

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac
Amaru nivel II-E de la región Cusco mediante el
mantenimiento basado en condición (CBM) periodo -
2021**

Vidal Silvio Álvarez Quispe

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Cusco, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Dr. Felipe Néstor Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : M.Sc. Boris Ernesto D'Angles Woolcott
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 13 de Setiembre de 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL TÚPAC AMARU NIVEL II-E DE LA REGIÓN CUSCO MEDIANTE EL MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN (CBM) PERIODO - 2021", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) ALVAREZ QUISPE, Vidal Silvio, de la E.A.P. de Ingeniería Eléctrica; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 5) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Asesor de tesis

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Vidal Silvio Alvarez Quispe, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 23818655, de la E.A.P. de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL TÚPAC AMARU NIVEL II-E DE LA REGIÓN CUSCO MEDIANTE EL MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN (CBM) PERIODO - 2021", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.



12 de setiembre del 2023.

Vidal Silvio Alvarez Quispe

DNI. No. 23818655

OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL TÚPAC AMARU NIVEL II-E DE LA REGIÓN CUSCO MEDIANTE EL MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN (CBM) PERIODO - 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|--|----|
| 1 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 2% |
| 2 | www.redalyc.org Fuente de Internet | 2% |
| 3 | 1library.co Fuente de Internet | 1% |
| 4 | www.coursehero.com Fuente de Internet | 1% |
| 5 | repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 6 | docplayer.es Fuente de Internet | 1% |
| 7 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 8 | repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet | 1% |

| | | |
|----|--|------|
| 9 | cimogsys.espoch.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 10 | repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 11 | repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 12 | energypedia.info Fuente de Internet | <1 % |
| 13 | mafiadoc.com Fuente de Internet | <1 % |
| 14 | repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 15 | repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 16 | doku.pub Fuente de Internet | <1 % |
| 17 | www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet | <1 % |
| 18 | www.slideshare.net Fuente de Internet | <1 % |
| 19 | www.energymed.com.co Fuente de Internet | <1 % |
| 20 | www.himoinsa.com Fuente de Internet | <1 % |

| | | |
|----|--|------|
| 21 | www.elecgalapagos.com.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 22 | bibliotecadigital.univalle.edu.co Fuente de Internet | <1 % |
| 23 | www.controlrecursosyenergia.gob.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 24 | es.scribd.com Fuente de Internet | <1 % |
| 25 | www.ht-instruments.com Fuente de Internet | <1 % |
| 26 | hispanofil.es Fuente de Internet | <1 % |
| 27 | repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 28 | repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 29 | todosloshechos.es Fuente de Internet | <1 % |
| 30 | repositorio.unam.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 31 | www.htinstruments.es Fuente de Internet | <1 % |
| 32 | repositorio.ecci.edu.co Fuente de Internet | <1 % |

| | | |
|----|--|------|
| 33 | www.investinperu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 34 | repositorio.unid.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 35 | repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 36 | vsip.info Fuente de Internet | <1 % |
| 37 | qdoc.tips Fuente de Internet | <1 % |
| 38 | core.ac.uk Fuente de Internet | <1 % |
| 39 | e-archivo.uc3m.es Fuente de Internet | <1 % |
| 40 | repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 41 | repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 42 | www.scribd.com Fuente de Internet | <1 % |
| 43 | repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 44 | zonasegura.seace.gob.pe Fuente de Internet | <1 % |

| | | |
|----|---|------|
| 45 | repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 46 | idoc.pub Fuente de Internet | <1 % |
| 47 | ri.ues.edu.sv Fuente de Internet | <1 % |
| 48 | issuu.com Fuente de Internet | <1 % |
| 49 | tangara.uis.edu.co Fuente de Internet | <1 % |
| 50 | www.mef.gob.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 51 | repositorio.unemi.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 52 | GEIAS CONSULTORES S.A.C.. "DAA de la Lavandería Enciso dedicada al Lavado y Limpieza, incluida la Limpieza en Seco de Productos Textiles y de Piel-IGA0014107", R.D. N° 254-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2021 Publicación | <1 % |
| 53 | dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 54 | repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |

| | | |
|----|--|------|
| 55 | repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 56 | www.ejournal.unam.mx Fuente de Internet | <1 % |
| 57 | fddocuments.es Fuente de Internet | <1 % |
| 58 | Marco Antonio Mora-Barajas, Pedro Bañuelos-Sánchez. "Contaminación armónica producida por cargas no lineales de baja potencia: modelo matemático y casos prácticos", Ingeniería, investigación y tecnología, 2010 Publicación | <1 % |
| 59 | repositoriodspace.unipamplona.edu.co Fuente de Internet | <1 % |
| 60 | www.nxtbook.com Fuente de Internet | <1 % |
| 61 | saamiseg.com Fuente de Internet | <1 % |
| 62 | www.monografias.com Fuente de Internet | <1 % |
| 63 | anes.org.mx Fuente de Internet | <1 % |
| 64 | docobook.com Fuente de Internet | <1 % |

65

documentop.com

Fuente de Internet

<1 %

66

repositorio.ulc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

67

vbook.pub

Fuente de Internet

<1 %

68

www.app.minsa.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

69

www.ciencias.holguin.cu

Fuente de Internet

<1 %

70

bdigital.unal.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

71

documents1.worldbank.org

Fuente de Internet

<1 %

72

es.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

73

"Variables de gestión y rendimiento académico : un análisis de regresión lineal de los resultados SIMCE 2013 de matemática de cuarto año básico", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2016

Publicación

<1 %

74

creativecommons.org

Fuente de Internet

<1 %

eprints.ucm.es

75

Fuente de Internet

<1 %

76

nelleinanlorsugin.hatenablog.com

Fuente de Internet

<1 %

77

www.elnorte.com.ve

Fuente de Internet

<1 %

78

www.polodelconocimiento.com

Fuente de Internet

<1 %

79

www.procobreperu.org

Fuente de Internet

<1 %

80

www.tdx.cat

Fuente de Internet

<1 %

81

ciencia.lasalle.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

82

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

83

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

84

www.przetargi.info

Fuente de Internet

<1 %

85

www.sfe-solar.com

Fuente de Internet

<1 %

86

zagan.unizar.es

Fuente de Internet

<1 %

| | | |
|----|--|------|
| 87 | apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 88 | archive.org Fuente de Internet | <1 % |
| 89 | cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 90 | ftp.fgm.at Fuente de Internet | <1 % |
| 91 | repositorio.escuelamilitar.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 92 | repositorio.uigv.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 93 | worldwidescience.org Fuente de Internet | <1 % |
| 94 | www.cimenl.org Fuente de Internet | <1 % |
| 95 | www.iaclid.ir Fuente de Internet | <1 % |
| 96 | www.promelsa.com.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 97 | www.sandc.com.mx Fuente de Internet | <1 % |
| 98 | FC INGENIERIA Y SERVICIOS AMBIENTALES SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "DIA de 04 | <1 % |

Planteles de Engorde con Galpones Automáticos Dark House - Olmos-IGA0013902", R.D.G. N° 069-2018-MINAGRI-DVDIAR-DGAAA, 2021

Publicación

| | | |
|-----|--|------|
| 99 | ciberindex.com Fuente de Internet | <1 % |
| 100 | documents.mx Fuente de Internet | <1 % |
| 101 | elpais.com Fuente de Internet | <1 % |
| 102 | elvasocanopo.blogspot.com Fuente de Internet | <1 % |
| 103 | ojs.ukrlogos.in.ua Fuente de Internet | <1 % |
| 104 | publicaciones.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 105 | recursosbiblio.url.edu.gt Fuente de Internet | <1 % |
| 106 | repositorio.ual.es Fuente de Internet | <1 % |
| 107 | repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 108 | repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |

| | | |
|-----|---|------|
| 109 | www.acms.es Fuente de Internet | <1 % |
| 110 | www.ceapa.es Fuente de Internet | <1 % |
| 111 | www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 112 | www.misterhelmet.com Fuente de Internet | <1 % |
| 113 | www.sener.gob.mx Fuente de Internet | <1 % |
| 114 | www.setravi.df.gob.mx Fuente de Internet | <1 % |
| 115 | SGS DEL PERÚ S.A.C.. "PAMA de la Planta Chimbote Astillero de la Empresa Servicio Industrial de la Marina-IGA0014947", Oficio N° 0125-2004-PRODUCE/VMI/DNI-DIMA, 2021 Publicación | <1 % |
| 116 | www.osinergmin.gob.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 117 | repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 5 words

Excluir bibliografía

Activo

AGRADECIMIENTOS

Con estas palabras, principalmente, quiero agradecer a Dios y a todos los que han hecho posible este proyecto y que han estado conmigo, de alguna manera, en los momentos difíciles, felices y tristes.

Estas palabras están escritas para ustedes:

Gracias a mi esposa e hijos por su cariño, comprensión y apoyo, pero, sobre todo, por su infinita gratitud y la paciencia que me han demostrado. Las palabras no son suficientes para agradecerles por apoyarme en todas las decisiones que he tomado en mi vida innumerables veces, algunas buenas, otras malas y algunas locas. Gracias por darme la libertad de desarrollarme como persona.

A mis profesores y amigos. Lo comparto con todos dentro y fuera del aula. Aquellos amigos que me han apoyado desinteresadamente, se convertirán en mis compañeros.

Gracias por su apoyo y diversión.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis queridos padres, que en paz descansan, por su esfuerzo y las metas alcanzadas. Esto refleja la dedicación y el amor que invirtieron en sus hijos.

Gracias a mis padres soy lo que soy, por eso, orgullosamente y con la frente muy en alto, dedico este trabajo a Don Ruperto Álvarez Quispe y a Doña Teófila Quispe Larota, mi mayor inspiración hacia ellos, por ser quienes me dieron su bendición para llegar a mi mayor meta en mi formación académica.

A mis hijos, que son mi fuente de autosuperación y me dieron la convicción, perseverancia y voluntad para seguir adelante sin rendirme. Son el mejor regalo en mi vida.

A mis docentes, por su empeño y disciplina en mi formación académica, siendo ejemplos a seguir en mi vida profesional.

A mis compañeros y futuros colegas, por brindarme un ambiente de trabajo armonioso y de cooperación, enseñándome el trabajo en equipo.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| AGRADECIMIENTOS | ii |
| DEDICATORIA | iii |
| ÍNDICE GENERAL | iv |
| ÍNDICE DE TABLAS | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | x |
| RESUMEN..... | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO..... | 5 |
| 1.1 Planteamiento y formulación del problema | 5 |
| 1.1.1 <i>Planteamiento del problema.</i> | 5 |
| 1.1.2 <i>Formulación del problema.</i> | 7 |
| 1.1.2.1 Problema general..... | 7 |
| 1.1.2.2 Problemas específicos..... | 7 |
| 1.2 Objetivos | 8 |
| 1.2.1 <i>Objetivo general.</i> | 8 |
| 1.2.2 <i>Objetivos específicos.</i> | 8 |
| 1.3 Justificación e importancia | 9 |
| 1.3.1 <i>De la metodología.</i> | 11 |
| 1.3.2 <i>Importancia de la menor posibilidad de fallo en los sistemas eléctricos.</i> 11 | |
| 1.3.3 <i>Análisis de la criticidad.</i> | 13 |
| 1.3.4 <i>La mejora del impacto ambiental.</i> | 13 |
| 1.3.5 <i>El Incremento de la capacidad resolutive.</i> | 13 |
| 1.3.6 <i>La disminución de costes de mantenimiento.</i> | 14 |
| 1.3.7 <i>Reducción de costo de energía eléctrica.</i> | 14 |
| 1.4 Hipótesis y descripción de variables..... | 15 |
| 1.4.1 <i>Hipótesis.</i> | 15 |
| 1.4.2 <i>Hipótesis específicas.</i> | 15 |
| 1.4.3 <i>Descripción de variables.</i> | 16 |

| | | |
|-------------|---|----|
| 1.4.3.1 | Variable independiente. | 16 |
| 1.4.3.2 | Variable dependiente..... | 16 |
| CAPÍTULO II | BASES TEÓRICAS | 17 |
| 2.1 | Antecedentes de la investigación. | 17 |
| 2.1.1 | <i>Antecedentes de falla del sistema de energía eléctrica del Hospital Túpac Amaru II-E Región Cusco.</i> | 17 |
| 2.1.2 | <i>Antecedentes internacionales.</i> | 18 |
| 2.1.3 | <i>Antecedentes nacionales.</i> | 22 |
| 2.2 | Bases teóricas..... | 23 |
| 2.2.1 | <i>Mantenimiento Basado en Condición (CBM).</i> | 23 |
| 2.2.1.1 | Definición..... | 23 |
| 2.2.1.2 | Principios..... | 24 |
| 2.2.1.3 | Gestión de mantenimiento..... | 26 |
| 2.2.1.4 | Planificación..... | 28 |
| 2.2.1.5 | Metodología. | 31 |
| 2.2.1.6 | Supervisión. | 32 |
| | Los supervisores de mantenimiento juegan un papel clave en la mejora continua, la salud y viabilidad de su área y la confiabilidad de cualquier planta. Por lo tanto, es extremadamente importante que quienes desempeñan este rol comprendan cómo su liderazgo y sus acciones serán una fuerza impulsora para demostrar la importancia del mantenimiento y la confiabilidad (14). | 32 |
| 2.2.1.7 | Ventajas y desventajas de la aplicación de CBM. | 36 |
| 2.2.1.8 | Indicadores básicos de mantenimiento. | 38 |
| 2.2.2 | <i>Calidad de energía y eficiencia energética.</i> | 39 |
| 2.2.2.1 | Calidad de energía. | 39 |
| 2.2.2.2 | Eficiencia energética. | 41 |
| 2.2.2.3 | Contaminación energética..... | 41 |
| 2.2.2.4 | Armónicos. | 43 |
| 2.2.2.5 | Flícker. | 45 |
| 2.2.2.6 | Muecas. | 46 |

| | | |
|--|---|----|
| 2.2.2.7 | Ruido..... | 47 |
| 2.2.3 | <i>Calidad de producto de energía eléctrica.</i> | 47 |
| 2.2.4 | <i>Sistema de protección sobre descargas atmosféricas (Pararrayos).</i> | 48 |
| 2.2.5 | <i>Normas técnicas.</i> | 49 |
| CAPÍTULO III METODOLOGÍA | | 51 |
| 3.1 | Metodología y alcance de la investigación | 51 |
| 3.1.1 | <i>Método de la investigación.</i> | 51 |
| 3.1.2 | <i>Alcance de la Investigación.</i> | 51 |
| 3.2 | Diseño de la investigación..... | 52 |
| 3.3 | Población y muestra..... | 52 |
| 3.3.1 | <i>Población.</i> | 52 |
| 3.3.2 | <i>Determinación de la muestra.</i> | 52 |
| 3.3.3 | <i>Criterios de selección de la muestra.</i> | 54 |
| 3.4 | Técnicas e instrumentos de recolección de datos. | 54 |
| 3.4.1 | <i>Recolección de datos.</i> | 55 |
| 3.4.2 | <i>Instalación de analizador de redes en el suministro de baja tensión.</i> ... | 56 |
| 3.4.2.1 | Características principales del equipo. | 57 |
| 3.4.2.2 | Características técnicas..... | 58 |
| 3.4.3 | <i>La encuesta.</i> | 61 |
| 3.4.4 | <i>Observación directa.</i> | 61 |
| 3.4.5 | <i>Procesamiento de datos.</i> | 63 |
| CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 64 |
| 4.1 | Diagnóstico de la situación actual..... | 64 |
| 4.1.1 | <i>Información general reseña histórica.</i> | 64 |
| 4.1.2 | <i>Revisión visual.</i> | 68 |
| 4.1.3 | <i>Sistema de Iluminación.</i> | 69 |
| 4.1.4 | <i>Cargas instaladas.</i> | 71 |
| 4.1.5 | <i>Alimentadores y sus componentes.</i> | 76 |
| 4.1.5.1 | Subestación tipo pad monted de 200 KVA. | 77 |
| 4.1.5.2 | Grupo electrógeno automático (ATS). | 78 |
| 4.1.5.3 | Especificaciones técnicas del grupo electrógeno. | 79 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 4.1.5.4 | Sistema de transferencia automática de 200 KVA..... | 79 |
| 4.1.6 | <i>Tableros eléctricos</i> | 80 |
| 4.1.6.1 | Especificaciones técnicas del tablero de transferencia. | 80 |
| 4.1.6.2 | Tablero general TG auto soportado. | 82 |
| 4.1.6.3 | Sistemas de respaldo. | 84 |
| 4.1.7 | <i>Sistemas de protección eléctrica</i> | 85 |
| 4.1.7.1 | Puesta a tierra. | 85 |
| 4.1.7.2 | Descripción del pozo. | 85 |
| 4.1.7.3 | Protocolo de medición de resistencia de puesta a tierra. | 86 |
| 4.1.8 | <i>Resultados después del análisis de fallos realizado en el sistema eléctrico</i> | 91 |
| 4.1.8.1 | Resultados obtenidos en la subestación. | 91 |
| 4.1.8.2 | Resultado de las mediciones y controles de calidad..... | 91 |
| 4.1.9 | <i>Análisis de resultados</i> | 108 |
| 4.2 | Prueba de hipótesis..... | 109 |
| 4.2.1 | <i>Prueba de hipótesis general</i> | 109 |
| 4.2.1.1 | Análisis de coeficiente de correlación. | 112 |
| 4.2.2 | <i>Prueba de hipótesis específico (a)</i> | 115 |
| 4.2.2.1 | Prueba T Student de las acciones de mejora. | 117 |
| 4.2.3 | <i>Prueba de hipótesis específica (b)</i> | 120 |
| 4.2.3.1 | La Prueba de T Student de frecuencia de mantenimiento. .. | 125 |
| 4.2.4 | <i>Prueba de hipótesis específica (c)</i> | 127 |
| 4.3 | Discusión de resultados | 130 |
| | Discusión | 130 |
| | CONCLUSIONES..... | 134 |
| | RECOMENDACIONES | 136 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 138 |
| | ANEXOS | 142 |
| | Anexo 1. Matriz de Consistencia..... | 142 |
| | Anexo 2. Matriz de Coherencia..... | 144 |
| | Anexo 4. Modelo de gestión de mantenimiento | 148 |

