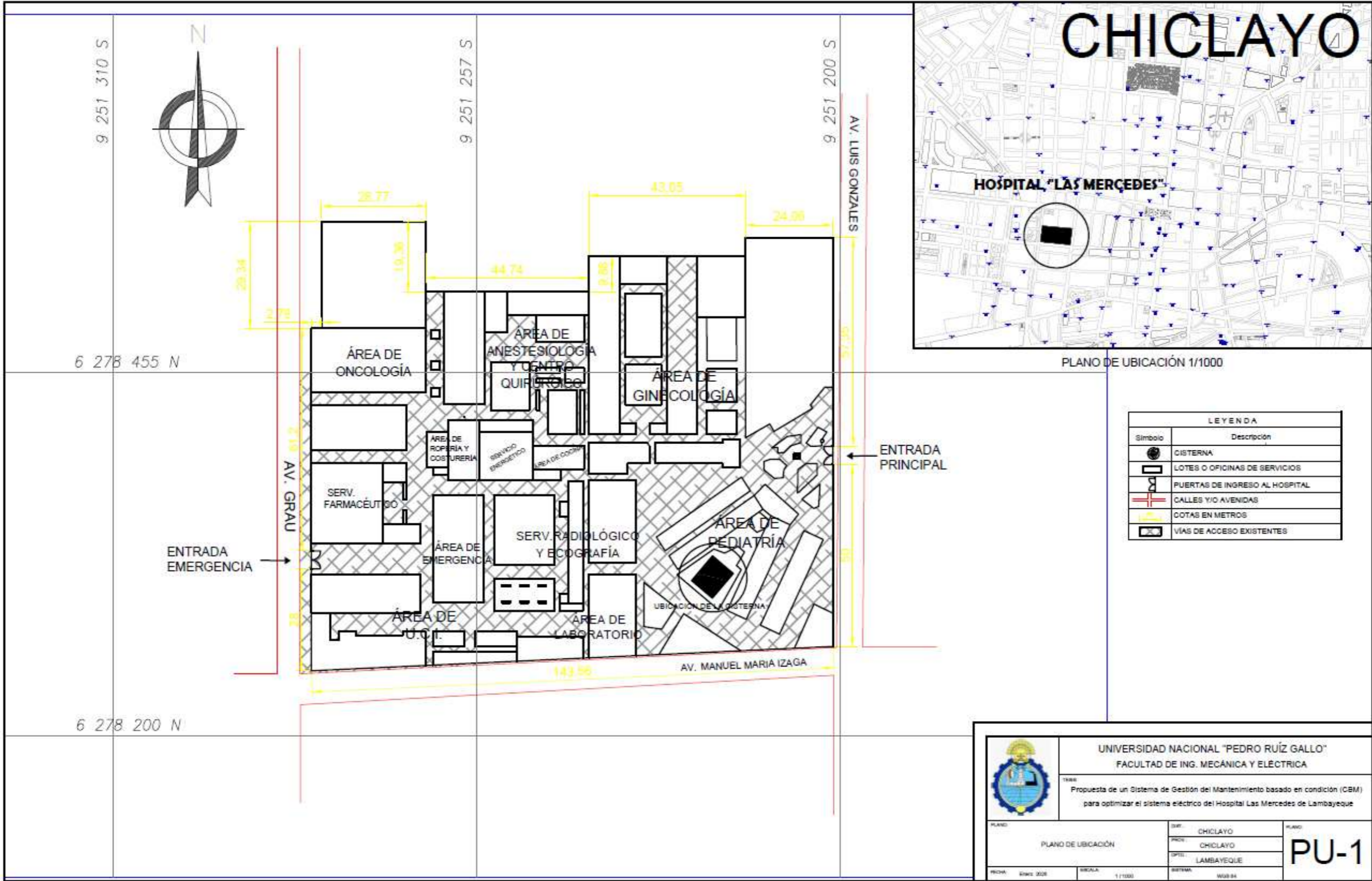
## CENTRO DE ESTERILIZACION



## SERVICIO DE NEONATOLOGIA



ANEXO 02: PLANO DE UBICACIÓN



## ANEXO 02: COTIZACIONES DE PRECIOS CAMARA TERMOGRAFICA

**CE-YE-SA** Productos Marcas Proyectos Pedido Rápido Outlet ¿Qué estás buscando? Registrarte Carrito

**FLIR**  
Cámara termográfica E8 PRO, -20°C a 550°C,  
FOV 33°x25°, IFOV 1.8mrad, 320x240 pixeles,  
13303-0302


Código CEYESA: 9503IEBPRO  
Código Fabricante: 13303-0302  
Unidad de medida: PZA