| | |
|---------------------------------------|-----|
| Anexo 5. Análisis de bloques..... | 149 |
| Anexo 6. Entrevista situacional | 150 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Planificación de mantenimiento en áreas más críticas del Hospital Tupac Amaru II-E | 29 |
| Tabla 2. Pasos propuestos para la metodología de CBM. | 31 |
| Tabla 3. Reglamento técnico peruano sobre eficiencia energética en área eléctrica ... | 50 |
| Tabla 4. Valores de iluminancia en Hospitales y Centros Médicos..... | 50 |
| Tabla 5. Resumen de costos | 56 |
| Tabla 6. Tableros de distribución Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de máxima demanda | 63 |
| Tabla 7. Detalle de las luminarias instaladas en el Hospital Tupac Amaru II-E | 69 |
| Tabla 8. Cuadro comparativo de eficiencia energética de luminarias..... | 71 |
| Tabla 9. Cargas instaladas en el Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco | 72 |
| Tabla 10. Tableros de distribución de Hospital Túpac Amaru Nivel II-E I máx. | 84 |
| Tabla 11. Medición de Puesta a tierra..... | 87 |
| Tabla 12. Esquema general de actividades de mantenimiento de sistemas eléctricos. | 88 |
| Tabla 13. Medición para determinar la correlación de los armónicos de la U y I en fase | 111 |
| Tabla 14. Análisis de consumo de I en horas punta del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E | 116 |
| Tabla 15. Cuadro de frecuencia de mantenimiento para análisis de Pearson | 119 |
| Tabla 16. Identificación y evaluación de instalaciones eléctricas del Hospital Tupac Amaru II-E | 122 |
| Tabla 17. Cuadro de frecuencia de mantenimiento para la prueba de T Student..... | 124 |
| Tabla 18. Frecuencia de mantenimiento para análisis de coeficiente de correlación de Pearson | 126 |
| Tabla 19. Cuadro de costos de mantenimiento del sistema eléctrico | 128 |
| Tabla 20. Cuadro de análisis del VAN y TIR | 129 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Flujo de trabajo para la aplicación de técnicas CBM en equipos | 12 |
| Figura 2. Árbol lógico de CBM Fuente: (Chalifoux,1999) | 26 |
| Figura 3. Mapa conceptual de la Estructura del sistema de Gestión | 28 |
| Figura 4. Circuito de esquematización de carga no lineal | 43 |
| Figura 5. Distorsión armónica en la forma de onda de tensión..... | 45 |
| Figura 6. Formas de onda con componentes armónicos e inter armónicos..... | 45 |
| Figura 7. Muestras de voltaje debido a dispositivos electrónicos de potencia | 46 |
| Figura 8. Analizador de redes eléctricas utilizado en la recolección de datos | 57 |
| Figura 9. Instalación del analizador de redes en la sub estación eléctrica del Hospital Tupac Amaru II- E..... | 60 |
| Figura 10. Analizador de redes instalado en la sub estación para monitorizar la calidad | 60 |
| Figura 11. Ubicación del Hospital Tupac Amaru Nivel II-E Región Cusco | 65 |
| Figura 12. Estructura Organizacional del Hospital Tupac Amaru Fuente: Red de Servicios de Salud Cusco Sur..... | 66 |
| Figura 13. Vista del Hospital Tupac Amaru E-II donde se realizó la investigación..... | 67 |
| Figura 14. Evidencia de las luminarias instaladas en el Hospital Tupac Amaru II-E que se encuentran instalados | 70 |
| Figura 15. Diagrama unifilar de distribución eléctrica de la SE, Quencoro Cusco | 78 |
| Figura 16. Tablero de transferencia | 81 |
| Figura 17. Módulo de control de transferencia automática general | 81 |
| Figura 18. Telurómetro utilizado en la medición Fuente: Panel fotográfico | 87 |
| Figura 19. Gráfica de las tensiones de fase 1-2, 2-3, 3-1 | 92 |
| Figura 20. Gráfica de las corrientes de fase (Promedio) | 93 |
| Figura 21. Gráfica de las corrientes de fase (Máximo) | 94 |
| Figura 22. Frecuencia (Promedio)..... | 95 |
| Figura 23. Gráfica de potencia activa..... | 96 |
| Figura 24. Potencia reactiva Inductiva | 97 |
| Figura 25. Potencia Reactiva Capacitiva..... | 97 |

| | |
|--|-----|
| Figura 26. Gráfica de Potencia Aparente (Promedio)..... | 98 |
| Figura 27. Gráfica de Potencia Aparente (Máxima) | 99 |
| Figura 28. Gráfico del factor de potencia inductivo y capacitivo | 100 |
| Figura 29. Armónico de tensión de tercer grado en las 3 fases..... | 101 |
| Figura 30. Armónico de tensión de quinto grado en las 3 fases | 102 |
| Figura 31. Armónico de tensión de séptimo grado en las 3 fases | 103 |
| Figura 32. Armónico de tensión de segundo grado en las 3 fases | 104 |
| Figura 33. Armónico de tensión de cuarto grado en las 3 fases..... | 105 |
| Figura 34. Armónico de tensión de sexto grado en las 3 fases | 106 |
| Figura 35. Armónico de tensión de octavo grado en las 3 fases | 107 |
| Figura 36. Armónicos de corriente (Promedio)..... | 108 |
| Figura 37. Gráfico de armónicos de la tensión y Corrientes..... | 112 |
| Figura 38. Coeficiente de correlación de Karl Pearson | 114 |
| Figura 39. Modelo de gestión de mantenimiento..... | 148 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco, durante los meses de enero y junio de 2022. El objetivo general es diseñar un sistema de gestión de mantenimiento CBM (Basado en Condición) del sistema eléctrico para optimizar el sistema de distribución de energía eléctrica y establecer la relación que existe entre la eficiencia energética con los sistemas eléctricos hospitalarios de salud según la NTS. 110- -MINSA/DGIEM-V.01. Los objetivos específicos son determinar la relación del consumo energético en el sistema eléctrico del hospita, así como el rendimiento de los equipos médicos de diagnóstico, análisis y tratamiento en la atención de los pacientes que acuden a este hospital y evaluar la productividad para mejorar la optimización del sistema eléctrico Basado en Condición CBM de manera que el Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco pueda mejorar su capacidad resolutive en la atención de los pacientes. La metodología que se utilizó para cumplir los objetivos fue la recolección de información, el análisis, la interpretación y la evaluación de los sistemas eléctricos del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco. De acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis de fallas, se realizaron las acciones y las recomendaciones correspondientes para los planes de mantenimiento de los componentes de los sistemas eléctricos. Por otro lado, los resultados de los análisis de costos reflejan, en la tabla 20, el cuadro de análisis del VAN y TIR, inyectando una inversión inicial de S/ 72,529.00 y se espera un retorno mensual de S/ 38,000.00 y una tasa de retorno del 45 %, con lo que se demuestra que la inversión realizada por la entidad sería recuperado en un tiempo de 1 año y 9 meses. El estudio realizado está basado en las normas nacionales e internacionales, tomando como referencia estándares mínimos de optimización y eficiencia energética para los diferentes sistemas hospitalarios, con lo cual se buscan mejorar los sistemas eléctricos y el consumo energético en los Establecimientos de Salud de la Región Cusco e implementar una propuesta de cambios tecnológicos y planes que fomentan el correcto uso de sistemas eléctricos y logran una mejora de los índices de consumo de energía eléctrica ya que, actualmente, los costos de energía eléctrica son muy altos.

Palabras clave: Optimización, eficiencia, energía, sistemas eléctricos hospitalarios.

ABSTRACT

The present research work was carried out at the Tupac Amaru Level II-E Hospital in the Cusco Region, during the months of January-June 2022. The general objective is to design an RBM Maintenance Management System (Reliability-Based Maintenance) for the electrical system to optimize the electrical energy distribution system and establish the relationship that exists between energy efficiency with hospital health systems, as specific objectives are to determine the relationship of energy consumption in the hospital electrical system and as well as the performance of medical equipment for diagnosis, analysis, and treatment in the care of patients who come to this hospital and evaluate productivity to improve the optimization of the electrical system based on RBM (Reliability-Based Maintenance) so that Tupac Hospital Amaru Level II-E of the Cusco Region can improve its problem-solving capacity in patient care. The methodology perfected to meet the objectives was collecting information, analyzing, interpreting, and evaluating the electrical systems of the Hospital Tupac Amaru Level II-E of the Cusco Region. According to the results obtained in the failure analysis, the corresponding actions and recommendations were carried out for the maintenance plans of the components of the electrical systems. On the other hand, the results of the cost analyze are reflected in Table 20 Analysis table of the VAN and TIR injecting an initial investment of S/.72,529.00 and a monthly return of S/. 38,000.00 and a rate of return of 45%, which shows that the investment made by the entity would be recovered in a time of 1 year and 9 months. The study carried out is based on national and international standards, taking as reference minimum standards of optimization and energy efficiency for the different hospital systems, which seeks to improve the electrical systems and energy consumption in the Health Establishments of the Cusco Region and implement a proposal for technological changes and plans that promote the correct use of electrical systems and achieve an improvement in electricity consumption rates, which currently have very high electricity costs.

Keywords: Optimization, Efficiency, Energy, Hospital Electrical Systems

INTRODUCCIÓN

La presente investigación está basada en los lineamientos que se deben seguir para poder implementar la metodología del Mantenimiento Basado en Condición CBM de las instalaciones eléctricas del Hospital Túpac Amaru II-E de la Región Cusco. Es importante resaltar que el principal objetivo del CBM es mejorar y optimizar el sistema eléctrico y reducir los costos asociados con el consumo de energía eléctrica.

La metodología utilizada para el desarrollo de esta investigación es del tipo no experimental, esta se desarrolla en cuatro capítulos, para ello se usarán técnicas de análisis relacionadas con la implementación del Mantenimiento Basado en Condición, las cuales son descritas a continuación:

Los sistemas eléctricos son susceptibles a altas temperaturas, vibraciones, desequilibrios y, por supuesto, pueden verse afectados por el uso de componentes y parámetros de mala calidad que no cumplen con los estándares eléctricos vigentes. Estos parámetros están relacionados con la magnitud, la frecuencia y la forma de onda del sistema eléctrico y pueden verse afectados por diferentes tipos de perturbaciones como transitorios electromagnéticos, variaciones de voltaje a corto y largo plazo, desequilibrios de voltaje, distorsiones de la forma de la señal, fluctuaciones de voltaje y frecuencia y variaciones. En gran medida, estas perturbaciones pueden ser detectadas mediante mediciones y evaluaciones en sistemas eléctricos, identificando altas corrientes, bajos factores de potencia, así como armónicos de corriente y variaciones de voltaje en algunos conductores eléctricos. Estas perturbaciones pueden provocar aumentos en los niveles de voltaje y corriente, afectar la calidad de la energía, aumentar los costos relacionados con la facturación y causar generación de calor que puede acortar la vida útil de equipos como transformadores y equipos rotativos en el Hospital Túpac Amaru II- E de la región Cusco, el método y la formulación del problema se puede ver en el primer capítulo.

Las fallas y las interrupciones de los sistemas eléctricos perjudican las operaciones y la eficiencia eléctrica, la mayoría de las cuales ocurren, en gran medida, por la falta de actividades de mantenimiento (correctivo, preventivo y predictivo) y de planificación, programación y ejecución de la cultura física y organizacional. Relaciones

entre diferentes Unidades Prestadoras de Servicios de Salud (UPSS). La norma técnica 110- -MINSA/DGIEM-V.01, en el numeral 6.2.4.4., establece que en las subestaciones deben considerarse la instalación de filtros eliminadores de armónicos o transformadores de aislamiento, banco automático de condensadores, supresores de pico sobre voltaje (TVSS), incluyendo pararrayos, adicionalmente los TVSS deben considerarse en todos los ambientes críticos, emergencia, centro quirúrgico, cuidados intensivos y otros.

El servicio de energía eléctrica debe ser capaz de tener una confiabilidad total en todos los servicios de atención al público, tal como se plantea en el capítulo II, numeral 2.2.2, Calidad de energía y eficiencia energética, por ende, se procede a realizar la evaluación y la redistribución de las cargas, mediante un análisis del diagrama unifilar y realizar las mediciones con el analizador de redes eléctricas PQA 824 en el sistema trifásico, tal como se demuestra en el capítulo III, numeral 3.4.2., obteniendo los datos de la tensión, la potencia activa, la potencia reactiva, la potencia capacitiva, la corriente, la frecuencia y el factor de potencia en cada uno de los circuitos de la subestación, estos valores permiten realizar el debido análisis, según las necesidades del establecimiento de salud y, así, tener un orden de prioridad.

La gestión de mantenimiento es parte fundamental en la conservación y preservación de activos de un Establecimiento de Salud y la eficiencia en su atención, por ende, se propone implementar el Mantenimiento Basado en Condición CBM para optimizar el sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco. Esta investigación describirá las necesidades para el mantenimiento de los sistemas eléctricos, que incluyen el proceso de medición, inspección y revisión de los diversos equipos y componentes. Además, cubrirá los indicadores relacionados con los parámetros eléctricos que se requieren para las actividades de planificación. El siguiente apartado, describe el modelo de gestión de mantenimiento del sistema eléctrico propuesto, el cual está acorde con el documento técnico de Lineamientos para la elaboración del Plan Plurianual de Mantenimiento de Infraestructura y Equipamiento en Establecimientos de Salud a nivel nacional, según lo establecido en la Resolución Ministerial. Resolución N.º 533-2016-MINSA.

Este documento sirve para fortalecer la Gestión de Mantenimiento de

Infraestructura y Equipamiento, con el objetivo de mejorar la prestación de los servicios de salud a nivel nacional (1).

Los sistemas eléctricos requieren rastreo, medición, monitoreo de parámetros y registro de fallas. El monitoreo se refiere a las inspecciones visuales y generales a las que hace referencia la norma CNE 2011, la cual menciona las bases y los procedimientos de revisión de los componentes, los subsistemas y los componentes del sistema eléctrico. Esta inspección cubre desalineación, corrosión, fallas de contacto entre conductores y el uso de componentes inapropiados que no cumplen con las especificaciones, como mecánicas y resistencias, requeridas para una operación eficiente.

Varios parámetros, incluida la vibración de los equipos giratorios, pueden provocar una serie de problemas como el bobinado, el calentamiento del eje y fallos mecánicos. Estos problemas están estrechamente relacionados con el consumo excesivo de energía y la degradación del aislamiento eléctrico. Estas vibraciones pueden provocar daños permanentes en los rodamientos y las conexiones eléctricas, provocando cortocircuitos y un aumento del consumo eléctrico que puede superar el 10 % de la energía necesaria para el funcionamiento normal. Además, problemas como la suciedad, la humedad y la desalineación de los componentes eléctricos pueden provocar un consumo eléctrico adicional, lo que lleva a un aumento aproximado del 5 % en la corriente necesaria para operar los equipos eléctricos. Estas pérdidas no solo aumentan los costos de facturación, sino que también se demuestran mediante pruebas de hipótesis específicas, como en el Capítulo IV, Numeral 4.2.7, donde se utilizan análisis financieros del VPN y la TIR.

El factor de potencia es un parámetro crucial, ya que es sinónimo de eficiencia energética, y está íntimamente ligado al parámetro de calidad reseñado en el D.S. N.º 020-97-EM. Para abordar este tema, se sancionaron las “Normas Técnicas para la Calidad del Servicio de Energía Eléctrica”. El término factor de potencia se refiere al porcentaje de energía eléctrica que realmente se transforma en trabajo. El valor óptimo para el factor de potencia es 1, lo que indica que el equipo convierte toda la energía consumida en trabajo útil. Por el contrario, un factor de potencia más bajo significa un mayor consumo de energía necesaria para producir la misma cantidad de trabajo útil. Sin embargo, en la práctica resulta extremadamente difícil alcanzar un factor de

potencia de 1. En consecuencia, el artículo 050-206 de la CNE establece que la capacidad mínima de los conductores de conexión y alimentadores deberá determinarse utilizando los siguientes criterios:

- (a) Después de calcular las dimensiones exteriores de un edificio, se determina una carga fundamental para la superficie del edificio de 20 W/m².
- (b) Para zonas con una alta intensidad de uso como quirófanos, la intensidad de carga recomendada es de 100 W/m².
- (c) El consumo de energía de calefacción, aire acondicionado y cargas eléctricas varía según la capacidad del equipo en uso.

Para mejorar la funcionalidad y la eficiencia de los sistemas eléctricos del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco, es imperativo implementar un sistema de gestión de mantenimiento que se ajuste a los lineamientos de calidad basados en la norma SO 9001 2015. La incorporación de técnicas de gestión de riesgos, como el Análisis Modo y Efecto de Fallos (FMEA), es fundamental para detectar de forma preventiva, predictiva o anticipada posibles anomalías que puedan comprometer la funcionalidad del sistema de seguridad, mediante un exhaustivo análisis de fallos de las instalaciones eléctricas. Al hacerlo, se puede reducir la tasa de fallas y optimizar el funcionamiento general de los sistemas eléctricos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema.

El costo excesivo de la energía eléctrica, el calentamiento de conductores y otros accesorios eléctricos, la instalación de equipos médicos no han sido acorde a lo estipulado en el CNE y de acuerdo a las normas técnicas de salud y el deficiente mantenimiento del sistema eléctrico que se realiza periódicamente generan los cinco tipos de problemas de energía más comunes en el Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco, los cuales podrían afectar la seguridad del personal y el cuidado de la salud de los pacientes, los problemas más comunes que se han identificado son:

Interrupciones. Las interrupciones ocurren en el Hospital Túpac Amaru Nivel II-E cuando hay un corte de energía y se activan los generadores de emergencia para brindar energía eléctrica. Las pautas de NFPA 99 para instalaciones de atención médica exigen que el tiempo de respuesta de transición entre fuentes de energía no deba ser superior a 10 segundos. Desafortunadamente, la inoperancia del grupo electrógeno y el insuficiente mantenimiento preventivo imposibilitan el suministro inmediato de electricidad.

Caídas de tensión y sobretensión sostenida. La aparición de caídas de tensión y sobretensiones sostenidas puede tener graves consecuencias en el ámbito de la ingeniería eléctrica. Las caídas de tensión se producen cuando el nivel de tensión eléctrica, o simplemente tensión, cae por debajo o supera el rango especificado en la CNE. En el contexto de las caídas de tensión, el indicio más frecuente de este problema es el daño causado a los aparatos médicos y biomédicos, al estar expuestos a una corriente excesiva.

Los transitorios de tensión. - También conocidos como picos de voltaje, son breves aumentos de voltaje que tienen el potencial de dañar las piezas

electrónicas presentes en la maquinaria médica y los servidores de datos. Este daño se produce porque se sobrepasa el límite de voltaje, lo que genera un arco eléctrico que daña las vías.

Ruido. El fenómeno del ruido se caracteriza por perturbaciones eléctricas que se presentan en forma de pequeñas y frecuentes oscilaciones de potencia. Estas fluctuaciones pueden provocar un flujo irregular de potencia en la onda sinusoidal, lo que puede provocar una interrupción en el funcionamiento del equipo.

Los armónicos: Los armónicos describen la presencia de corrientes o voltajes eléctricos que ocurren en frecuencias que son múltiplos de la frecuencia fundamental. Normalmente, la frecuencia fundamental se mide a 60 Hz en la mayoría de los sistemas. La aparición de armónicos puede provocar una sobrecarga de conductores y transformadores, así como un sobrecalentamiento, por lo cual existe un peligro potencial asociado con los motores, ya que tienen la capacidad de provocar incendios en determinadas circunstancias.

En el Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco, el empleo de aparatos médicos y biomédicos, incluyendo máquinas de ultrasonido, equipos de rayos X, equipos de esterilización, equipos de laboratorio, equipos de cómputo y motores, depende en gran medida de sistemas de control electrónicos. . Estos sistemas son responsables de la regulación de la velocidad, la conservación de energía y la garantía de la precisión del diagnóstico, todo lo cual contribuye a una mejora general de los resultados de salud. La automatización de estos sistemas ha conseguido eliminar los movimientos manuales, sustituyéndolos por elementos accionados electrónicamente y dotados de potentes capacidades eléctricas y electrónicas.

El sistema de distribución eléctrica está sujeto a problemas causados por la influencia de los pulsos de corriente sobre el voltaje y las formas de onda de la corriente. La principal consecuencia de este fenómeno es la contaminación de la red eléctrica con armónicos, lo que provoca problemas en la red y en las

cargas conectadas a ella y perjudicando a la calidad de producto (2 pág. 190), de manera que, no se cumple lo establecido por el Código Nacional de Electricidad (CNE) las normas técnicas de calidad del sector eléctrico urbano y rural, NTCSE y NTCSE. Sección 170-102.

Debido a las causas mencionadas, es necesario realizar la mejora y la optimización en las instalaciones eléctricas actuales y evitar las pérdidas de energía en las redes, a la operación errática de los esquemas de protección eléctrica, provocando un fallo en el sistema

Como dijimos las entidades del sector salud deben cumplir una serie de requisitos que suelen estar detallados en el plan de seguridad y manejo del sistema eléctrico hospitalario, por ello este trabajo de investigación propone la optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Región Cusco. Nivel II-E, basado en Condiciones CBM-2021.

1.1.2 Formulación del problema.

1.1.2.1 Problema general.

¿De qué manera se podrá determinar la optimización del sistema eléctrico mediante el mantenimiento Basado en Condición CBM, a fin de mejorar las acciones, implementar la frecuencia de mantenimiento y reducir los costos energéticos, costos de mantenimiento y fallas constantes en el sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco?

1.1.2.2 Problemas específicos.

- a) ¿De qué manera mejoraría el sistema eléctrico con las acciones de optimización del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco?
- b) ¿De qué manera influirá la frecuencia de mantenimiento en la optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru

Nivel II-E de la Región Cusco?

- c) ¿De qué manera incidirá la reducción de costos energéticos, costos de mantenimiento con la optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general.

Objetivo general

Identificar los problemas que presentan los sistemas de las instalaciones eléctricas y analizar las fallas identificadas, Analizar la data obtenida con el equipo de analizador de redes y determinar los parámetros de la calidad de energía e implementar una frecuencia de mantenimiento basado en condición (CBM) y desarrollar un plan de mantenimiento basado en condición para optimizar y minimizar los costos energéticos, costos de mantenimiento del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.

1.2.2 Objetivos específicos.

- a) Identificar los problemas que presentan los sistemas de las instalaciones eléctricas del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.
- b) Analizar las fallas identificadas y proponer un plan de mantenimiento para mejorar y optimizar las instalaciones eléctricas del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco
- c) Analizar la data obtenida con el equipo de analizador de redes y determinar los parámetros de la calidad de energía en el sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco
- d) Implementar la frecuencia de mantenimiento basado en condición (CBM) utilizando la disponibilidad de los materiales e instrumentos para

la mejora continua del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Casco

- e) Desarrollar un plan de mantenimiento basado en condición (CBM) y optimización del sistema eléctrico para minimizar los costos energéticos, costos de mantenimiento del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.
- f) Con la mejora de las acciones de optimización del sistema eléctrico se podrá minimizar las fallas, perturbaciones y aumentar la vida útil de los equipos y sistemas del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.

1.3 Justificación e importancia

Los sistemas eléctricos en los centros de salud deben diseñarse y construirse para que sean redundantes a fin de aumentar su confiabilidad y alta disponibilidad. Sin embargo, en muchos proyectos de ingeniería clínica este principio no se implementa dentro de un marco de diseño basado en criterios financieros más que técnicos.

En el Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la región Cusco, se controla electrónicamente el uso de equipos médicos y biomédicos, como máquinas de ultrasonido, equipos de “rayos X”, equipos de esterilización, equipos de laboratorio, equipos de cómputo y motores, que llevan Equipos electrónicos En el Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la región Cusco, los sistemas de control pueden mejorar los servicios médicos cambiando velocidades, ahorrando energía y asegurando la precisión de los diagnósticos. La automatización ha hecho desaparecer las operaciones manuales y las ha reemplazado por Equipados con diferentes componentes eléctricos y funcionamiento electrónico.

El flujo de corriente eléctrica en un sistema de distribución puede verse influenciado por la presencia de pulsos, lo que puede crear problemas tanto en la red como en las cargas conectadas. El efecto más significativo de estos problemas es la contaminación de la red eléctrica con armónicos, lo que en última instancia

conduce a la degradación de la calidad del producto. El Código Eléctrico Nacional (CNE) establece los estándares técnicos de calidad para el sector eléctrico tanto urbano como rural, concretamente NTCSE y NTCSE-R. De acuerdo con el Artículo 170-102 de este código, los voltajes de los circuitos derivados, ya sea en unidades residenciales o no residenciales, deben ajustarse a ciertas tolerancias establecidas en la Norma Técnica para la Calidad de los Servicios Eléctricos.

Por las razones anteriores, es necesario mejorar la compensación de potencia reactiva, determinar si la compensación de potencia reactiva es una compensación automática o una compensación fija, y tener en cuenta la potencia activa máxima transmitida a la carga cuando el voltaje y la corriente no están distorsionados y en la misma fase. Se considerarán las instalaciones eléctricas actuales.

"La calidad del producto incluye el estudio de voltaje, frecuencia, interferencias (parpadeo y voltaje armónico). Estos últimos armónicos se están convirtiendo en un factor que conduce al envejecimiento acelerado del aislamiento, calentamiento de partes conductoras de equipos e instalaciones, aumento de la pérdida de energía de la red y funcionamiento inestable de esquemas de protección eléctrica 'error del sistema'(4).

Como se menciona, las entidades del sector salud tienen que cumplir una serie de requisitos, los cuales suelen estar detallados en el plan de seguridad y manejo del sistema eléctrico del hospital, por lo que este trabajo de investigación propone la optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru. Cusco Región II-E según estatus CBM -2021.

Durante la fase de investigación, algunas variables necesarias no pueden medirse en el tiempo y con la precisión necesaria. Es por esto que se recomienda monitorear los principales usos finales de los consumidores de energía para detallar oportunidades de mejores ahorros de energía en el futuro. Esto supone un seguimiento permanente en tiempo real de al menos el 50% de los siguientes dispositivos: Calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación, producción de agua caliente y equipamiento médico en general.

1.3.1 De la metodología.

La metodología a desarrollar para este trabajo de investigación, es mediante método inductivo hipotético, el cual nos permite sacar una conclusión general a partir de un dato o hecho particular o específico de la investigación.

Además de la gestión de recursos y la tecnología disponible para tal fin, el trabajo de campo se aplica, mediante técnicas de observación directa, a las actividades de mantenimiento de sistemas, equipos y máquinas eléctricas que se realizan diariamente; posteriormente, además de realizar trabajos en función de costos y otras variables. Además de la decisión, se desarrolló una propuesta de mejora para facilitar la operación y mantenimiento de estos sistemas eléctricos en el Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la región Cusco.

“El enfoque de mantenimiento basado en la condición de CBM considera la criticidad de la clasificación, la base de datos y el impacto de los equipos” revela un método para determinar qué se debe hacer para garantizar que cualquier activo físico continúe funcionando como el usuario espera que haga en su entorno. Este enfoque puede identificar acciones para determinar un programa de mantenimiento ideal, reduciendo efectivamente la probabilidad de falla al combinar de manera óptima ciclos, condiciones o acciones temporales. La metodología comienza formulando siete preguntas sobre el activo o sistema a revisar, y se relaciona con la figura 2.2.1. Principios de mantenimiento basado en condiciones de CBM.

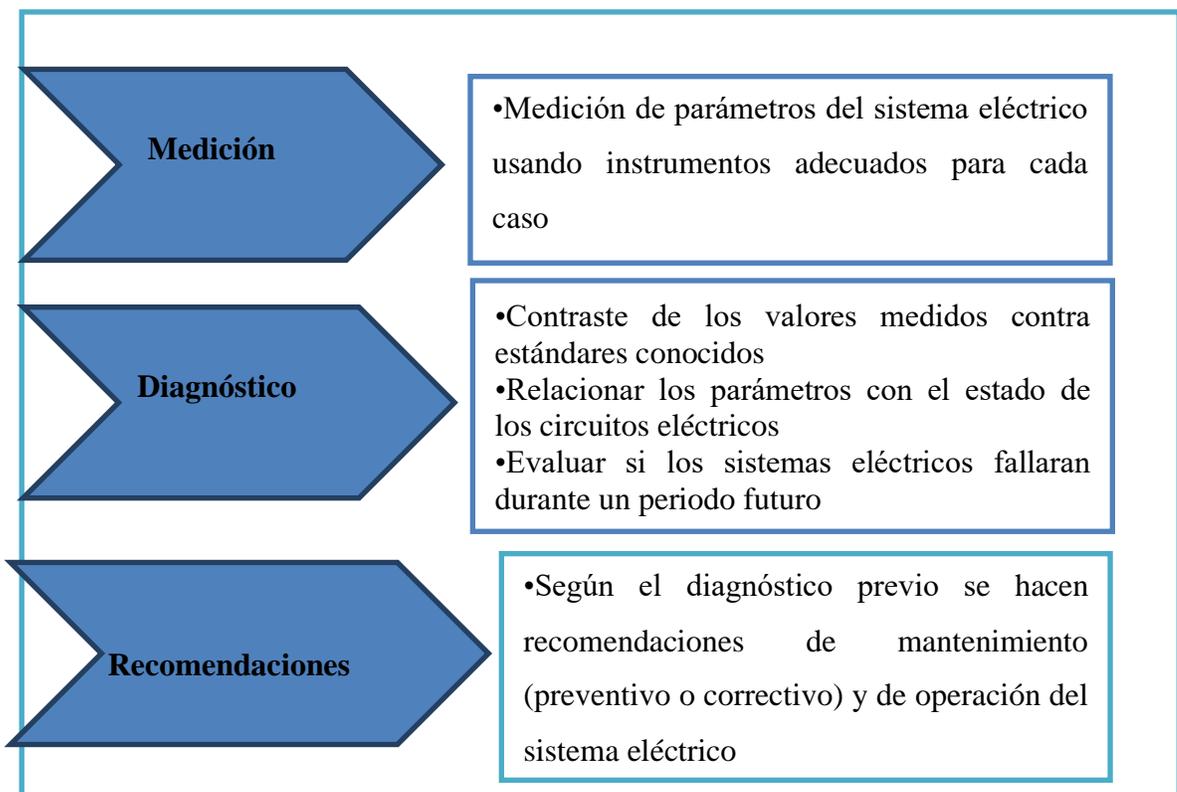
1.3.2 Importancia de la menor posibilidad de fallo en los sistemas eléctricos.

Dado que el CMB es un procedimiento de mantenimiento pro activo, los problemas que podrían provocar fallos en las instalaciones eléctricas, equipos y maquinarias pueden detectarse antes de que se produzcan. Una vez que las medidas de mantenimiento alcanzan un determinado nivel, el personal de mantenimiento tendrá que intervenir rápidamente aplicando un procedimiento de mantenimiento basado en la condición para resolver el problema. Este es

un proceso sistémico que permite identificar las fallas potenciales o reales de las instalaciones eléctricas del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco, con el propósito de eliminar, controlar o disminuir los riesgos asociados con los servicios de salud. Al identificar, clasificar y tratar de evitar todos los posibles fallos de instalación que podrían causar daños ocultos a las personas, se puede prevenir riesgos de una forma verdaderamente eficaz y matizada. La CBM no puede reemplazar la evaluación de riesgos de una instalación, pero ciertamente puede complementar la optimización. Después de completar la evaluación de criticidad, es necesario implementar un sistema de informes, análisis y acciones correctivas de fallas para garantizar que el análisis sea correcto y que los activos más críticos se beneficien al máximo de un programa de mantenimiento basado en la condición.

Figura 1

Flujo de trabajo para la aplicación de técnicas CBM en equipos



Fuente: Elaboración propia

1.3.3 Análisis de la criticidad.

Como se mencionó anteriormente, el análisis de criticidad garantiza que los planes de mantenimiento basados en la condición identifiquen de manera efectiva y precisa los activos como críticos, microcríticos y no críticos y puedan reducir el mantenimiento de rutina innecesario. Por otro lado, el análisis de criticidad también ayuda a determinar qué activos se beneficiarían más de las tecnologías de monitoreo basadas en la condición, como sensores acústicos o de vibración remotos, que generan datos en tiempo real que pueden analizarse desde otras ubicaciones.

1.3.4 La mejora del impacto ambiental.

La razón detrás de este argumento está relacionada con la mejora del bienestar ambiental, como se indicó anteriormente. Al examinar casos de impacto ambiental y diseñar medios para abordarlos, este razonamiento sirve como base para prevenir accidentes y mal funcionamiento que podrían influir negativamente en el medio ambiente. La base de este argumento está anclada en la Ley N.º 27345, que aboga por el avance de la eficiencia energética y la propagación de una cultura que priorice el consumo juicioso de energía. El objetivo es fomentar el progreso sostenible en la nación y lograr un equilibrio entre la preservación del medio ambiente, la utilización de la energía y el crecimiento económico.

1.3.5 El Incremento de la capacidad resolutive.

La capacidad resolutive de los establecimientos de salud de esta categoría está relacionada al desarrollo de los cuidados esenciales de los programas de atención integral de salud por etapas de vida, según el Modelo de Atención Integral de Salud. Por lo tanto, el suministro del sistema eléctrico es uno de los indicadores de desempeño hospitalario para medir los objetivos operativos y de capacidad, además es necesario contar con un generador que posibilite el suministro de energía eléctrica para el desarrollo normal de las actividades de atención de la salud. Tener un sistema eficiente que pueda satisfacer

consistentemente las demandas energéticas de un hospital es de suma importancia. Esto es particularmente relevante debido a los recursos altamente especializados y técnicos necesarios para brindar servicios de salud adecuados, que varían dependiendo de la gravedad de la condición del paciente. El desarrollo de un sistema de este tipo mejoraría la capacidad de resolución del Hospital Regional del Cusco Túpac Amaru II-E y mejoraría la confiabilidad de la instalación.

Sin duda, uno de los aspectos más importantes que puede verse afectado es la fiabilidad. Se refiere a la probabilidad de que se produzcan averías imprevistas, paradas no programadas o fallos que puedan tener efectos negativos en la seguridad, el medio ambiente o las actividades planificadas. De ahí que este estudio tiene como objetivo establecer la importancia de medir parámetros para determinar el suministro óptimo de energía eléctrica en el Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.

1.3.6 La disminución de costes de mantenimiento.

Este estudio tiene como objetivo encontrar el punto de equilibrio de costos para la optimización del sistema eléctrico mediante el mantenimiento del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E en la región Cusco. Dependiendo del estado del CBM podemos identificar ahorros económicos cuyos beneficios beneficiarán a la entidad, esto se puede determinar implementando primero buenas prácticas en el uso de la instalación y, luego, evaluando la posibilidad de reemplazar el equipo o incluso reemplazarlo por otros equipos con tecnología más eficiente. Mejorar el caso.

A modo de ejemplo ilustrativo, los ahorros potenciales identificados en términos de consumo de energía eléctrica se muestran en la Tabla 20.

1.3.7 Reducción de costo de energía eléctrica.

El propósito de este estudio es seguir un método para lograr la conservación de la energía eléctrica, tomando en cuenta los siguientes puntos: análisis del

precio de la electricidad, corrección del factor de carga, corrección del factor de potencia, reducción de pérdidas en los equipos; mejorando la calidad y eficiencia del uso de la energía eléctrica, con lo que reduciendo los costos operativos. Al aumentar la productividad de dichas instalaciones, se espera que el uso de electricidad para iluminación se reduzca en un 20 % debido al uso de componentes, sistemas de control y luz natural más eficientes.

1.4 Hipótesis y descripción de variables

1.4.1 Hipótesis.

Con las acciones de mejora, la optimización del sistema eléctrico mediante el Mantenimiento Basado en Condición CBM permite incrementar la confiabilidad e implementando el programa de mantenimiento con una frecuencia semestral, el cual permite reducir costos energéticos y minimizar las fallas, perturbaciones y aumentar la vida útil de los equipos y sistemas del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.

1.4.2 Hipótesis específicas.

- a) Aplicando las acciones de mantenimiento basado en condición (CBM) tendremos la optimización del sistema eléctrico y se podrá minimizar las fallas, perturbaciones y aumentar la vida útil de los equipos y sistemas del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.
- b) Con la implementación de una frecuencia de mantenimiento basado en condición (CBM) se optimizará el sistema eléctrico, utilizando la disponibilidad de los materiales e instrumentos para la mejora continua del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.
- c) Desarrollando un plan de mantenimiento basado en condición (CBM) se optimizará el sistema eléctrico y se reducirá los costos energéticos del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.

1.4.3 Descripción de variables.

Las variables están definidas de la siguiente manera.

1.4.3.1 Variable independiente.

Optimización del sistema eléctrico.

1.4.3.2 Variable dependiente.

Mantenimiento Basado en Condición CBM.

CAPÍTULO II

BASES TEÓRICAS

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 Antecedentes de falla del sistema de energía eléctrica del Hospital Túpac Amaru II-E Región Cusco.

Cuando hablamos de fallos eléctricos en hospitales nos referimos a cualquier interrupción inesperada del suministro eléctrico o mal funcionamiento de los equipos eléctricos, como podemos observar a continuación, pueden tener diversas causas:

- a) El sistema eléctrico experimente una cantidad excesiva de energía y que los equipos funcionen mal debido a este exceso son sucesos comunes.
- b) Interrupciones que perjudican el suministro eléctrico externo.
- c) Los factores que pueden contribuir a las descargas atmosféricas, al desgaste y al envejecimiento de las instalaciones eléctricas son numerosos y variados.

Las posibles consecuencias de los fallos eléctricos en un entorno hospitalario son graves, ya que pueden afectar directamente tanto a los pacientes como a los profesionales sanitarios. Por lo tanto, es imperativo comprender plenamente las razones y complicaciones que resultan de tales fracasos. Los equipos médicos son extremadamente complejos y requieren un mantenimiento óptimo para funcionar correctamente. La ausencia de monitoreo, control y mantenimiento puede provocar un mal funcionamiento de los equipos, lo que a su vez puede provocar un cortocircuito o sobrecarga que afecte todo el sistema eléctrico del hospital.

El Hospital Túpac Amaru II-E ha enfrentado multitud de problemas, desde menores hasta graves, como resultado de diversas fallas eléctricas.

Entre los más graves fue, que, en febrero del 2020 una descarga atmosférica dañó al transformador de media tensión generando el desabastecimiento de la energía eléctrica, afectando directamente a la seguridad de los pacientes y el

personal médico, Veamos ahora los casos y las distintas consecuencias que se presentaron en ese momento, uno de los casos más graves, primero a nivel humano y en segundo lugar a nivel económico.

1. Dos pacientes de coronavirus casi pierden la vida como consecuencia de un fallo eléctrico que deshabilitó el manifold del banco de oxígeno
2. En el mismo año un fallo eléctrico generó una pérdida de S/ 38,680.00 Soles en biológicos (vacunas) provocando una ruptura de cadena de frío en el área de inmunizaciones del hospital Túpac Amaru (5).

Cada uno de estos casos prácticos ponen en evidencia el riesgo real y las repercusiones, tanto materiales como humanas, que conllevan los fallos eléctricos en el hospital, de manera que, este trabajo de investigación está orientado a lo más importante que es poder prevenir con una correcta optimización del sistema eléctrico del hospital Túpac Amaru nivel II-E de la Región Cusco mediante el mantenimiento basado en condición (CBM).

2.1.2 Antecedentes internacionales.

El trabajo de investigación titulado *"Estudio de viabilidad sobre la implementación del mantenimiento basado en la condición para equipos médicos críticos"* concluye que la CBM requiere dos componentes vitales: primero, el compromiso de todas las partes interesadas en el mantenimiento, incluidos los usuarios, el personal de mantenimiento y los planificadores de suministros; y segundo, una extensa base de datos de información histórica de reparaciones, como fechas y horas de operación y ciclos de fallas, informes de diagnóstico técnico, costos de reparación y acciones correctivas. Cualquier metodología CBM, según lo informado por FMECA, proporciona una descripción general del mantenimiento, incluida información sobre fallas, modos de falla y tiempo de inactividad asociado. De esta forma se revelan los costos asociados. A nivel hospitalario, es factible implementar mantenimiento basado en la condición (CBM) y realizar hojas de trabajo de modos de falla, efectos y análisis de criticidad (FMECA). Este trabajo demuestra que las hojas

de servicios técnicos actualmente en uso son muy versátiles. Por lo tanto, a veces es difícil deducir la relación entre fallas funcionales y modos de falla. Cabe señalar que la calidad de las conclusiones está directamente relacionada con la información proporcionada por los técnicos responsables de realizar el mantenimiento, como la logística de soporte” (6).