Marca: FLIR  
Anchura: 40.00  
Altura: 46.00  
Profundidad: 20.00

Ver ficha técnica

**S/ 14,358.24** Precio regular S/17,947.60

- 1 + **Agregar al carrito**



## ANALIZADOR DE REDES ELECTRICAS



**PRESUPUESTO**  
**N° 2603116**  
FECHA: 2026-04-21

<b>CLIENTE:</b>	CONSORCIO ELECTRICO DE VILLACURI SAC - CVC ENERGÍA - RUC: 20178344952		
<b>ATENCIÓN:</b>	GIANCARLOS FENCO	<b>CORREO:</b>	gfenco@cvcenergia.com.pe

#	Código	Producto	Plazo de Entrega	Cant	Pre/Uni	Subtotal
---	--------	----------	------------------	------	---------	----------

### ANALIZADOR DE REDES TRIFASICO MARCA:METREL MODELO: MI-2892

#### EU Con 4 pinzas flexibles

#### ANALIZADOR DE CALIDAD DE LA ENERGIA ELECTRICA

El equipo MI 2892EU es un analizador de redes trifásico, provisto de pantalla a color y teclado para configurarlo en campo, homologado por OSINERGMIN para evaluación de Calidad del Producto (Tensión + Perturbaciones) cumpliendo las normativas **IEC 62586-1** y **IEC 62586-2**, análisis de consumo de energía eléctrica, armónicos, flicker y transitorios, se puede configurar para sistemas: monofásicos, bifásicos, Aaron, trifásicos 3 y 4 hilos y aplicación en Paneles Solares (Inversor monofásico y trifásico), para su almacenamiento posee una memoria MicroUSB de 8GB grabando hasta más de 60 días de información en periodos de 10/15min; el equipo también puede medir **indirectamente** los parámetros en MT, a través de sus sondas de tensión al secundario del TT y de las pinzas **A 1588 (opcional)** que deben ser instaladas en el secundario del TC. El software **PowerView 3** permite el análisis de los datos y realiza informes profesionales en base a normas: **NTCSE (OSINERGMIN)**, EN 50160, informe **IEE519** entre otros. El equipo posee una herramienta muy útil llamada Comprobación de la Conexión para asegurar una instalación correcta de las sondas de tensión y corriente, también permite configurar autorango para la medición de corriente. Su pantalla a color y gráficos son muy didácticos.

#### Características técnicas:

- **Tensión (5 canales) L-N: 50 hasta 1000Vrms, precisión 0.1% IEC 61000-4-30 Clase A.**

- Corriente (4 canales): 3 hasta 3000Arms (con la pinza A1227), hasta 6000 A (Opcional: pinza A1446).

- Potencia/Energía: Activa, reactiva y aparente/total (depende del tipo de pinza y la tensión).

- Armónicos: 0 hasta 20% de la nominal, en tensión y corriente desde el 1 al 50avo armónico.

- Flicker: 0.2 hasta 10.

- Desbalance: 0 hasta el 5% en tensión y 20% en corriente.

- Medición de temperatura: -10°C hasta 85°C, 0.5°C de precisión.

- Nivel de protección: **IP40**.

- Grabación de forma de onda: activación por tensión, corriente, eventos de tensión o alarmas.

- **Grabación de transitorios: 50k muestras/segundo, muestra tensión y corriente en simultáneo.**

- Puerto Ethernet: para control remoto completo del equipo a través de internet.