La investigación *“Estudio y análisis de eficiencia energética del sistema eléctrico del IESS – hospital de Ibarra”* se realizó analizando el consumo de energía eléctrica del hospital durante los años 2013 y 2014. Para determinar la demanda del hospital se realizó un relevamiento de todos los sistemas eléctricos de sistemas, seguido de un balance energético que reveló que el sector de iluminación es el mayor consumidor con un 57,14 %. Con base en esta información se calcularon las tarifas vigentes por ocupación de camas y por metro cuadrado de construcción. Para mejorar estos indicadores, se abordó específicamente el sistema de iluminación. Para aumentar la eficiencia del sistema, se reemplazó la mayoría de las luminarias por tecnología LED, lo que resultó en una disminución del consumo energético diario del sector de iluminación al 28,37 % y una reducción del 29,36 % en el consumo total del sistema eléctrico global del hospital.

“Las simulaciones muestran que los nuevos indicadores energéticos son inferiores a los de los hospitales de 100 a 200 camas en comparación con el vecino Chile. El análisis financiero muestra que la inversión es recuperable, el proyecto es factible y una vez implementada la eficiencia energética se demostrará”. Sus objetivos son técnica y económicamente sostenibles” (7).

En la investigación *“El Ajuste del valor del Factor de potencia en el Hospital Pediátrico Provincial Octavio de la Concepción y de la Pedraja”*, se demostró la mejora de la eficiencia energética eléctrica de los hospitales antes mencionados a partir de la evaluación del comportamiento de los niños. . Power Factor, buscando alternativas para mejorar la eficiencia energética de este tipo de unidades de salud hospitalarias.

"A través de él se puede predecir un diagnóstico energético general, identificar posibles medidas y acciones para ahorrar energía y reducir costos energéticos, realizar una evaluación técnica y económica estudiando la incidencia de los factores de potencia y su impacto en el uso indeseable de la energía eléctrica en la calidad del consumo energético del centro" (8).

En la investigación *“Evaluación Técnica y Diagnóstico de Calidad de Energía en Plantas Quala S.A.”*, se dice que el nivel de distorsión armónica ha aumentado debido al aumento de equipos electrónicos como televisores, ordenadores, aires acondicionados, bombas de calor, etc. conectados a la red; estas distorsiones producen cambios en la frecuencia nominal y amplitud, valor fundamental, dando como resultado formas de onda no sinusoidales con el fin de compensar la energía reactiva en la frecuencia fundamental, y en redes con alto contenido armónico su tarea es evitar la corriente de armónicos, transfiriéndolos a la red, sobrecargando los capacitores; estos filtros se fabrican conectando reactancias en serie con los capacitores de modo que la frecuencia de resonancia del grupo se encuentre en un valor entre la frecuencia fundamental y los armónicos inferiores, que generalmente es el Nivel cinco, que define métodos para medir los parámetros de calidad de la energía y cómo interpretar los resultados. La norma especifica métodos de medición, pero no establece umbrales. Entre otros parámetros, la norma define métodos para la detección y evaluación de caídas de tensión, sobretensiones temporales e interrupciones de la tensión de suministro, definiendo así dos formas de uso de la norma, conocidas como Clase A y Clase B, la primera de las cuales se refiere a Incertidumbre sobre baja tensión. Medición, Verificación de Cumplimiento, Aplicación de Contrato, Clase B, para estudios estadísticos o resolución de problemas de instalaciones eléctricas relacionadas con la calidad de energía, donde se miden diferentes parámetros eléctricos incluyendo voltaje, corriente, factor de potencia, potencia activa, flicker, voltaje y armónicos de corriente. Estos se

utilizan para determinar sus valores actuales y compararlos con los valores estándar recomendados. Una evaluación técnica de los resultados obtenidos es la siguiente: Aceptable, los valores obtenidos de las mediciones se encuentran dentro de los límites permitidos por los estándares o normas que regulan la calidad de la energía eléctrica. Según la situación de falla, el valor medido no está dentro del rango permitido por el estándar o especificación de calidad de energía. Registre y analice los armónicos de voltaje. La conclusión es que solo ocurre el problema de sub armónicos, como se muestra en la figura. Por lo tanto, el trabajo de investigación anterior contribuye al diagnóstico técnico de los componentes básicos. Calidad de energía en la planta Quala S.A., teniendo como fin la evaluación de los diferentes parámetros que intervienen en la CEL y que pueden causar algún efecto en el suministro final de energía eléctrica (9).

En la investigación *“Análisis de la calidad del sistema de distribución de energía eléctrica del Hospital Sagrado Corazón de Jesús del Cantón”*, se abordaron que los equipos de radio diagnóstico muestran interferencias producto de estados transitorios que generan otros equipos conectados a la misma red dando lugar a alteraciones de la información que pueden dificultar una correcta interpretación de resultados el cual tiene lo cual amerita analizar el estado actual del sistema de distribución de energía eléctrica para mejorar la calidad del suministro por medio de redistribución de circuitos en el Hospital Sagrado Corazón de Jesús del cantón Quevedo, por lo tanto, es necesario definir un método para la evaluación del centelleo a largo plazo que pueda emplear técnicas de procesamiento de datos estadísticos y caracterizar el fenómeno con un único parámetro de índice de gravedad. Para obtener los resultados, las curvas se han desarrollado experimentalmente. Estas curvas se refieren a: para un determinado tipo de fluctuación de voltaje (percibida, rectangular), la magnitud a la cual el parpadeo resultante se vuelve perceptible y la frecuencia correspondiente. Este instrumento de medición fue propuesto y desarrollado por la Unión Electrotérmica Internacional y es objeto de la Publicación IEC 868, que define sus características funcionales y

estructurales (10).

2.1.3 Antecedentes nacionales.

Tito Farfán y Mario Cesar, en su trabajo de investigación según el *“Informe 2021 sobre eficiencia y calidad de la energía eléctrica del Hospital de Contingencias Antonio Lorena del Cusco”*, indica que:

“La energía eléctrica se ha convertido en la columna vertebral de diversas industrias y actividades humanas. Con el avance de la tecnología, ha habido un aumento significativo en el uso de dispositivos electrónicos en los últimos años. Los hospitales, en particular, utilizan una gran cantidad de dispositivos electrónicos que funcionan como cargas electrónicas con comportamiento no lineal. Este comportamiento impacta negativamente en el sistema de distribución eléctrica, generando contaminación armónica en las redes de distribución. Ha quedado claro que la energía eléctrica se ha convertido en un sistema de soporte crucial para muchas actividades humanas e industrias. El auge de la tecnología ha provocado un aumento sustancial en el uso de dispositivos electrónicos a lo largo de los años. Entre las diversas industrias que emplean dispositivos electrónicos como cargas electrónicas con comportamiento no lineal, los hospitales son uno de los más destacados. Este tipo de comportamiento tiene un efecto adverso en el sistema de distribución eléctrica, provocando contaminación armónica en las redes de distribución... La eficiencia energética del Hospital de Contingencias Antonio Lorena del Cusco no está determinada únicamente por su sistema eléctrico. Los equipos utilizados y las prácticas del personal que trabaja allí también juegan un papel importante en la cantidad de energía consumida. Es fundamental que el equipo utilizado en el hospital cumpla con las normas y regulaciones nacionales e internacionales de eficiencia energética para garantizar una eficiencia óptima. Pero, se observó que muchos de los equipos del hospital son viejos y carecen de las etiquetas de eficiencia adecuadas, lo que resulta en una calidad y un consumo de energía deficientes. Para ello, se propuso un conjunto de lineamientos para

implementar un Plan de Uso Eficiente de la Energía” (11).

Cuyo objetivo general es analizar y proponer la mejora de la eficiencia y calidad de energía eléctrica del Hospital de Contingencia Antonio Lorena del Cusco y realizar un estudio para la renovación de equipos eléctricos y electrónicos que ya cumplieron con su vida útil, tomando en consideración estándares de calidad y con las normas de eficiencia energética nacional e internacional.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Mantenimiento Basado en Condición (CBM).

CBM es un enfoque sistemático para mejorar la confiabilidad de los equipos al menor costo, centrándose en su funcionalidad principal y en acciones técnica y económicamente sólidas. El objetivo principal de CBM es preservar la funcionalidad del sistema, no la funcionalidad del dispositivo.

2.2.1.1 Definición.

Según la definición de CBM de algunos autores: *“las reglas lógicas para desarrollar un programa de mantenimiento programático”* (12).

Mantenimiento basado en la condición: el proceso de determinar qué se debe hacer para garantizar que cualquier activo físico continúe funcionando según lo previsto por su usuario en el entorno operativo actual. CBM es la mejor manera de desarrollar un plan de optimización de mantenimiento que utilice equipos multifuncionales. Para una estrategia de mantenimiento destinada a garantizar la confiabilidad inherente del diseño del proceso o del equipo, identificando componentes cuya falla funcional puede tener consecuencias no deseadas para la instalación, el concepto CBM emplea técnicas como el mantenimiento preventivo (PM), el mantenimiento predictivo (PdM), el monitoreo en tiempo real (RTM), ejecución hasta falla (RTF también conocido como mantenimiento reactivo) y Mantenimiento Proactivo de

manera integrada para aumentar la probabilidad de que una máquina o componente funcionará de la manera requerida durante su ciclo de su vida útil con un mínimo de mantenimiento. El objetivo de la filosofía es proporcionar la función declarada de la instalación, con la fiabilidad y disponibilidad requeridas al menor costo. CBM requiere que las decisiones de mantenimiento se basen en requisitos de mantenimiento respaldados por una justificación técnica y económica sólida (12).

2.2.1.2 Principios.

Como ocurre con cualquier filosofía, existen muchos caminos o procesos que conducen a un objetivo final. Esto es especialmente cierto en el caso de las CBM, donde las consecuencias de un fallo pueden variar ampliamente. El riguroso análisis de CBM se utiliza ampliamente en las industrias aeronáutica, aeroespacial, de defensa y nuclear, donde las fallas funcionales tienen el potencial de provocar una pérdida significativa de vidas. Impactos en la seguridad nacional e impactos ambientales extremos. Un análisis CBM riguroso se basa en un análisis detallado de los modos y efectos de falla, incluidos los cálculos de probabilidad de falla y confiabilidad del sistema. Este análisis se utiliza para determinar las tareas de mantenimiento apropiadas para abordar cada modo de falla identificado y sus consecuencias.

Si bien este proceso es apropiado para hospitales y establecimientos de salud donde los modos de falla que resultan en altos costos o lesiones personales donde la confiabilidad resultante es aún inaceptable en términos de seguridad o impacto operacional siguen recibiendo el enfoque riguroso, pero todos los otros modos de fallo utilizarán un análisis intuitivo. Los principales principios de CBM son:

1. El enfoque de CBM se ocupa principalmente de la preservación del funcionamiento del equipo o del sistema. Para mejorar la confiabilidad funcional, se emplean múltiples equipos con

funciones redundantes, pero esto también conduce a mayores costos del ciclo de vida en términos de adquisición y gastos operativos.

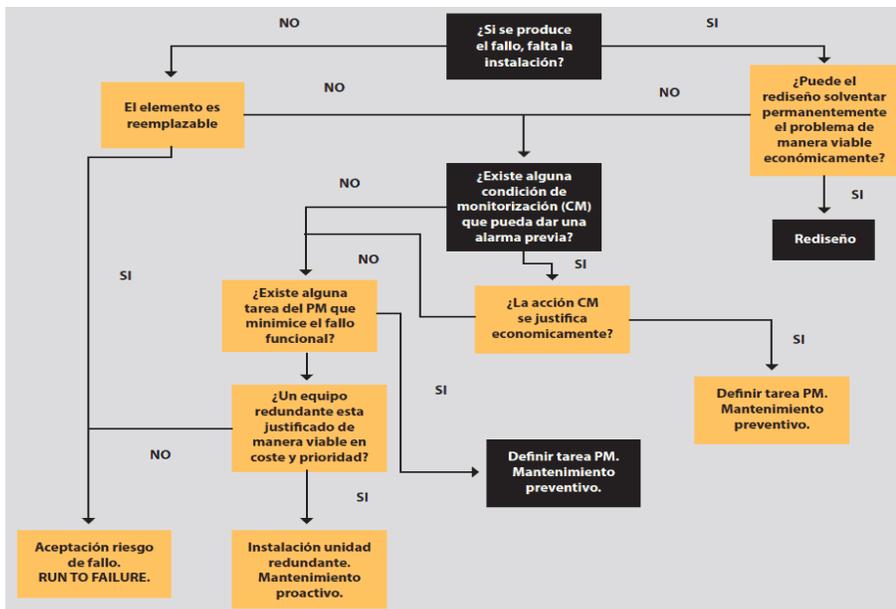
2. CBM, o mantenimiento basado en condiciones, es una metodología que prioriza la salud y el rendimiento de todo el sistema sobre el de sus componentes individuales. En otras palabras, CBM se centra en el sistema y pone mayor énfasis en garantizar el funcionamiento adecuado del sistema en su conjunto en lugar de centrarse únicamente en mantener la funcionalidad de cada componente.
3. El enfoque de CBM está en la confiabilidad, ya que prioriza la gestión de las estadísticas de fallas de manera contemporánea. Al examinar el vínculo entre la duración de la operación y la ocurrencia de fallas, CBM apunta a determinar la probabilidad de falla en momentos particulares mediante el uso de probabilidad condicional.
4. El objetivo principal del CBM, o mantenimiento basado en la condición, es mantener la confiabilidad innata del diseño del equipo. CBM reconoce que cualquier alteración en la confiabilidad inherente del equipo es responsabilidad del proceso de diseño y no del proceso de mantenimiento. En el mejor de los casos, el mantenimiento puede preservar y mantener el nivel de confiabilidad previsto inicialmente en el diseño del equipo. Sin embargo, CBM reconoce que la renovación del mantenimiento puede mejorar el diseño original.
5. Las fuerzas impulsoras detrás de CBM son la seguridad y la economía. La primera prioridad es siempre garantizar la seguridad, sin importar el coste. Una vez que se garantiza la seguridad, la atención se centra en la rentabilidad, que se convierte en el criterio principal para la toma de decisiones.
6. La definición de falla, tal como la describe CBM, abarca cualquier

condición que se considere insatisfactoria. Esto puede caracterizarse por un cese de la operación o por una falta de calidad que se considera aceptable, incluso si la operación persiste.

7. CBM Define Falla como Cualquier Condición Insatisfactoria - Por lo tanto, el fallo puede ser una pérdida de función (la operación cesa) o una pérdida de calidad aceptable (la operación continúa).
8. CBM utiliza un árbol lógico para tareas de mantenimiento de pantalla, esto proporciona un enfoque coherente para el mantenimiento de todo tipo de equipos médicos, biomédicos y electros médicos del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.

Figura 2

Árbol lógico de CBM



Fuente: (Chalifoux, 1999)

2.2.1.3 Gestión de mantenimiento

Los responsables de la gestión de activos en el interior del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco manifiestan que su función

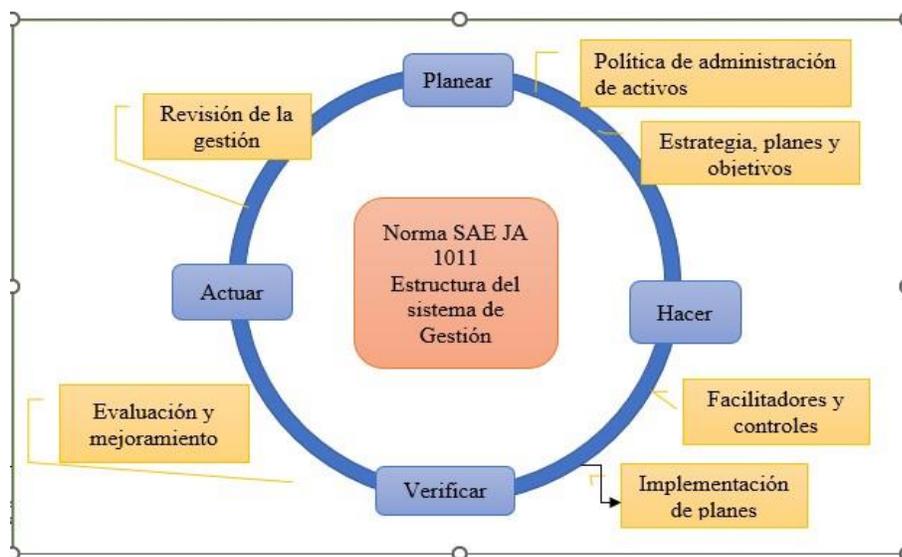
principal es optimizar los medios y recursos para la realización de las tareas de mantenimiento, aplicar conocimientos específicos para realizar las actividades y evaluar las consecuencias de las diferentes fases del ciclo de vida de los activos en los sistemas y entornos de instalaciones eléctricas. El propósito de lo anterior es prolongar la vida útil del equipo dentro de un período de tiempo determinado y mejorar la confiabilidad del proceso. Según lo define la norma ISO 14224, la gestión del mantenimiento moderna incluye todas las siguientes actividades de gestión: determinar los objetivos o prioridades de mantenimiento (definidos como objetivos asignados y aceptados por la unidad de gestión del mantenimiento), definidos como estrategias para el enfoque de gestión utilizado para lograr el objetivos o propósito y responsabilidades de gestión. Lo anterior permite entonces implementar y mejorar estas estrategias en el día a día planificando, programando y controlando la ejecución del mantenimiento, siempre teniendo en cuenta estos aspectos económicos de la entidad.

Para explicar mejor las ideas anteriores, el proceso de gestión del mantenimiento se puede dividir primero en la definición de la estrategia de mantenimiento, se deben establecer los objetivos de mantenimiento, los objetivos de mantenimiento deben estar en línea con las directrices del Ministerio de Salud y se puede financiar. Se proporcionan varias soluciones potenciales junto con escenarios de riesgo/recompensa y recomendaciones de las mejores soluciones para la toma de decisiones. El plan de mantenimiento depende del responsable de la división de mantenimiento, quien debe inculcar un cambio cultural tanto en su equipo como en su departamento que priorice el cumplimiento de las metas organizacionales y al mismo tiempo atienda las necesidades específicas del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E en la Región Cusco. . Esto implica formular políticas y objetivos de mantenimiento, diseñar métricas de desempeño (KPI), identificar y mitigar riesgos potenciales, asignar recursos para la

planificación y la presupuestación y establecer acuerdos de servicios operativos. La segunda mitad del plan implica coordinar las operaciones de mantenimiento con los tres niveles de actividad de la entidad (estratégico, táctico y operativo) para alinear las actividades de mantenimiento con las estrategias definidas. Identifique el estado actual, el estado futuro, las brechas y los planes de acción para cerrar brechas, e identifique las limitaciones del proceso, lo que dará como resultado un plan de mantenimiento general para el activo. A nivel táctico se debe determinar la correcta asignación de recursos para ejecutar el plan de mantenimiento; a nivel operativo las acciones deben asegurar que los técnicos seleccionados completen correctamente las tareas de mantenimiento en el tiempo acordado, siguiendo procedimientos y utilizando las herramientas adecuadas.