- **Modo de descarga de información:** Directo de la memoria MicroSD, desde el puerto USB por cable, desde puerto Ethernet

- Sincronización de fecha y hora satelital: **Con accesorio opcional A 1355.**

#### Accesorios:

- 04 Pinzas flexibles modelo A1227 (Tres rangos de corriente 30/300/3000 A).

- 05 Puntas de prueba (verde, marrón, azul, negro, gris).

- 05 Adaptadores tipo cocodrilos (verde, marrón, azul, negro, gris).

- 05 Cables de medición de tensión (verde, marrón, azul, negro, gris).

- 01 Sonda de temperatura.

- 01 Memoria MicroUSB de 8GB + 01 Lector de memoria MicroUSB a USB

- Cable USB y Ethernet.

- 01 Cargador + 06 Baterías recargables tipo AA 1.2V NIMH.

- 01 Maleta de protección profesional impermeable

- 01 Manual de Instrucciones + 01 Software PowerView (Descarga de la página Web de Metrel) y Certificado de calibración.

**Nota:** Incluye capacitación de uso y manejo del MI-2892 por plataforma Zoom, o presencial en Lima (coordinar terminos con el vendedor los detalles).

#### Especificaciones Técnicas

#### REF. ITEM 2



3

MI 2892  
EU

STOCK

1

\$ 4,850.00

\$ 4,850.00

## MEDIDOR DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

#	Código	Producto	Plazo de Entrega	Cant	Pre/Uni	Subtotal
4	MD-5060X	<p><b>MEGOHMETRO HASTA 5 KV MARCA:MEGABRAS MODELO: MD-5060x 5000 V</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pantalla digital LCD alfanumérica.</li> <li>4 tensiones de prueba preseleccionadas: 500 V - 1 kV - 2,5 kV - 5 kV. Otras tensiones de prueba pueden ser seleccionadas en pasos de 100 V o 500 V.</li> <li>Medición de resistencia de aislamiento: hasta 5 TΩ.</li> <li>Mediciones adicionales: índice de polarización PI, índice de absorción DAR, ensayos pasa / no pasa y de escalones de tensión.</li> <li>Software Megalogg para análisis y generación de reportes</li> <li>Memoria interna (hasta 4.000 valores medidos), interface USB e impresora incorporada</li> <li>Alimentación: batería recargable de larga vida útil (2,000 ciclos de carga)</li> <li>Grado de protección: IP65, con tapa cerrada</li> <li>Incluye maletín de transporte con accesorios de prueba</li> <li>Se suministra con certificado de calibración</li> <li>* Para mayor información vea el catálogo adjunto.</li> </ul> <p>Nota: Con tensión de 500 V alcanza hasta 500 GΩ</p>	STOCK	1	\$ 1,830.00	\$ 1,830.00

"Desde el mes de febrero, las capacitaciones correspondientes de este equipo, se brindará bajo la modalidad virtual y general. Para su participación, se deberá coordinar previamente con su ejecutiva(o) de ventas."

[Especificaciones Técnicas](#)

REF. ITEM 3



## MEDIDOR DE PUESTA A TIERRA

#	Código	Producto	Plazo de Entrega	Cant	Pre/Uni	Subtotal
7	EM-4058	<p><b>TELURÓMETRO, RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA Y RESISTIVIDAD MARCA:MEGABRAS MODELO: EM4058</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Resistencia de puesta a tierra</li> <li>Resistividad del suelo (Método de Wenner)</li> <li>Medición de las tensiones espurias</li> <li>Pantalla digital LCD alfanumérica</li> <li>Rango de medición de resistencia: 0 hasta <b>20 kohm</b>. Resolución: <b>0.01 ohm</b></li> <li>Rango de resistividad del terreno: 0 hasta 50 kohm-m Resolución: 0.01 ohm-m</li> <li>Lectura directa de la resistividad, aplicando método de Wenner</li> <li>Frecuencias de operación : <b>270 Hz, 570Hz, 870 Hz, 1,170 Hz y 1,470 Hz.</b></li> <li>Control remoto a través de un Smartphone/Tablet (Android) con aplicativo BlueLogg</li> <li>Software MegaLogg 3</li> <li>Memoria interna e <b>impresora incorporada</b></li> <li>Alimentación: <b>batería recargable</b> de larga vida útil (2,000 ciclos de carga)</li> <li>Incluye maletín de transporte con accesorios de prueba</li> <li><b>Se suministra con certificado de calibración del fabricante.</b></li> </ul>	STOCK SALVO VENTA	1	\$ 1,410.00	\$ 1,410.00

"Desde el mes de febrero, las capacitaciones correspondientes de este equipo, se brindará bajo la modalidad virtual y general. Para su participación, se deberá coordinar previamente con su ejecutiva(o) de ventas."

[Especificaciones Técnicas](#)

REF. ITEM 4



## INSTRUMENTOS ELÉCTRICOS PORTÁTILES

#	Código	Producto	Plazo de Entrega	Cant	Pre/Uni	Subtotal
10	376 FC	<p><b>PINZA AMPERIMETRICA CON PINZA FLEX MARCA:FLUKE MODELO: 376 FC</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rango de corriente AC / DC : 999,9 A</li> <li>• Rango de corriente <b>con Sonda FLEXIBLE : max 2500 Aac</b></li> <li>• Medida de tensión de CA y CC de 1.000 V</li> <li>• Valor eficaz de voltaje y corriente para obtener mediciones exactas en señales no lineales</li> <li>• Se suministra con:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 sonda de corriente <b>modelo iFlex i2500-18</b></li> <li>- 1 par de puntas de prueba.</li> <li>- 1 manual de uso.</li> <li>- 1 correa de sujeción magnética</li> <li>- 1 estuche de transporte</li> </ul> </li> </ul> <p><b>ITEM 5 -KIT DE INSTRUMENTO</b></p>	STOCK	1	\$ 810.00	\$ 810.00



#	Código	Producto	Plazo de Entrega	Cant	Pre/Uni	Subtotal
12	MD-9050-EST	<p><b>MULTIMETRO DIGITAL MARCA:METREL MODELO: MD-9050 Con termocupla</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje de CC, voltaje máximo 1000V, mejor precisión 0.06%.</li> <li>• Voltaje de CA, voltaje máximo 1000V, mejor precisión 0.5%.</li> <li>• Corriente CC, corriente máximo 10A, mejor precisión 0.2%, 20A durante 30s.</li> <li>• Corriente CA, corriente máximo 10A, mejor precisión 0.6%, 20A durante 30s.</li> <li>• Resistencia 60M<math>\Omega</math>, precisión 1.5%</li> <li>• Capacitancia máxima: 25000uF, mejor precisión 0.8%</li> <li>• Frecuencia circuitos electró.: 5Hz hasta 1000KHz.</li> <li>• Ciclo de trabajo: 0.00% hasta 100.00%.</li> <li>• <b>Medición de temperatura por sonda: -50°C hasta 1000.0°C, precisión 0.3%.</b></li> <li>• Conductancia máxima: 99.9nS, precisión 0.8%.</li> <li>• Diodo: 2.000V, precisión 1%.</li> <li>• Medición de temperatura. MAX/MIN/AVG, Data hold y Peak Hold.</li> <li>• Permite descarga de resultados a PC(interfaz óptica) mediante software (opcional)</li> <li>• Pantalla doble LCD amplia y luminosa de 4 dígitos y 9999 cuentas para trabajar en condiciones de oscuridad.</li> <li>• Detección de campo eléctrico sin contacto.</li> </ul> <p>• Incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Termocupla tipo K.</li> <li>• Holster protector</li> <li>• Puntas de prueba, rojo y negro.</li> <li>• Batería 9V.</li> <li>• Manual de instrucciones.</li> </ul> <p><a href="#">Especificaciones Técnicas</a></p> <p><b>ITEM 5 -KIT DE INSTRUMENTO</b></p>	STOCK	1	\$ 275.00	\$ 275.00