Figura 3

Mapa conceptual de la Estructura del sistema de Gestión



Fuente: Elaboración propia

2.2.1.4 Planificación.

El plan para el uso eficiente de la energía eléctrica tiene como objetivo general fomentar el aprovechamiento sustentable de dicha energía,

enfocándose principalmente en estrategias de eficiencia energética basadas en el cambio tecnológico, así como en el cambio del comportamiento de consumo por parte del usuario del servicio, manteniendo siempre una visión holística y optimista, y al mismo tiempo proponiendo herramientas necesarias para garantizar la validez del mismo en el tiempo (13).

Tabla 1

Planificación de mantenimiento en áreas más críticas del Hospital Túpac Amaru II-E

| Áreas Críticas | Objetivo Específico | Estrategias Planteadas |
|-------------------------------|--|--|
| Sistema de Iluminación | Incrementar la eficiencia de las lámparas de iluminación | <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="656 835 1445 909">➤ Asegurar el cambio tecnológico para incrementar la eficiencia de la iluminación. <li data-bbox="656 930 1445 1077">➤ Garantizar que el acceso a las lámparas de alto rendimiento sea continuo y económicamente sostenible, implementando un análisis de costo beneficio con respecto a las lámparas convencionales. <li data-bbox="656 1098 1445 1245">➤ Promover el uso de sistemas de detección de movimiento de ultrasonido y/o infrarrojo para el control automático de los sistemas de iluminación en el Hospital Túpac Amaru II - E <li data-bbox="656 1266 1445 1339">➤ Optimizar el uso del alumbrado exterior con control automático a través de fotoceldas o temporizadores. <li data-bbox="656 1360 1445 1476">➤ Analizar el impacto del uso de lámparas de alto rendimiento en la calidad de energía del servicio eléctrico (armónicos) <li data-bbox="656 1497 1445 1528">➤ Controlar el manejo de lámparas desechadas. |

| | | |
|--------------|-----------------------------------|---|
| Equipamiento | Equipos Médicos y electro médicos | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Establecer normas para mejorar la eficiencia de los equipos médicos y electro médicos nuevos que ingresan al Hospital Túpac Amaru II - E ➤ . ➤ Sustituir equipos médicos y electro médicos obsoletos y racionalizar el consumo de energía de los equipos nuevos |
|--------------|-----------------------------------|---|

| Área crítica | Objetivo específico | Estrategias planteadas |
|--|---|--|
| Motores y Bombas | Motores Bombas | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Evaluar y modificar del tipo de arranque de los motores. ➤ Mejorar la eficiencia de los motores nuevos que ingresan al Hospital Túpac Amaru II - E ➤ , actualizando las especificaciones técnicas |
| Medición | Implementar la medición del consumo de la energía eléctrica a niveles micro y macro | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Incluir medidores en el sistema eléctrico e implementar planes pilotos de medición, incorporando una red eléctrica inteligente (Smart Grid,) ➤ Implementar con medidores inteligentes. |
| Optimización y modernización del funcionamiento | Optimizar y modernizar la operación del sistema eléctrico | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Analizar el sistema a través de simulación del flujo de carga. ➤ Determinar posibles escenarios para garantizar un funcionamiento óptimo. ➤ Cambiar equipos obsoletos. ➤ Incluir nuevas tecnologías. ➤ Aplicar técnicas de inteligencia computacional para optimizar el desempeño de las redes eléctricas. |

Fuente: Elaboración propia

2.2.1.5 Metodología.

Adicional al proceso de CBM descrito, se pueden realizar pasos para incrementar la calidad del análisis y la efectividad del resultado, a pesar de que algunas actividades que se proponen como pasos adicionales al proceso de CBM existen y son contempladas (de manera intrínseca) para aplicar la metodología, se considera que se les debe dar mayor importancia para lograr el éxito al aplicar la metodología.

Los pasos adicionales que se proponen se dividen en tres etapas tal como se ve en la tabla N. ° 2.

Tabla 2

Pasos propuestos para la metodología de CBM.

| Antes de aplicar CBM | Durante el análisis de CBM | Después del análisis |
|--|--|---|
| ➤ Recopilar información | ➤ Normalizar el | ➤ Implementar el plan de |
| ➤ Elaborar taxonomía del equipo/sistema | análisis de modos y causas de falla | mantenimiento |
| ➤ Documentar contexto operativo | ➤ Categorizar efectos de falla | ➤ Gestión de las recomendacioneso acciones predeterminadas |
| | | ➤ Medir el desempeño |

Fuente: Elaboración fuente propia basado en la Norma SAE JA 1011

Antes de aplicar la metodología de CBM, es indispensable recopilar la información necesaria de los activos del Hospital Túpac Amaru II – E que servirá como insumo. Esta información incluye planos, diagramas, manuales, de operación/mantenimiento, documentos como el contexto operativo, también es esencial que se entreviste al personal de operación, producción y mantenimiento para extraer información sobre los requerimientos de desempeño deseados y problemas actuales que se estén presentando.

2.2.1.6 Supervisión.

Los supervisores de mantenimiento juegan un papel clave en la mejora continua, la salud y viabilidad de su área y la confiabilidad de cualquier planta. Por lo tanto, es extremadamente importante que quienes desempeñan este rol comprendan cómo su liderazgo y sus acciones serán una fuerza impulsora para demostrar la importancia del mantenimiento y la confiabilidad (14).

A continuación, se define:

a) Enfóquese en los modos de falla

La utilización de una estrategia basada en modos de fallo puede tener sus inconvenientes, ya que requiere una cantidad significativa de tiempo para su implementación. Es importante recordar, sin embargo, que se trata de un proceso de mejora continua y que los resultados pueden no ser inmediatos. Para llevar a cabo eficazmente esta estrategia como supervisor de mantenimiento, es fundamental tener una comprensión integral del término "modo de falla", que debe emplearse regularmente. Además, es fundamental garantizar que todos los técnicos de mantenimiento sean capaces de reconocer y comprender este concepto. El papel de los técnicos de servicio ha experimentado cambios significativos en las últimas décadas. La cultura del mantenimiento bajo demanda y de emergencia ha transformado a estos profesionales de expertos altamente capacitados a meros "componentes de reemplazo". A menudo se les pide que reemplacen rápidamente piezas o equipos defectuosos, en lugar de ser consultados sobre las razones detrás del fallo de dichos componentes.

b) Comprenda la criticidad de los equipos

Para los supervisores de mantenimiento, gestionar cronogramas que se adapten al trabajo planificado, incluido el mantenimiento preventivo y las tareas de mantenimiento predictivo, y al mismo tiempo cumplir con los plazos de desgaste, abordar emergencias y realizar el trabajo bajo demanda, puede ser una tarea frustrante. El

primer paso para resolver este dilema es realizar un ejercicio de análisis de criticidad. Esto permite priorizar esfuerzos y asignar recursos. Se debe seguir un enfoque integral y sistemático, que involucre a un equipo multidisciplinario, para garantizar resultados de análisis precisos.

c) Exija mantenimiento de precisión

La longevidad de los equipos, en particular de la maquinaria que gira, como bombas, generadores, lavadoras, motores y centrífugas, está muy influenciada por el mantenimiento de precisión. La velocidad a la que gira el equipo es irrelevante; La precisión en el diseño y la instalación es primordial. Para lograr esto, son necesarios una alineación de precisión, un equilibrio de precisión y un torque de precisión, junto con el uso de herramientas y equipos adecuados para cada tarea. Según los datos del análisis CBM (Condition Based Maintenance), aproximadamente el 70% de las fallas de mantenimiento se deben a la ausencia de un mantenimiento de precisión.

d) Ponga las herramientas adecuadas en las manos de personas adecuadas

Este párrafo plantea algunas preguntas para el equipo de CBM.

¿Cuántas personas tienen su propio conjunto de instrumentos de medición en su caja de herramientas? En nueve de cada diez hospitales la respuesta a esta pregunta es: "Tenemos instrumentos de medición en nuestro almacén, pero está cerrado con llave". La siguiente pregunta es ¿cuándo fue la última vez que lo usaste? Entonces la última pregunta es ¿cuándo fue la última calibración? El mensaje aquí es bastante simple: si las personas no tienen las herramientas adecuadas para hacer su trabajo, utilizarán las herramientas disponibles. El mantenimiento de precisión requiere las herramientas adecuadas; por lo tanto, es necesario asegurarse de

que el personal de mantenimiento tenga las herramientas adecuadas y las utilice.

e) Ubique y actualice los planos

Como electricista de mantenimiento, se enfrenta a una tarea desalentadora cuando se trata de planos obsoletos. Su principal prioridad es abordar rápidamente cualquier problema que pueda haber provocado un cierre repentino e inesperado del sistema, ya que cada momento cuenta para garantizar la seguridad de los pacientes. Es su responsabilidad liderar los esfuerzos para restaurar el sistema a su funcionalidad óptima. Para lograr esto, debe delegar tareas específicas a su equipo de técnicos y responsabilizarlos de realizar las revisiones necesarias de los planos. Recuerde, contar con planos precisos y actualizados es crucial para ahorrar tiempo y garantizar un resultado exitoso.

f) Trabajo en equipo

Debido a la complejidad de ciertas consultas operativas y de producción, es posible que el personal de mantenimiento no pueda brindar respuestas satisfactorias. Para asegurar respuestas integrales, se debe crear un equipo multifuncional, compuesto por personal tanto del sector de operación como de producción -que trabaja diariamente con los equipos-, así como especialistas en la metodología CBM. Este equipo multidisciplinario podrá abordar preguntas relacionadas con la operación deseada, los efectos de las fallas y las posibles consecuencias con precisión.

g) Cumplimiento de los cronogramas

La disciplina es un componente esencial del mantenimiento adecuado, que comienza con la formulación y organización de un horario de trabajo. Aunque el Supervisor de Mantenimiento no es responsable ni de la planificación ni de la programación, su

dedicación para cumplir con el cronograma establecido y colaborar con el equipo de operaciones para garantizar la finalización de todo el trabajo requerido es crucial. Esto comprende la respuesta inmediata a las emergencias en el Hospital Túpac Amaru II – Región E Cusco en el día a día, los mantenimientos correctivos programados, así como las operaciones de mantenimiento preventivo y predictivo.

h) El rostro de la confiabilidad del mantenimiento

Esto suena emocionante, especialmente para un joven ingeniero al que se le ha asignado el puesto de Supervisor de Mantenimiento como su primer paso de avance profesional. Entienda que este trabajo no será fácil, liderará a un equipo de personas que generalmente saben más sobre la subestación, los sistemas eléctricos y el equipamiento médico y electro médico de las que ahora es responsable; esas mismas personas también saben que tiene poco conocimiento sobre lo que hacen, cómo lo hacen y si son buenos para esta actividad y si no se involucra en todo el proceso de mantenimiento, también saben que fallará miserablemente y será reemplazado por el próximo Ingeniero joven en la fila. La clave es involucrarse en el proceso incrementará su capacidad resolutive liderando a su equipo.

“Tengo que decir que veo esto todo el tiempo y que si fuera un joven ingeniero al que se le asignara este rol, solo lo haría trabajando directamente con los técnicos mano a mano durante los primeros 3 meses. Debe conocer las herramientas, las tecnologías y las técnicas para apoyarlas, y si no se le concede la capacidad de trabajar codo con codo, se debe buscar un buen mentor experimentado que lo guíe, si uno es de los pocos afortunados que se queman las pestañas en el mundo del mantenimiento y la confiabilidad antes de convertirse en supervisor, no debe sentirse

demasiado afortunado; el equipo que lidera tendrá expectativas aún más altas, el viaje que tiene por delante y el camino que elija no solo será importante, sino también para aquellos que lo siguen en este proyecto” (12).

2.2.1.7 Ventajas y desventajas de la aplicación de CBM.

El análisis de instalaciones de sistemas eléctricos basado en el enfoque CBM y la aplicación práctica de medidas preventivas y paliativas derivadas de esta rigurosa investigación presenta una serie de ventajas frente a otros métodos para el mantenimiento de las instalaciones y la prevención de fallos y sus fallos o daños colaterales. Estas ventajas tienen mucho que ver con el rigor con el que se realizó el estudio, de hecho es un programa de mantenimiento que toma en cuenta no sólo los equipos, sino también la infraestructura e instalaciones del Hospital Túpac Amaru II en el Distrito Este de Cusco en su conjunto, va más allá de una simple suma de equipamiento. Al mismo tiempo, conlleva algunos inconvenientes que conviene conocer antes de iniciar una posible implantación.

a) La mejora de la seguridad

La primera ventaja es la mejora de la seguridad del Hospital Túpac Amaru II del Distrito Este del Cusco, es decir, la prevención de riesgos laborales. La propuesta es realmente eficaz y meticulosa a la hora de prevenir implícita y eficazmente los riesgos identificando, clasificando e intentando evitar todos los posibles fallos de los dispositivos que puedan provocar daños al personal. La CBM no puede reemplazar la evaluación de riesgos de una instalación, pero ciertamente puede complementarla.

b) La mejora del impacto ambiental

La segunda ventaja está relacionada con la mejora del impacto ambiental, por el mismo motivo expuesto en el párrafo anterior: estudiando las averías con impacto ambiental y anticipando

soluciones y sentando las bases para evitar accidentes y averías que tengan un impacto negativo en el medio ambiente.

c) El aumento de la producción

Una tercera ventaja es la mejora de los datos de producción. Se estudian los fallos de funcionamiento de las Unidades Proveedoras de Atención Médica (UPSS) y se toman las medidas necesarias para evitarlos según su importancia, lo que da como resultado un mayor rendimiento, es decir, un mayor volumen de atención al paciente en comparación con otras unidades. Aquellos donde la base de mantenimiento es menos estricta. Cuando se habla de producción hay que entender que la mejora no se trata sólo de la calidad, sino de la calidad del producto, entendida como identificar y tomar medidas para satisfacer las necesidades de los pacientes.

d) El aumento de fiabilidad de la instalación

Sin lugar a dudas, la ratio que se pueda ver más afectado es la fiabilidad, es decir, la posibilidad de que un sistema de las instalaciones pueda sufrir una avería imprevista, una parada no programada con anterioridad, un fallo que afecte a la seguridad, al medio ambiente, o a la planificación de la atención de los pacientes. Ese aumento de la fiabilidad, es precisamente la razón por la que los Establecimientos de Salud se interesan por esta técnica.

e) La disminución de costos de mantenimiento

No podemos olvidar la quinta ventaja de aplicar metano en vetas de carbón: cómo afecta a los costes. En muchos hospitales donde la confiabilidad es importante, como en la industria aeroespacial, inspeccionar, desmontar o reemplazar piezas con demasiada frecuencia no solo ayuda a mejorar los resultados de confiabilidad y reducir las fallas del equipo, sino que, a la inversa, puede provocar fallas en el equipo. No antes.

Estas son razones suficientes para garantizar que los estudios de CBM sean realizados por el personal técnico del Hospital Túpac

Amaru II en el distrito oriental del Cusco y no sólo por consultores externos.

f) Desventajas de CBM

CBM, o mantenimiento basado en condiciones, no debe verse como una solución integral a los problemas de la humanidad. Más bien, es una técnica sencilla en el mantenimiento de ingeniería que tiene beneficios claros y limitaciones claras.

Una de las principales desventajas está relacionada con la complejidad técnica del análisis que debe realizarse. No puede ser ejecutado por cualquiera, sino que requiere de profesionales cualificados que posean amplios conocimientos y experiencia en el mantenimiento de instalaciones de sistemas eléctricos.

La siguiente desventaja se refiere a la cantidad de tiempo necesario para ejecutarlo. Realizar un estudio de este calibre requiere una cantidad considerable de tiempo y compromiso. A modo de comparación, un grupo de tres ingenieros que trabajan a tiempo completo puede necesitar más de diez meses para finalizar un plan de mantenimiento basado en el monitoreo basado en la condición (CBM) para un hospital con sistemas complejos.

El tercer gran inconveniente es el coste. Mucho tiempo de dedicación de profesionales especializados y escasos no puede ser nunca barato. Que no sea barato no quiere decir que no sea rentable, ya que la inversión se recupera rápidamente en forma de aumento de producción, es decir en mayor atención de pacientes y disminución de coste de mantenimiento, pero es necesario realizar una inversión inicial en tiempo de recursos valiosos.

2.2.1.8 Indicadores básicos de mantenimiento.

Para comprender el cálculo y la definición de los indicadores de mantenimiento se debe de tener claro los siguientes términos: disponibilidad, fallo y tiempos de inactividad.

Disponibilidad total

Es, sin duda, el indicador más importante en mantenimiento, y por supuesto, el que más posibilidades de 'manipulación' se tiene. Si se calcula correctamente, es muy sencillo, dividir el número total de horas menos las horas de parada sobre las horas totales de un periodo que un equipo ha estado disponible para producir.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

MTBF (Mid Time Between Failure, tiempo medio entre fallos) Nos permite conocer la frecuencia con que suceden las averías.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{N}^\circ \text{ de averías}}$$

MTTR (*Mid Time To Repair, tiempo medio de reparación*)

Nos permite conocer la importancia de las averías que se producen en un equipo considerando el tiempo medio hasta su solución

$$\text{MTTR} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas de paro por avería}}{\text{N}^\circ \text{ de averías}}$$

Por simple cálculo matemático es sencillo deducir que:

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{\text{MTBF} - \text{MTTR}}{\text{MTBF}}$$

2.2.2 Calidad de energía y eficiencia energética.

2.2.2.1 Calidad de energía.

Calidad de energía es un término utilizado para referirse al estándar de calidad que debe tener el suministro de corriente alterna en las instalaciones eléctricas, en términos de:

- a) Tensión o voltaje constante
- b) Frecuencia constante
- c) Forma de onda sinusoidal (15).

En el diseño de nuevas redes de distribución se busca entregar energía de forma continua con la mayor eficiencia posible y respetar los parámetros de calidad especificados en las normas, como los niveles de tensión, la distorsión armónica de corriente y tensión o el rango de frecuencia. Estos requisitos sólo se pueden cumplir con una red flexible. La flexibilidad de la red se demuestra cuando existen múltiples alternativas para lograr el mismo objetivo. Por ejemplo, cuando se desea mantener los niveles de voltaje en alimentadores y se tienen capacitores en subestaciones, cambiadores de tomas en transformadores y reguladores electrónicos basados en convertidores. Cuando ocurre un evento, el propio sistema a través del algoritmo de control o el operador puede elegir diferentes alternativas para garantizar que se logre el objetivo. La redundancia de mecanismos consigue además que, aunque uno o varios de los dispositivos fallen, el sistema pueda seguir funcionando correctamente. Es por ello que se aumenta la robustez y la fiabilidad del sistema. Otra característica que debe tener el sistema es su rapidez de respuesta ante incidencias en la red. La actuación rápida elimina o mitiga las consecuencias de la mayoría de las incidencias.

La consecución de esta fiabilidad en las redes de distribución actuales se ha llevado a cabo mediante el uso de dispositivos electromecánicos que cumplen con los requisitos normativos pero que no son muy rápidos. Durante las últimas dos décadas se han ido incorporando distintos equipos de electrónica de potencia a nivel de transporte que han permitido mejorar el aprovechamiento de las líneas mediante el control del flujo de potencia y por tanto reduciendo las pérdidas del sistema (16).

2.2.2.2 Eficiencia energética.

“El uso eficiente de la energía busca producir un producto o servicio deseado como por ejemplo calor, luz, movimiento, evitando que se pierda energía. El ahorro de energía significa disminuir el consumo energético, dejando de realizar ciertas actividades, o reduciendo su frecuencia. El ahorro de energía está normalmente asociado a momentos de escasez, en esos casos se conoce como “racionamiento”. Dejar de usar energía aun cuando es necesario, como no usar la calefacción en el invierno o no usar suficiente iluminación durante la noche, no son formas eficientes de usar la energía, aun cuando puedan significar importantes ahorros en el gasto energético, ahora bien, la eficiencia energética apunta a usar menos energía, pero sin sacrificar el confort y sin perjudicar las actividades económicas. Principalmente la eficiencia energética contribuye a la reducción de costos, a la competitividad de las empresas, a la reducción de la contaminación local y global, a la reducción de la fragilidad y dependencia energética. Es por esto por lo que el empleo de equipos y procesos de mejor eficiencia dan como resultado un menor consumo de energía” (16).