#	Código	Producto	Plazo de Entrega	Cant	Pre/Uni	Subtotal
14	2131.12	<b>DETECTOR DE TENSION MULTIRANG 80V-275KV MARCA:AEMC</b> <b>MODELO: 275HVD 80 V hasta 275KV</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Opera con tensiones desde 80V hasta 275KV.</li> <li>Rangos: <b>240 V / 2 / 6 / 11 / 22 / 33 / 132 / 275 KV.</b></li> <li>Indicación acústica y visual ante la presencia de tensión.</li> <li>Detecta la presencia de alto voltaje sin contacto físico. Posee un interruptor giratorio de <b>8 posiciones</b> selecciona el rango de detección. Un zumbador y una luz de advertencia roja advierten al operador sobre conductores con tensión. La posición de autoprueba garantiza que todos los circuitos y anunciadores funcionen correctamente antes de su uso.</li> <li>se suministra con estuche rígido y adaptador para pértiga.</li> </ul>	STOCK	1	\$ 404.80	\$ 404.80

[Especificaciones Técnicas](#)  
**ITEM 5 -KIT DE INSTRUMENTO**



SODIMAC

Menú

Buscar en Sodimac

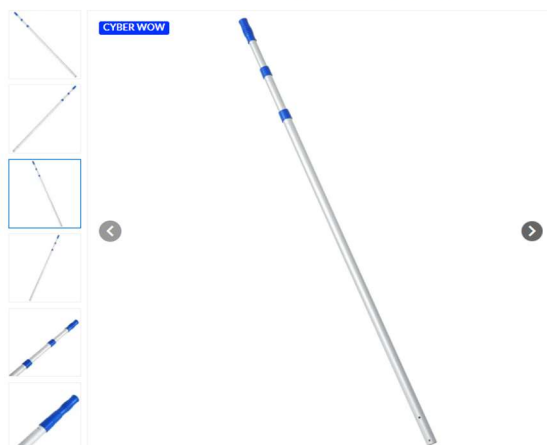


Hola,  
Inicia s

Ingresar tu ubicación

Servicios Ofertas

Home > Jardín y terraza - Piscinas, spa e inflables > Mantenimiento de piscinas > Químicos de Piscina y Dispensadores



HUMBOLDT | Pertiga Extensible 1.39 a 3.6m

Vendido por Sodimac

★★★★★ 4.7 (26)

S/ 69.90

Abre tu CMR y ahorra S/100

Cupón: CMR10

- 1 +

Agregar al carro

Este producto tiene [derecho a retracto](#)

Cód. del producto: 132064170 | Cód. tienda: 9046968

Lo más comprado con este producto

Seleccionar todos (1 producto)



## LICENCIA E IMPLEMENTACIÓN SOFTWARE CMMS

eMaint CMMS Planes y precios Funcionalidades Reseñas

Comparar software Ver precio

Preventivo

Programa de Órdenes de Trabajo

### eMaint CMMS precios en Perú

**Profesional**

3 o más usuarios.

Incluye todo lo del plan Equipo más

Conjunto de características avanzadas

**\$ 311 PEN**  
Miembro / Mes

Comenzar

**Empresarial**

5 o más usuarios

Incluye todo lo del plan Profesional más

Solicitudes ilimitadas de usuarios

**\$ 438 PEN**  
Miembro / Mes

Comenzar

**Equipo**

3 usuarios

**\$ 121 PEN**  
Mes

Comenzar

## CALIBRACIONES DE INSTRUMENTOS



LABORATORIO DE CALIBRACIONES  
Formato: SIG-PRO-005.FOR04  
Página: 1 de 3  
Fecha: 2025-10-27

### PROFORMA N° 2501278

Sres:  
**20178344952 CONSORCIO ELECTRICO DE VILLACURI SAC**

Referencia:

Atención:  
**ROSA YESSSENIA CAPAC QUIROZ**  
rcapac@cvcenergia.com.pe

#	INSTRUMENTO/ITEM	SERVICIO/TRABAJO A REALIZAR	P. ENTREGA	PRECIO
1	TELUROMETRO MEGABRAS	SERVICIO DE CALIBRACION Capacidad de calibración del Laboratorio: • Resistencia: 1 - 20 kΩ Se emite Certificado de Calibración Digital (formato PDF). Servicio con trazabilidad a INACAL.	4_5DIAS	S/ 200,00
4	MULTIMETRO METREL	SERVICIO DE CALIBRACION Servicio de calibración Acreditado - Inacal Método de calibración: • PC-021 Procedimiento para la calibración de multimetros dig. - 2da versión • PC-025 Procedimiento para la calibración de pinzas amperim. - 1ra versión Se emite certificado de calibración acreditado en formato digital (PDF). Alcance (CMC): <a href="https://www.gob.pe/institucion/inacal/informes-publicaciones/6777948-42-logytec-s-a">https://www.gob.pe/institucion/inacal/informes-publicaciones/6777948-42-logytec-s-a</a>	4_5DIAS	S/ 300,00
7	PINZA MULTIMETRICA FLUKE 376FC Serie: 6691060001 / Código	SERVICIO DE CALIBRACION Servicio de calibración Acreditado - Inacal Método de calibración: • PC-021 Procedimiento para la calibración de multimetros dig. - 2da versión • PC-025 Procedimiento para la calibración de pinzas amperim. - 1ra versión Se emite certificado de calibración acreditado en formato digital (PDF). Alcance (CMC): <a href="https://www.gob.pe/institucion/inacal/informes-publicaciones/6777948-42-logytec-s-a">https://www.gob.pe/institucion/inacal/informes-publicaciones/6777948-42-logytec-s-a</a>	4_5DIAS	S/ 300,00
9	ANALIZADOR DE REDES TRIFASICO MI-2892 EU	SERVICIO DE CALIBRACION Capacidad de calibración del Laboratorio: • Voltaje AC: 1 V - 1000 V • Corriente AC: 1 A - 20 A Se emite Certificado de Calibración Digital (formato PDF).	4_5DIAS	S/ 400,00
11	CAMARA TERMOGRAFICA FLIR E8 PRO	SERVICIO DE CALIBRACION Alcance de la calibración: Temperatura: 50 °C - 350 °C, 5 puntos en 50°C, 100°C, 150°C, 200°C y 250°C (consultar para otros puntos). Se emite Certificado de Calibración Digital (formato PDF).	4_5DIAS	S/ 300,00
5	MEGOMETRO MD-5060x	SERVICIO DE CALIBRACION Servicio de calibración Acreditado - Inacal Método de calibración: • Resistencia de aislamiento: desde 1 MΩ hasta 5 TΩ • Tensión de prueba: 500 V, 1 kV, 2.5 kV y 5 kV Se emite certificado de calibración acreditado en formato digital (PDF). Alcance (CMC): <a href="https://www.gob.pe/institucion/inacal/informes-publicaciones/6777948-42-logytec-s-a">https://www.gob.pe/institucion/inacal/informes-publicaciones/6777948-42-logytec-s-a</a>	4_5DIAS	S/ 300,00

## CAPACITACIÓN TÉCNICA EN CBM PARA PERSONAL DE MANTENIMIENTO

Capacitación técnica en CBM para personal de mantenimiento				
Descripción del insumo / actividad	Unid.	Cant.	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Honorario de instructor especialista en CBM/mantenimiento predictivo (certificado ISO 18436)	h	24	250	<b>6,000.00</b>
Material didáctico: guías, manuales técnicos, fichas de trabajo (impresión y digital)	glb	1	800	<b>800</b>
Alquiler de sala de capacitación equipada (proyector, ecran, aire acondicionado)	día	3	400	<b>1,200.00</b>
Certificado de capacitación por participante (avalado por IPEMAN / COPIMAN)	und	5	80	<b>400</b>
Refrigerios y coffee break para participantes (3 días x 5 personas)	glb	1	600	<b>600</b>
Plataforma e-learning / grabación de sesiones (acceso 6 meses)	glb	1	500	<b>500</b>
<b>TOTAL PARTIDA</b>				<b>9,500.00</b>