“Con fecha 8 de setiembre de 2000, se promulgó la ley de promoción de Uso Eficiente de la Energía (Ley N° 27345). El 23 de octubre de 2007, a través del Decreto Supremo N° 053-2007-EM, se emite el Reglamento de la Ley, en la cual se formula las disposiciones para promover el uso eficiente de energía en el país. Cuyo objetivo es fomentar el uso eficiente de la energía para asegurar el suministro de energía, proteger al consumidor, promover la competitividad y reducir el impacto ambiental. Además, señala las facultades que tiene las autoridades competentes” (17).

2.2.2.3 Contaminación energética.

En los últimos años ha aumentado el interés de productores y usuarios

por hacer un mejor uso de la energía eléctrica.

Si bien los avances en campos como la electrónica de potencia han permitido aumentar la eficiencia de los equipos eléctricos, las cargas no lineales que representan pueden empeorar la calidad de la energía entregada por las empresas generadoras, aunque también pueden distorsionar a los fundamentales, debido a la generación armónica inherente, producen enormes distorsiones de la corriente requerida por la línea eléctrica de CA. *"En este sentido, las cargas resistivas, inductivas y capacitivas se consideran cargas lineales porque en realidad requieren una corriente sinusoidal"* (18).

"Según el estándar IEEE-519, los armónicos se definen como el contenido de una señal cuya frecuencia es un múltiplo entero de la frecuencia de repetición fundamental, o frecuencia fundamental (Hubbard, 1995). Su presencia puede provocar diversas causas, por ejemplo: sobrecalentamiento de transformadores y cables conductores (principalmente cables neutros), fallas en plantas de energía y contaminación armónica, resonancia e interferencia electromagnética en equipos de comunicación en sistemas circundantes, todos los cuales han sido marcados con niveles de tolerancias armónicas permitidas" (19).

En la norma internacional IEC 1000-3-2, por ejemplo, se establecen los límites para los armónicos de corriente en aquellos aparatos que consumen menos de 16 A por fase.

El Hospital Túpac Amaru Clase II-E de la región Cusco cuenta con numerosos equipos médicos, biomédicos y de cómputo que distorsionan el voltaje y corriente de suministro debido al uso de rectificadores de onda completa para sus fuentes de alimentación. Para la conversión de corriente alterna (CA) a corriente continua (CC), en general, las cargas residenciales no lineales se pueden representar mediante el circuito que se muestra en la Figura 4, donde R y L

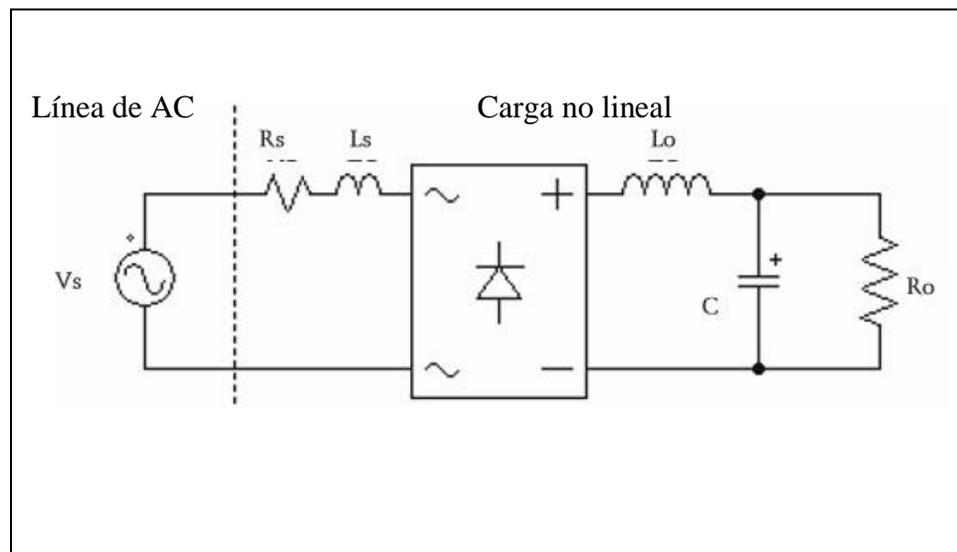
representan la impedancia de la línea de CA o, dado que algunos dispositivos usen transformadores para reducir el voltaje de la línea, por lo que R_s y L_s pueden ser parámetros de este transformador.

L_o y C forman el filtro para obtener voltaje y corriente CC, R_o representa el elemento que consume la potencia entregada a la carga no lineal.

V_s representa la línea de alimentación alterna ($V_s = \sqrt{2}V_{rms} \sin(\omega t)$); donde V_{rms} es el voltaje eficaz y $\omega = 2\pi.f$, siendo f la frecuencia de la línea.

Figura 4

Circuito de esquematización de carga no lineal



Fuente: Elaboración propia.

2.2.2.4 Armónicos.

“Los armónicos son tensiones o corrientes sinusoidales que tienen frecuencias enteras. Las formas de onda distorsionadas se pueden descomponer en la suma de la frecuencia fundamental y los componentes armónicos. Los niveles de distorsión se describen mediante el espectro armónico completo con magnitudes y ángulos de fase para cada componente armónico individual. También es

común utilizar una cantidad única, la distorsión armónica total (THD), como medida del valor de la distorsión armónica, la distorsión armónica se origina en lo no lineal. Fuentes armónicas típicas son variadores de velocidad y otros equipos basados en electrónica de potencia” (18).

El principal problema relacionado con las perturbaciones armónicas es la resonancia armónica. La resonancia puede aumentar las distorsiones armónicas a un nivel que puede dañar el equipo o provocar un mal funcionamiento del equipo, los condensadores de corrección del factor de potencia en distribución de sistema es la principal causa de resonancia armónica. Otros efectos de los armónicos son sobrecarga del equipo, aumento de las pérdidas, a veces, mal funcionamiento del equipo. El índice de armónicos más utilizado es:

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} * 100 \% \quad \text{and} \quad THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} * 100 \%$$

“Esto se define como la relación entre el valor rms de los componentes armónicos y el rms. valor del componente fundamental y generalmente expresado en porcentaje. Este índice es utilizado para medir la desviación de una forma de onda periódica que contiene armónicos de una onda sinusoidal perfecta. Para una onda sinusoidal perfecta y la frecuencia fundamental, la THD es cero” (13).

Figura 5

Distorsión armónica en la forma de onda de tensión

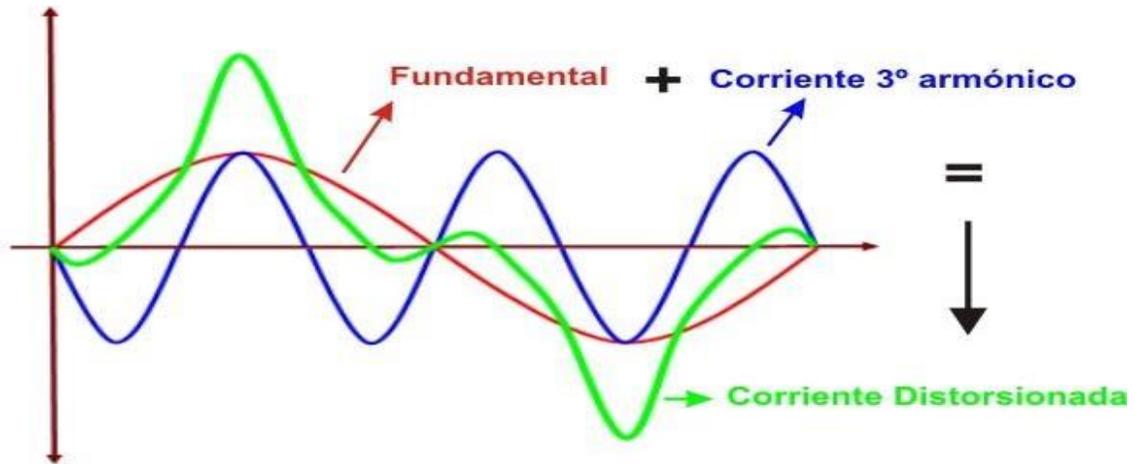
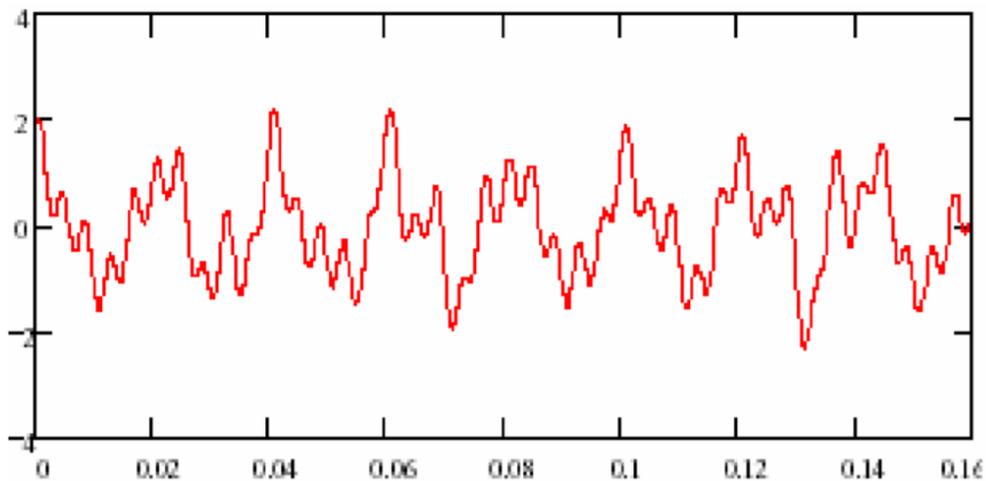


Figura 6

Formas de onda con componentes armónicos e inter armónicos



2.2.2.5 Flícker.

“El Flicker es la impresión de inestabilidad sensorial visual evocada por un estímulo luminoso, cuyo brillo o distribución espectral fluctúa en el tiempo, un cambio sistemático o una serie de cambios de voltaje” (7).

"Las fluctuaciones de voltaje son un fenómeno electromagnético y

Flicker es una consecuencia indeseable de las fluctuaciones de voltaje en ciertas cargas. Uno de los componentes más sensibles a estos cambios de corta duración es la lámpara incandescente, que es el componente en el que vemos que este fenómeno se refleja más. porque podemos evitar o eliminar los dispositivos electrónicos con reguladores de voltaje” (7).

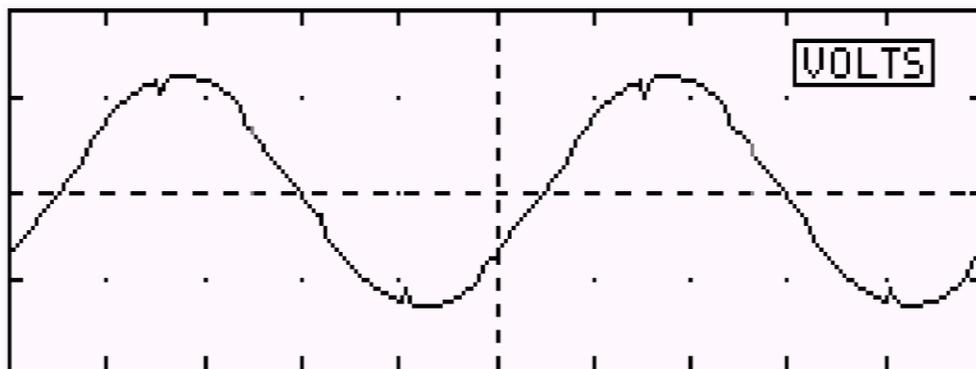
2.2.2.6 Muestras.

“Como se muestra en la figura (06). Es una perturbación periódica de voltaje causada por funcionamiento normal de los dispositivos electrónicos de potencia, cuando la corriente se conmuta de una fase a otra. El entallado se puede caracterizar a través del espectro armónico del voltaje afectado. Aunque la muesca es un caso especial de armónicos de voltaje, es generalmente tratada como una perturbación independiente” (7).

“Los componentes de frecuencia asociado con las muescas pueden ser bastante alto y no se puede medir fácilmente con equipo normalmente utilizado para el análisis de armónicos” (7).

Figura 7

Muestras de voltaje debido a dispositivos electrónicos de potencia



2.2.2.7 Ruido.

“Como se muestra en la figura (7), se define como señales eléctricas no deseadas con contenido espectral de banda ancha inferior a 200 kHz, superpuesto al sistema de energía voltaje o corriente en conductores de fase, o que se encuentran en conductores neutros o líneas de señal. Los dispositivos electrónicos de potencia pueden causar ruido en los sistemas de potencia, circuitos de control y equipo de arco. Básicamente, el ruido consiste en cualquier distorsión no deseada de la señal de potencia que no puede clasificarse como armónica distorsión o un transitorio. El ruido perturba los dispositivos electrónicos como micro computadoras y controladores programables” (7).

2.2.3 Calidad de producto de energía eléctrica.

"La estandarización del suministro eléctrico, conocida como calidad de energía, se logra mediante el establecimiento de regulaciones para diversos aspectos como niveles, parámetros fundamentales, formas de onda, armónicos, niveles de distorsión por armónicos e interrupciones, entre otros. La regulación de la calidad del suministro eléctrico suele estar determinada por el país o región de origen y se implementa a través de diversos sistemas como baja, media o alta tensión, así como corriente alterna o continua. Además, la generación o transmisión de electricidad incluye diferentes tipos de sistemas, como sistemas monofásicos, bifásicos o trifásicos” (18).

"La calidad del producto suministrado al cliente se evalúa mediante el cruce de tolerancias de tensión, frecuencia y nivel de perturbación en el punto de entrega, y el control de la calidad del producto se realiza mensualmente, denominado -Período de control-" (20) . “La energía eléctrica, como producto de consumo, debe mantener una determinada calidad, de lo contrario afectará a todos los equipos que directa o

indirectamente dependan de ella. En materia de armónicos, también existen normas al respecto, que no deben exceder los límites establecidos según cada normativa. Para equipos electrónicos o eléctricos, deben adaptarse y cumplir una serie de normativas para no interferir con la red a la que están conectados” (21).

2.2.4 Sistema de protección sobre descargas atmosféricas (Pararrayos).

“Según la normativa de la CNE, el artículo 150-500 describe el requisito de que se instalen pararrayos (también conocidos como pararrayos o pararrayos) en cada subestación de distribución. Esto es especialmente necesario en zonas donde se producen con frecuencia perturbaciones atmosféricas y no se dispone de otra forma de protección. El sistema de pararrayos está diseñado para atraer los rayos hacia él y dirigir la descarga eléctrica de forma segura al suelo, evitando así daños a personas o edificios. El objetivo principal de este sistema es garantizar la protección contra los daños causados por la caída de rayos.” (22).

“Los pararrayos consisten en una barra de hierro con una punta de cobre o platino colocada en la parte superior del edificio que protegen. La barra está unida a tierra mediante un cable conductor. La zona de protección de un pararrayos generalmente tiene un radio igual a su altura desde el suelo. Como resultado, evita la destrucción por el impacto de un rayo en estructuras, árboles o personas circundantes. Los pararrayos funcionan según el principio de que la descarga electrostática sigue el camino de menor resistencia, y los metales ofrecen un camino de baja resistencia para la corriente eléctrica. Dado que es más probable que los rayos caigan sobre objetos más altos, es necesario colocar las varillas en el punto más alto de un edificio. Actualmente, se utilizan dos tipos de pararrayos para proteger los circuitos eléctricos: de resistencia variable y de óxido de zinc.. Los primeros asocian una serie de explosiones y unas resistencias no lineales (variancias), el valor de su resistencia disminuye,

según una ley no lineal la resistencia varía fuertemente en función de la tensión eléctrica aplicada, capaces de limitar la corriente después del paso de la onda de choque” (21) por lo que, es de suma importancia que el Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco cuente con este sistema de protección sobre descargas atmosféricas, a fin de evitar daños en las instalaciones y recursos humanos”.

2.2.5 Normas técnicas.

- “El Código Nacional de electricidad establece las normas aplicables a los factores de demanda en el Artículo 050-206 y, asimismo, establece los parámetros para el suministro de energía eléctrica a hospitales en el Artículo 140-000”.
- “La Norma Técnica de Salud N.º 113-MINSA determina el marco técnico normativo de la infraestructura y equipamiento de los establecimientos de salud para la atención del primer nivel del sector salud”.
- “El documento del RETIE contiene las orientaciones más importantes sobre seguridad y buenas prácticas eléctricas”.
- “D. S. N.º 020-97-EM.- Aprobaron normas técnicas de calidad del servicio eléctrico”.
- Guía N.º. 13 La Dirección General de Eficiencia Energética del Ministerio de Energía y Minas ha recopilado lineamientos para proyectos de aprovechamiento eficiente de la energía y diagnóstico energético en hospitales.
- Resolución Ministerial N.º 051-2015-MINSA que aprueba la Guía Técnica para Mantenimiento del Pozo de Puesta a Tierra en los Establecimientos de Salud
- Guía técnica para el mantenimiento del pozo de puesta a tierra en los establecimientos de salud.

Tabla 3

Reglamento técnico peruano sobre eficiencia energética en área eléctrica

| Sub comité | Ítem | Id de Norma | Nombre de la norma |
|---------------------------|------|--------------------|--|
| MOTORES ELECTRICOS | 1 | NTP 399.450.2003 | Eficiencia Energética de motores tipo jaula de ardilla. Límites y Etiquetado. |
| | 2 | NTP 399.450:2008 | Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, de propósito general, potencia nominal de 0,746 kW a 149,2 kW. Límites y Etiquetado. |
| ILUMINACION | 3 | NTP 370.100.2000 | Lámparas Fluorescentes compactas (LFCs). Definiciones, requisitos y rotulado. |
| | 4 | NTP 370.101.2003 | Etiquetado de eficiencia energética para lámparas de uso doméstico. |
| | 5 | NTP 370.101-1:2008 | Etiquetado de eficiencia energética para lámparas incandescentes y similares de uso doméstico. |
| | 6 | NTP 370.101-2:2008 | Etiquetado de eficiencia energética para lámparas fluorescentes compactas, circulares, lineales y similares de uso doméstico. |

Fuente: Ministerio de Energía y Minas 2017

Tabla 4

Valores de iluminancia en Hospitales y Centros Médicos

CALIDAD DE LA ILUMINACIÓN POR TIPO DE TAREA VISUAL O ACTIVIDAD

| CALIDAD | TIPO DE TAREA VISUAL O ACTIVIDAD |
|---------|--|
| A | Tareas visuales muy exactas |
| B | Tareas visuales con alta exigencia. Tareas visuales de exigencia normal y de alta concentración |
| C | Tareas visuales de exigencia y grado de concentración normales; y con un cierto grado de movilidad del trabajador. |
| D | Tareas visuales de bajo grado de exigencia y concentración, con trabajadores moviéndose frecuentemente dentro de un área específica. |
| E | Tareas de baja demanda visual, con trabajadores moviéndose sin restricción de área. |

Fuente: Norma EM 010 RNE

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Metodología y alcance de la investigación

3.1.1 Método de la investigación.

Método específico: Método inductivo hipotético, el cual nos permite sacar una conclusión general a partir de un dato o hecho particular o específico de la investigación.