## ASISTENCIA TÉCNICA ESPECIALIZADA PARA CONFIGURACIÓN INICIAL

Asistencia técnica especializada para configuración inicial del sistema				
Descripción del insumo / actividad	Unid.	Cant.	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Ingeniero especialista en sistemas CBM/mantenimiento predictivo eléctrico (tarifa diaria)	día	10	500	<b>5,000.00</b>
Técnico en instrumentación eléctrica (apoyo en configuración de equipos)	día	10	300	<b>3,000.00</b>
Movilidad y viáticos del equipo consultor (traslados internos Lima)	día	10	120	<b>1,200.00</b>
Elaboración de procedimientos operativos y protocolos de medición (entregables)	glb	1	1,500.00	<b>1,500.00</b>
Revisión y validación de parámetros límite de alerta por equipo crítico	glb	1	600	<b>600</b>
Informe técnico final de configuración con respaldo fotográfico y anexos	glb	1	700	<b>700</b>
<b>TOTAL PARTIDA</b>				<b>12,000.00</b>

## HH-HH DE LEVANTAMIENTO DE LINEA BASE. PARAMETRIZACIÓN E INSPECCIÓN INICIAL

Horas-hombre de levantamiento de línea base, parametrización e inspección inicial				
Descripción del insumo / actividad	Unid.	Cant.	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Ingeniero de confiabilidad – levantamiento de inventario de activos críticos	h-h	16	125	<b>2,000.00</b>
Técnico en mantenimiento – recolección de datos de placa y estado operativo de equipos	h-h	24	62.5	<b>1,500.00</b>
Ingreso y parametrización de activos en CMMS (ficha técnica, jerarquía, criticidad)	h-h	20	100	<b>2,000.00</b>
Inspección visual e instrumental inicial de tableros, transformadores	h-h	16	100	<b>1,600.00</b>
Elaboración de matriz de criticidad y selección de equipos piloto CBM	h-h	8	125	<b>1,000.00</b>
Fotografía técnica, etiquetado de equipos y registro en formatos de línea base	h-h	8	62.5	<b>500</b>
<b>TOTAL PARTIDA</b>				<b>8,600.00</b>

## INSTALACIÓN, PRUEBAS FUNCIONALES Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

Instalación, pruebas funcionales y puesta en marcha del sistema				
Descripción del insumo / actividad	Unid.	Cant.	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Técnico electricista – instalación física de equipos de medición y sensores	h-h	16	62.5	1,000.00
Ingeniero supervisor – dirección técnica de instalación y configuración	h-h	8	125	1,000.00
Pruebas funcionales de instrumentos: verificación de lecturas, alarmas y comunicación	glb	1	600	600
Prueba de comunicación CMMS – dispositivos de medición (integración de datos)	glb	1	400	400
Protocolo de aceptación y acta de puesta en marcha (documentos entregables)	glb	1	300	300
Materiales menores de instalación: amarres, canaletas, etiquetas, tornillería	glb	1	600	600
<b>TOTAL PARTIDA</b>				<b>3,900.00</b>

## INSTALACIÓN, PRUEBAS FUNCIONALES Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

Insumos técnicos y repuestos menores para implementación piloto				
Descripción del insumo / actividad	Unid.	Cant.	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cables de prueba y puntas de medición para instrumentos (set repuesto)	set	3	120	360
Baterías de repuesto para instrumentos portátiles (AA, C, 9V – por modelo)	glb	1	180	180
Tarjetas SD / memorias USB para almacenamiento de datos de campo	und	4	55	220
Etiquetas de identificación de activos (impresión industrial, resistente a aceite y calor)	cent	2	90	180
Cinta aislante, bridas plásticas, amarres y accesorios de montaje	glb	1	150	150
Maletines de transporte y estuches de protección para instrumentos	und	2	180	360
Guantes dieléctricos Cat. 00 / equipos de protección personal básico (EPP)	par	3	185	555
Formularios de inspección (impresión de formatos físicos y plastificado)	glb	1	200	200
Marcadores permanentes, cinta metálica para etiquetado de puntos de medición	glb	1	95	95
Tóner / papel para impresión de informes de campo (provisión piloto 3 meses)	glb	1	250	250
Repuestos menores de instrumentos (fusibles de protección, sondas de temperatura)	glb	1	350	350
Costo de flete / courier para traslado de equipos a calibración y retorno	glb	1	200	200
<b>TOTAL PARTIDA</b>				<b>3,100.00</b>