Según Hernández, según este método se considera cuantitativo porque es una investigación de ingeniería y las variables de estudio deben medirse y cuantificarse en indicadores que permitan tomar decisiones, también se recolectan datos para probar la base de mediciones numéricas y supuestos (23).

“De acuerdo con el fin que se persigue es una investigación aplicada, dado que en la presente investigación utilizaremos los conocimientos adquiridos en la Ingeniería Eléctrica. También, porque recolecta información ya existente (fuentes primarias y secundarias) para solucionar los problemas encontrados durante en la investigación” (24).

En este sentido, el presente trabajo de investigación es un trabajo de campo descriptivo porque es flexible, lo que le permite someterse a un esquema de inferencia de tal manera que el objeto de investigación se clasifica como descriptivo porque intenta especificar propiedades, características y rangos importantes de las variables de análisis.

3.1.2 Alcance de la Investigación.

La tesis tiene como alcance optimizar el sistema eléctrico previo diagnóstico de la calidad de producto y suministro según (NTCSE) en el hospital Túpac Amaru nivel II-E de la región Cusco, a través del mantenimiento basado en condición (CBM), asociados a las instalaciones y equipamiento médico a fin

de demostrar el incremento de la disponibilidad y mantenibilidad la cual generará la implementación y la elaboración de un plan de estrategias de mantenimiento basado en condición.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de este estudio es de carácter no experimental y transversal. Es exploratorio porque tiene como objetivo diagnosticar las condiciones de las instalaciones y equipos médicos del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco. La investigación es descriptiva, ya que busca obtener generalizaciones significativas de situaciones y hechos que contribuyan al conocimiento. Asimismo, se describirán, registrarán, examinarán, analizarán e interpretarán las actividades realizadas en la Unidad de Servicios y Mantenimiento. Esto se hace con el propósito de lograr una gestión óptima del mantenimiento acorde a la realidad actual.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población.

La población es el conjunto de individuos, objetos, elementos o fenómenos en los cuales puede presentarse determinada característica susceptible de ser estudiada, asimismo refiere que una población finita es aquella cuyos elementos en su totalidad son identificables por el investigador, la población de la presente tesis es el Hospital Túpac Amaru II-E de la Región del Cusco (25).

3.3.2 Determinación de la muestra.

La determinación del tamaño de la muestra es un paso importante en cualquier estudio y debe justificarse adecuadamente en función del enfoque del problema, la población, los objetivos y propósitos del estudio, y el tamaño de la muestra dependerá de decisiones estadísticas no estadísticas, disponibilidad de recursos. , presupuesto o equipo de campo. Las muestras

consideradas en el presente trabajo de investigación provienen de subestaciones (01 tablero principal y 19 tableros de distribución).

Antes de calcular el tamaño de la muestra es necesario determinar los siguientes aspectos:

- a) Tamaño de la población. Una población es una colección bien definida de objetos o individuos con características similares, y para ello consideraremos dos tipos de poblaciones: Las poblaciones objetivo, a menudo con características diferentes, también se denominan poblaciones teóricas. La población accesible es la población a la que aplicaremos nuestras conclusiones.
- b) Margen de error (intervalo de confianza). El margen de error es una estadística que expresa la magnitud del error de muestreo aleatorio en los resultados de una encuesta, es decir, es una medida estadística de las 100 veces que se espera que un resultado esté dentro de un rango específico. .
- c) Niveles de confianza, que son intervalos aleatorios que utilizaremos para acotar valores con una cierta probabilidad alta. Por ejemplo, un intervalo de confianza del 95% significa que es probable que los resultados de una operación sean los esperados el 95% de las veces.
- d) La desviación estándar, es un índice numérico de la dispersión de un conjunto de datos (o población). Mientras mayor es la desviación estándar, mayores la dispersión de la población.

La fórmula para calcular el tamaño de muestra finito cuando se conoce el tamaño de la población es la siguiente.

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

En donde

N = Numero de tableros considerados= 19

Z = nivel de confianza, = 95%

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada = 70%

Q = probabilidad de fracaso = 30%

D = precisión (error máximo admisible en términos de proporción) = 5%

| Parámetro | Insertar valor | Numerador | Denominador | n |
|-----------|----------------|-----------|-------------|-------|
| N | 19 | 15.327984 | 0.851736 | 18.00 |
| Z | 1.96 | = 95% | | |
| P | 70% | | | |
| Q | 30% | | | |
| D | 5% | | | |

Aplicando la formula se ha obtenido el tamaño de la muestra de 18 unidades.

3.3.3 Criterios de selección de la muestra.

El procedimiento fue no probabilístico se ha utilizado para seleccionar la muestra, a criterio o juicio del investigador, debido a que fue escogida de acuerdo a la conveniencia del investigador, se considerarán las áreas afines aquellas que tienen relación directa con lo investigado (25).

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Para la realización del diagnóstico energético retrospectivo, utilizaremos el análisis documental de donde obtendremos data histórica sobre la demanda del hospital, para luego realizar el análisis de consumo de energía y de la calidad de producto de energía eléctrica suministrada en el “Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco”, para lo cual haremos uso de un instrumento de recolección de datos respecto a la variable dependiente a través de un instrumento de medición, analizador de redes trifásico el cual es ideales para realizar pruebas de calidad

eléctrica, con el apoyo de un Analizador de Redes PQA 824, con el cual podremos determinar la calidad del producto que Electro Sur Este S.A.A. suministra en la Las herramientas de investigación y recopilación de datos son medios que utilizan los investigadores para medir el comportamiento o las propiedades de las variables. Para recopilar información se utilizan las siguientes tecnologías:

- Observaciones directas.
- Entrevistas no estructuradas.

Se observó el funcionamiento del subsistema de distribución y todo el proceso de distribución de energía. Otra técnica de recopilación de información utilizada para este estudio es la entrevista no estructurada, que no está formalmente estandarizada y por lo tanto permite más o menos mucha libertad para formular preguntas y respuestas para este propósito. Toma de datos mediante instrumentación calibrada mediante técnicas de recolección e instrumentos por encuesta y observación directa, analizador de redes trifásico marca HT modelo PQA 824.

3.4.1 Recolección de datos.

En el proceso de la investigación se ha obtenido una información que, el sistema de respaldo de energía eléctrica conformado por un grupo electrógeno de 250 KVA y un sistema de transferencia automática de 200 KVA con que cuenta no respondió a la emergencia por encontrarse inoperativo por una falla del conmutador o interruptor de transferencia y resultado fue que, Dos pacientes de coronavirus casi pierden la vida como consecuencia de un fallo eléctrico que deshabilitó el manifold del banco de oxígeno y generó una pérdida de S/.38,680.00 Soles en biológicos (vacunas) provocando una ruptura de cadena de frío en el área de inmunizaciones del hospital Túpac Amaru.

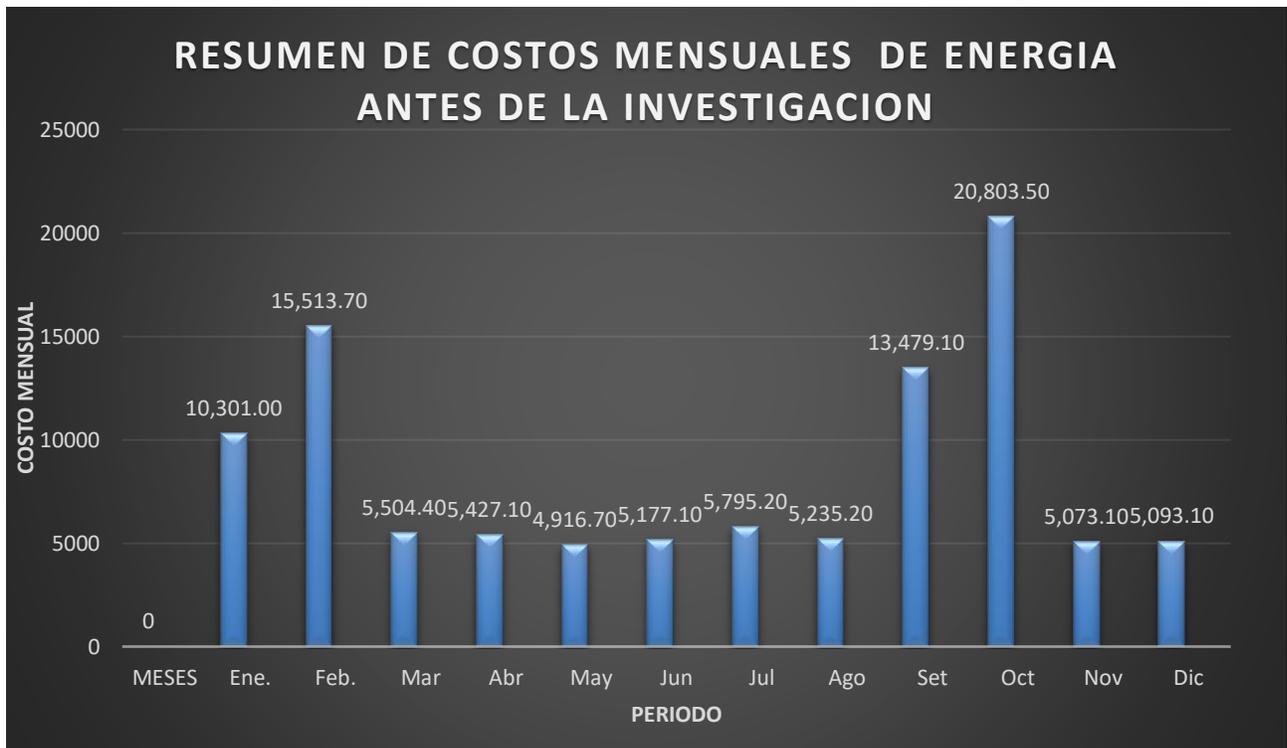
Esta información está basada en el plan de mantenimiento 2021, lo cual no se está aplicando en el sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco, de esta forma se logra identificar los puntos fuertes, falencias y oportunidades de mejora, por otro lado, el consumo de energía histórico que

se muestra en la Tabla N.º 5 evidencia un alto consumo de energía y un gasto oneroso para la entidad.

Este análisis del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco, se consolidó con la ayuda de los integrantes de unidad de mantenimiento el cual está conformado por técnicos mecánicos, técnicos eléctricos y jefe de mantenimiento general de la sede de Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.

Tabla 5

Resumen de costos



Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Instalación de analizador de redes en el suministro de baja tensión.

El objetivo de este procedimiento es que nos permite medir la calidad del producto que se suministra al usuario (Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la

Región Cusco) en el marco de la Norma Técnica de Calidad de los servicios Eléctricos D.S. N.º 020-97-EM.

3.4.2.1 Características principales del equipo.

Figura 8

Analizador de redes eléctricas utilizado en la recolección de datos



Fuente: Fotografía propia

- Visualización en forma numérica o gráfica
- Diagrama vectorial Tensión/Intensidad.
- Análisis armónicos hasta 49º y THD% de V e I.
- Perturbaciones de Red (Huecos y picos).
- Análisis del Flicker según EN50160.
- Análisis Asimetría de V según EN50160.
- Análisis Transitorios (Spikes).

- Medida de registro corriente de pico de motores.
- Pantalla TFT Color Táctil.

3.4.2.2 Características técnicas.

— Tensión TRMS CA/CC Fase-Neutro/Fase-Tierra – Sistema Monofásico /Trifásico

| Escala | Precisión | Resolución | Impedancia de entrada |
|---------|----------------------------------|------------|-----------------------|
| 0-0.6kV | $\pm(0.5\% + 2 \text{ dígitos})$ | 0.1V | 10M Ω |

— Tensión TRMS CA/CC Fase-Fase/– Sistema Monofásico / Trifásico

| Escala | Precisión | Resolución | Impedancia de entrada |
|--------|----------------------------------|------------|-----------------------|
| 0-1 kV | $\pm(0.5\% + 2 \text{ dígitos})$ | 0.1V | 10M Ω |

— Anomalías de Tensión – Fase-Neutro – Sistema Monofásico / Trifásico conNeutro

| Escala | Precisión | Presión tiempo(50Hz) | Resolución | Resolución deTiempo |
|--------|--------------------------------|----------------------|------------|---------------------|
| 0-6 kV | $\pm(1\% + 2 \text{ dígitos})$ | $\pm 10 \text{ ms}$ | 0.2V | 10 ms |

— Anomalías de Tensión – Fase-Fase – Sistema Trifásico sin Neutro

| Escala | Precisión | Presión tiempo(50Hz) | Resolución | Resolución deTiempo |
|--------|--------------------------------|----------------------|------------|---------------------|
| 0-1 kV | $\pm(1\% + 2 \text{ dígitos})$ | $\pm 10 \text{ ms}$ | 0.2V | 10 ms |

— Spike de Tensión – Fase-Tierra - Sistema Monofásico y Trifásico

| Escala | Precisión | Presión tiempo (50Hz) | Resolución nTensión | Intervalo de observación (50Hz) |
|------------------------|---|-----------------------|---------------------|--|
| -1÷-1 kV 0.1÷1 kV | $\pm(2\% \text{lectura} + 60 \text{ V})$ | $\pm 10 \text{ ms}$ | 1V | 78 μs – 2.5ms (SLOW) |
| -6÷-0.1 kV 0.1÷6 kV | $\pm(10\% \text{lectura} + 1 \text{ kV})$ | | 15V | 5 μs - 160 μs (FAST) |

— Corriente a través de transductor Estándar STD

| Escala | Precisión | Resolución | Impedancia de entrada | Protección de Sobrecarga |
|---------|---------------------------------|------------|-----------------------|--------------------------|
| 0÷100mV | $\pm(0.5\text{lectura}+0.06\%)$ | 0.1mV | 510k Ω | 5V |

— Potencia – Sistema Monofásico y Trifásico (@ $\text{Cos}\phi > 0.5$ e $V_{\text{med}} > 60\text{V}$)

| Parámetro [W, VAr, VA] | Fondo Escala Pinza FE | Resolución [W, VAr, VA] | Precisión | Resolución [W, VAr, VA] |
|---|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Potencia Activa Potencia Reactiva Potencia Aparente | FE $\leq 1\text{A}$ | 0-999.9 1-9.999k | $\pm(1\%\text{lect}+6)$ | 0.1 0.001k |
| | 1A < FE $\leq 10\text{A}$ | 0-9.999K 10-99.99k | | 0.001k 0.01k |
| | 10A < FE $\leq 100\text{A}$ | 0-99.99k 100-999.9k | | 0.01k 0.1k |
| | 100A < FE $\leq 3\text{kA}$ | 0-999.9k 1-9.999m | | 0.1k 0.001M |

Figura 9

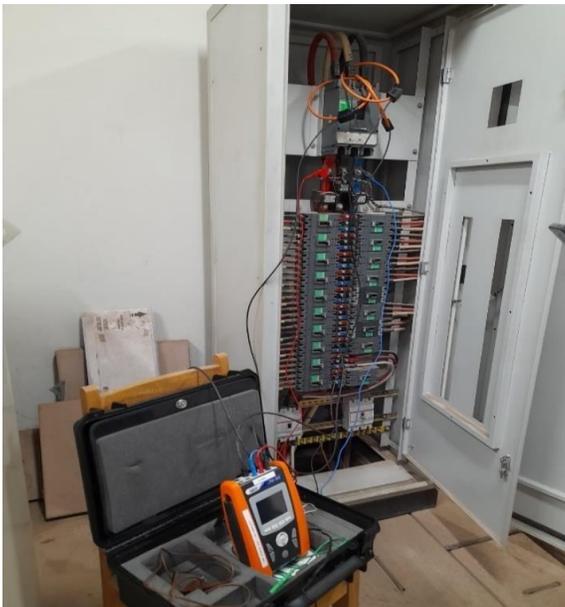
Instalación del analizador de redes en la sub estación eléctrica del Hospital Túpac Amaru II- E



Fuente: Elaboración propia

Figura 10

Analizador de redes instalado en la sub estación para monitorizar la calidad



Fuente: Elaboración propia

MEDICIÓN:

Se realizó la conexión del analizador de redes al tablero general luego se configuró el equipo para que analice en el tipo de conexión que se encuentra el tablero, reconociendo que el sistema trifásico consta de tres Fases y una Tierra.

3.4.3 La encuesta.

Como se planteó al inicio la encuesta es la técnica y procedimiento para obtener información en una población concreta y el cuestionario es un instrumento aplicado durante la encuesta tal como se puede apreciar en el anexo 3; para la primera variable Mantenimiento basado en condición (CBM) y consta de 10 preguntas dicotómicas. Con una duración de 35 minutos.

3.4.4 Observación directa.

Como se puede apreciar en el anexo 3; para la segunda variable optimizar el sistema eléctrico previo diagnóstico de la calidad de producto y suministro según (NTCSE).

Mediante instrumentos como el analizador de redes para la recopilación de datos de las instalaciones eléctricas y especiales están desarrollados de acuerdo con el diseño Arquitectónico, constituido por una edificación de dos niveles.

La energía eléctrica para el Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco, está suministrada a la acometida de acceso principal en media tensión exclusivamente para este hospital, el cual está alimentado por un tablero eléctrico autosoportado, dado que la carga proyectada es de 142.32 KW, el suministro de energía eléctrica de emergencia está abastecido por un Grupo Electrónico de 200 kVA, con su respectivo tablero de transferencia automática para 200 kVA. El cálculo de la potencia instalada y máxima demanda ha sido calculado siguiendo los lineamientos del Código Nacional de Electricidad Utilización y Reglamento Nacional de edificaciones, tal como se muestran en el cuadro de cargas (19).

Se observó el examen del subsistema de distribución eléctrica y el proceso de distribución que lo acompaña. Además, la entrevista no estructurada es una de las técnicas que se utilizará para recopilar información para esta investigación. Este método de entrevista no tiene una estandarización formal, lo que permite un mayor grado de libertad tanto en la formulación de preguntas como en la entrega de respuestas. También se utilizarán encuestas y observación directa como técnicas e instrumentos de recolección, junto con la recolección de datos utilizando la instrumentación calibrada de un analizador de red trifásico, el modelo HT Brand PQA 824.

El cálculo de la potencia instalada y máxima demanda ha sido calculado siguiendo los lineamientos del Código Nacional de Electricidad Utilización y Reglamento Nacional de edificaciones, tal como muestran en el cuadro de cargas tabla N.º 6.

Tabla 6*Tableros de distribución Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de máxima demanda*

| TABLERO | I max. (Amp) | U (V) | P max. (KW) |
|----------------------|---------------------|--------------|--------------------|
| TG | 600 | 220 | 132.00 |
| TD-01 | 100 | 220 | 22.00 |
| TD-02 | 30 | 220 | 6.60 |
| TD-03 | 40 | 220 | 8.80 |
| TD-04 | 40 | 220 | 8.80 |
| TD-05 | 40 | 220 | 8.80 |
| TD-06 | 40 | 220 | 8.80 |
| TD-07 | 30 | 220 | 6.60 |
| TD-08 | 30 | 220 | 6.60 |
| TD-09 | 40 | 220 | 8.80 |
| TD-10 | 30 | 220 | 6.60 |
| TD-11 | 40 | 220 | 8.80 |
| TD-12 | 40 | 220 | 8.80 |
| TD-13 | 60 | 220 | 13.20 |
| TD-14 | 30 | 220 | 6.60 |
| TD-15 | 100 | 220 | 22.00 |
| TD-16 | 100 | 220 | 22.00 |
| TD-17 | 100 | 220 | 22.00 |
| TD-18 | 100 | 220 | 22.00 |
| TD-19 | 30 | 220 | 6.60 |
| DEMANDA TOTAL | | | 224.40 |

*Fuente: Elaboración propia***3.4.5 Procesamiento de datos.**

Teniendo en cuenta que se tendrán varios parámetros de diseño, su procesamiento implicará un análisis multivariado, que nos permitirá analizar las relaciones entre variables independientes y dependientes.

- a) Optimizar el sistema eléctrico
- b) Mantenimiento basado en condición (CBM).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Diagnóstico de la situación actual.

4.1.1 Información general reseña histórica.

El 20 de junio del 2018, se crea el “Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco”, mediante Resolución Directoral N° 900-2018-DRSC/OGRH. Donde se otorga la Categoría Nivel II-E de la Región Cusco, Hospital de Atención General, para brindar servicios de salud integral y especializada con eficiencia y oportunidad, teniendo como ámbito referencial de una población de 115 305 Habitantes

Misión

Es un Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco de mediana complejidad que brinda servicios integrales de salud, con calidad, equidad y eficiencia, con personal calificado, competente y comprometido, desarrollando investigación y Docencia, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de las personas.

Visión

Ser al 2030 un Hospital docente y de investigación, líder, competitivo y reconocido a nivel nacional e internacional, que satisface las necesidades de salud de las personas.

Ubicación del Hospital

El Hospital Túpac Amaru Nivel II-E se encuentra en el departamento de Cusco, provincia de Cusco, Distrito de San Sebastián, ubicado en la Urbanización Túpac Amaru, su área de influencia está circunscrita a la jurisdicción de la Red de Servicios de Salud Cusco Sur – Gerencia Regional de Salud Cusco, que abarca los Distritos de San Sebastián, San Jerónimo, Saylla y Oropesa.

Figura 11

Ubicación del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E Región Cusco

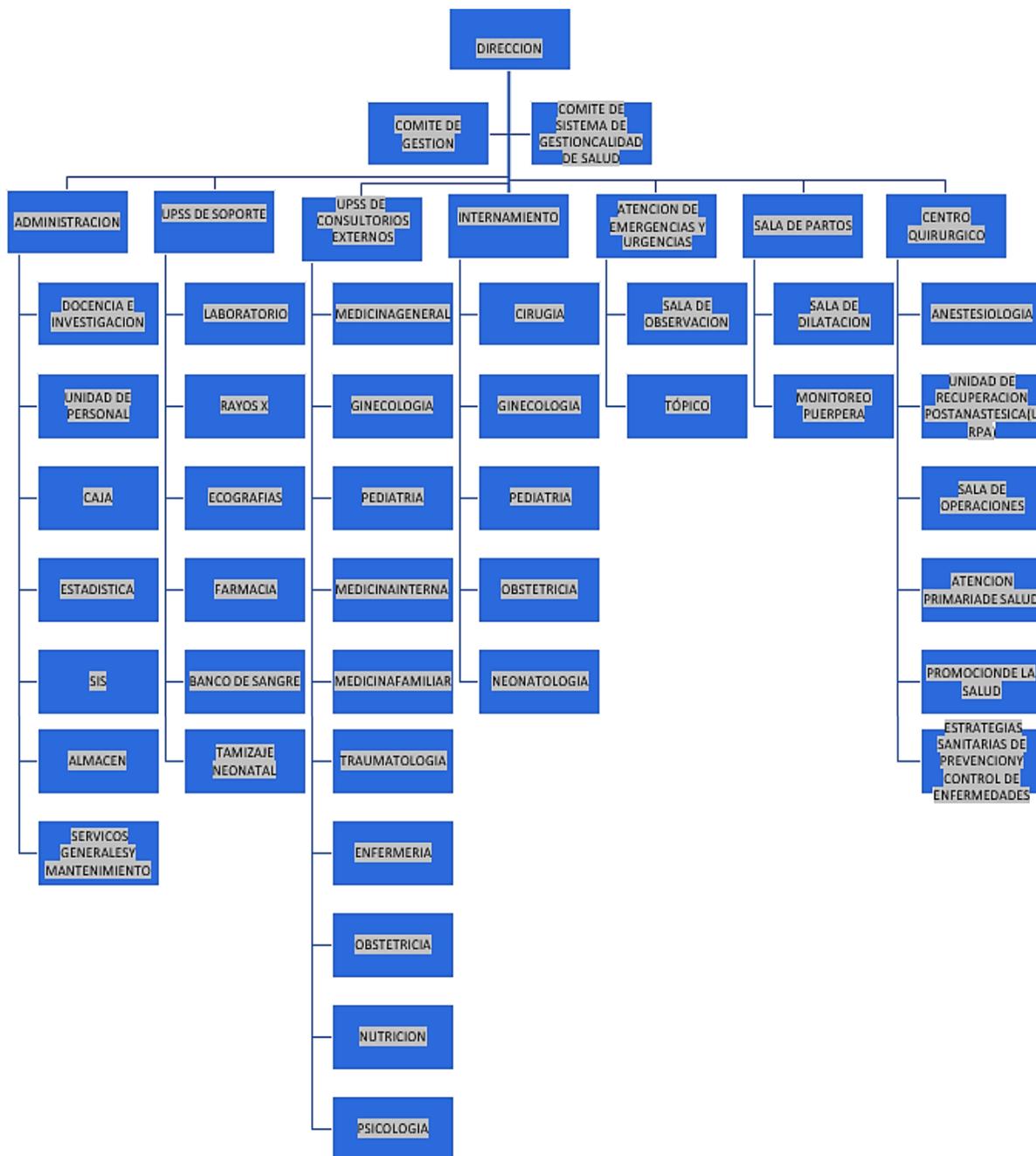


Fuente: Google Maps

Organigrama del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E Región Cusco

Figura 12

Estructura Organizacional del Hospital Túpac Amaru Fuente: Red de Servicios de Salud Cusco Sur



Fuente: Red de Servicios de Salud Cusco Sur

La estructura organizacional del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco se observa en la Figura 12, el organigrama encabezado por la dirección, seguido de la sub dirección, planeamiento y la administración, la cual tiene a cargo el área de mantenimiento, logística y patrimonio.

Figura 13

Vista del Hospital Túpac Amaru E-II donde se realizó la investigación



Fuente: Fuente propia

En el cuarto capítulo se interpretan y analizan los datos obtenidos de las fuentes de información mencionadas en el capítulo anterior, de manera que mientras se extraen datos relevantes relacionados con la pregunta de investigación y se dan respuestas a los objetivos planteados, las variables de manipulación se basan en el mantenimiento de La Gestión Estatal (CBM) se desglosa en dimensiones.

El 100 % de los encuestados afirmó que elaborar un plan anual de mantenimiento preventivo de las instalaciones eléctricas es una herramienta que permite a los gerentes de los hospitales Clase II-E de Túpac Amaru, Región Cusco, gestionar los recursos necesarios para cumplir con los recursos basados en condición. Actividades de mantenimiento preventivo (CBM). *“Los aparatos que funcionan con energía eléctrica están diseñados*

para operar a un voltaje determinado y su funcionamiento será satisfactorio siempre que el voltaje aplicado no varíe más allá de ciertos límites” (26).

4.1.2 Revisión visual.

Se realizó una revisión visual de todo el hospital, tomando en cuenta todos los tableros (primarios y secundarios), interruptores (monofásicos y trifásicos), cableado, tubería, luminarias, circuitos de tomacorrientes, equipos médicos y equipos de oficina y todo tipo de cargas eléctricas.

Tomando como ejemplo el Hospital Nivel II-E de Túpac Amaru, Región Cusco, existen diferentes lámparas en el sistema de iluminación, cuando la tensión es menor a la tensión nominal, el flujo luminoso disminuirá, por ejemplo, si el voltaje disminuye un 10 %, el flujo luminoso disminuye al 70% del valor nominal, si la tensión es mayor que la tensión nominal, la vida útil de la lámpara se reducirá en un 30 % de la vida normal. En las lámparas fluorescentes, su comportamiento es tal que el flujo luminoso varía ligeramente al de las lámparas incandescentes. Por otro lado, un voltaje demasiado bajo afectará el arranque. Generalmente, la lámpara no se encenderá cuando el voltaje aplicado sea inferior al 90 % del voltaje nominal, mientras que un voltaje demasiado alto hará que el balastro se caliente, tanto en voltajes altos como bajos, acortará la vida útil de la lámpara.

Artefactos

Los artefactos eléctricos que transforman la corriente eléctrica en luz, está conformado por diferentes tipos de lámparas.

Todos los artefactos están instalados en su nivel con aditamentos y accesorios en una línea recta empotrados y suspendidos, incluyen luminarias 843 hermética - Óptica Satinada más cristal 2x36 W IP 65 con alimentación 230V/240V-60Hz con reactancia electrónica, protección 6,3A y montaje con el sistema DALI.

Tabla 7*Detalle de las luminarias instaladas en el Hospital Túpac Amaru II-E*

| ITEM | DESCRIPCIÓN DE LOS ARTEFACTOS | UND. | CANT. | KW |
|----------------------------------|--|--------|-------|-------------|
| 1 | Luminaria 843 hermética -óptica satinada más cristal 2x36 WIP 65 | Equipo | 85 | 6.1 |
| 2 | Luminaria 829 hermética con cristal prismático 4 x 18 wIP54 | Equipo | 55 | 4.0 |
| 3 | Luminaria para cabecera 7204 serena luz directa 20 W e interruptores | Equipo | 24 | 0.5 |
| 4 | Luminaria luz de guardia 20 W tipo ahorrador | Equipo | 21 | 0.4 |
| 5 | Luminaria de pared (braquetes SS. HH) tipo globo de 20 W | Equipo | 38 | 0.8 |
| 6 | Luminaria cobra LED (exterior) 150w | Equipo | 11 | 1.7 |
| 7 | Luminaria luz de paso 20 W | Equipo | 10 | 0.2 |
| 8 | Luminaria luz piloto llamado de enfermeras 20 W | Equipo | 23 | 0.5 |
| 9 | Equipo luz de emergencia portátil tipo chalimex con 2lámparas 16 W | Equipo | 46 | 1.5 |
| 10 | Farola difusora transparente antivandálico con lámpara devapor de sodio de 70 W tipo globo | Equipo | 13 | 0.9 |
| 11 | Equipo lámpara cialítica de 350 W | Equipo | 2 | 0.7 |
| 12 | Luminaria ultravioleta con lámpara UV Germicida de 30 W. | Equipo | 8 | 0.2 |
| 13 | Luminaria COVER IP40 IK08 33 W | Equipo | 33 | 1.1 |
| TOTAL, POTENCIA INSTALADA | | | | 18.5 |

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Sistema de Iluminación.

Según el análisis de la tabla N.º 7, Detalle de las luminarias instaladas en el Hospital Túpac Amaru E-II, se observa que las luminarias instaladas según sus especificaciones técnicas son deficientes porque generan alto consumo de energía, 18.5 KW. de potencia, lo cual se refleja en un alto costo para la entidad, cuando la iluminación debe ser ¡Más luz – menos costo! Hoy en día,

resulta muy fácil ahorrar energía mediante tecnologías modernas de iluminación que, al mismo tiempo, permiten mejorar la calidad de la iluminación, en los hospitales, el consumo de electricidad en la iluminación depende del equipamiento, una correcta iluminación de las salas, los pasillos, oficinas, los espacios funcionales y otras áreas, los cuales pueden ser un gran aporte para reducir el consumo de energía.

No se trata de apagar la luz, sino de aplicar soluciones energéticamente eficientes con una buena calidad de iluminación, pues las nuevas tecnologías de iluminación pueden reducir el consumo de energía en hasta un 60%, obteniendo a su vez una mayor calidad de iluminación en beneficio de los pacientes y personal de salud, el diseño del espacio puede repercutir decisivamente en el ahorro de energía, pues si el cielo raso y las paredes tienen un alto grado de reflejo, se necesita menos energía para lograr la misma intensidad de iluminación.

Figura 14

Evidencia de las luminarias instaladas en el Hospital Túpac Amaru II-E que se encuentran instalados



Fuente: Panel fotográfico

Tabla 8*Cuadro comparativo de eficiencia energética de luminarias*

| Tecnología | Tiempo de Vida (horas) | Lm/W | Temperatura de color Kelvin | CRI | Tiempo de Encendido | Potencia Media W | Costo promedio S/. |
|-------------------|-------------------------------|-------------|------------------------------------|------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Incandescente | 1.000 - 5.000 | 11- 15 | 2.800K | 40 | Instantáneo | 100 | 2.00 |
| Vapor de mercurio | 12.000 - 24.000 | 13 -48 | 4.000K | 15 – 55 | Hasta 15min | 250 | 20.00 |
| Haluro metálico | 10.000 - 15.000 | 60 - 100 | 3.000- 4.300K | 80 | Hasta 15min | 400 | 150.00 |
| HPS | 12.000 - 24.000 | 45 - 130 | 2.000K | 25 | Hasta 15min | 600 | 110.00 |
| LPS | 10.000 - 18.000 | 80 - 180 | 1.800K | 0 | Hasta 15min | 600 | 120.00 |
| Fluorescente | 10.000 - 20.000 | 60 - 100 | 2.700- 6.200K | 70 – 90 | Hasta 15min | 36 | 15.00 |
| CFL | 12.000 - 20.000 | 50 - 72 | 2.700- 6.200K | 85 | Hasta 15min | 36 | 15.00 |
| LED | 50.000 - 100.000 | 70 - 150 | 2700-6.400K | 85 – 90 | Instantáneo | 9 | 20.00 |

*Fuente: Elaboración propia***4.1.4 Cargas instaladas.**

El Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco, posee cargas monofásicas y cargas trifásicas, teniendo un mayor porcentaje en las cargas monofásicas, las cuales están relacionadas con circuitos de iluminación y circuitos de tomacorrientes para el funcionamiento de los equipos médicos y electro médicos, mientras que las cargas trifásicas son utilizadas en la alimentación de las bombas de agua, elevadores, aire acondicionado y máquinas industriales de lavandería, los equipos médicos y biomédicos

prioritarios que son considerados como cargas monofásicas que son utilizados en la atención de los servicios de salud.

Tabla 9

Cargas instaladas en el Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco

| ITEM | DESCRIPCIÓN DEL BIEN | CANT | MARCA | MODELO | SERIE | POTENCIA (W) |
|------|---|------|------------------|---------------|----------------------|--------------|
| 1 | REFRIGERADORA ELÉCTRICA DE 14 P3 P/ MEDICAMENTOS) | 1 | CIMSA | RS100A | L049 | 1,500 |
| 2 | MAQUINA LUSTRADORA TIPO INDUSTRIAL | 1 | CHASQY | 8D16NL | 39498 | 2,000 |
| 3 | MAQUINA LUSTRADORA TIPO INDUSTRIAL | 1 | CHASQY | 8D16NL | 39512 | 2,000 |
| 4 | COCHE DE PARO | 1 | SM | SM | S/S | 1,500 |
| 5 | NEBULIZADOR ELÉCTRICO PORTÁTIL | 1 | THOMAS | 1147 | 1114000 | 550 |
| 6 | ASPIRADOR DE SECRECIONES DE SOBREMESA | 1 | THOMAS | 1633GL | 8145735 | 440 |
| 7 | PULSIOXIMETRO ADULTO/PEDIÁTRICO | 1 | EDAN | H100 | 316012-M-15905970013 | 100 |
| 8 | LÁMPARA CIALÍTICA CON BATERÍA | 1 | BERCHTOL D | CROMOPHAR E | 7578180-T-466 | 650 |
| 9 | ESTERILIZADOR DE CALOR SECO DE 35 LITROS. | 1 | MEMMERT | SN 55 | B216.3672 | 500 |
| 10 | ESTERILIZADOR A VAPOR DE A 25 LITROS | 1 | EURONDA | E9 INSPECTION | EHD160460 | 500 |
| 11 | DETECTOR DE LATIDOS FETALES | 1 | EDAN | SONOTRAX | 304127-M159 | 150 |
| 12 | ECÓGRAFO PORTÁTIL | 1 | SAMSUNG | SONOACE R3 | S0SMM3HG | 500 |
| 13 | ELECTRO CARDIOGRAMA | 1 | EDAN | SE-3 | 360447-M1590 | 500 |
| 14 | DESTARTARIZADOR ULTRASONICO | 1 | WOODPECKER | UDS A LED | S1600022AL | 280 |
| 15 | EQUIPO DE RAYOS X DENTAL DIGITAL | 1 | KODAK CARESTREAM | CS 2200 | EIYO004 | 1,500 |
| 16 | UNIDAD DENTAL COMPLETA | 1 | RITTER | HANGING | KH12120105 | 1,500 |
| 17 | FOTO POLIMERIZACIÓN | 1 | WOODPECKER | LED F | L1631829F | 550 |
| 18 | ESTERILIZADOR DE CALOR SECO DE 55 LITROS. | 1 | MEMMERT | SN 55 | B216.3668 | 500 |
| 19 | DESTARTARIZADOR ULTRASONICO | 1 | WOODPECKER | UDS A LED | S1600161AL | 280 |
| 20 | UNIDAD DENTAL COMPLETA | 1 | RITTER | HANGING | KH12120105 | 850 |
| 21 | EQUIPO DE FOTO POLIMERIZACIÓN | 1 | WOODPECKER | LED F | L1631648F | 150 |
| 22 | ESTERILIZADOR DE CALOR SECO DE 55 LITROS. | 1 | MEMMERT | SN 55 | B216.3666 | 500 |

| | | | | | | |
|-------------|--|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------------|
| 23 | BIOIMPEDANCIOMETRO | 1 | OMRON | HBF-306INT | 20150601097UF | 250 |
| 24 | EQUIPO DE RAYOS ESTACIONARIO DE 100 MA X | 1 | JUMONG | SGHEALTHCARE | 3J0502 | 8,500 |
| ITEM | DESCRIPCIÓN DEL BIEN | CANT | MARCA | MODELO | SERIE | POTENCIA (W) |
| 25 | PROCESADOR DIGITAL DE IMÁGENES RADIOGRÁFICAS | 1 | CR SCANNER | FIRECR | FR01-140512- | 500 |
| 26 | UPS DE 1000 VA | 1 | TITAN | PRO 1000 | 831216000 | 500 |
| 27 | ECÓGRAFO | 1 | SAMSUNG | SONOACE X6 | S0RMM3HF30 | 1,500 |
| 28 | HEMOGLOBINÓMETRO | 1 | HEMOCUE | Bb 201+ | 1623013281 | 100 |
| 29 | AGITADOR VORTEX | 1 | BWR | 9453VWHDEUA | 161207001 | 350 |
| 30 | BAÑO MARÍA DE 15 LT | 1 | MEMMERT | WNB10 | L315.0516 | 500 |
| 31 | CENTRIFUGA UNIVERSAL DE TUBOS | 1 | BOECO | C28A | 0001652-05 | 350 |
| 32 | CENTRIFUGA PARA MICROHEMATOCRITO | 1 | DLAB | DM1424 | LM16AAE0 | 350 |
| 33 | CONTADOR DIFERENCIAL DE CÉLULAS SANGUÍNEAS | 2 | UNICO | L-BC9 | S/S | 150 |
| 34 | MICROSCOPIO BINOCULAR | 1 | BOECO | YJ-2016B | B20163000 | 100 |
| 35 | MICROSCOPIO BINOCULAR | 1 | BOECO | YJ-2016B | B20163037 | 100 |
| 36 | ROTADOR SEROLÓGICO | 1 | UNICO | L-RT30CE | 13030194 | 150 |
| 37 | INCUBADORA PARA CULTIVOS | 1 | MEMMERT | IN55 | D216.0713 | 500 |
| 38 | AGLUTINOSCOPIO | 1 | JSB | DIGITAL | SS | 350 |
| 39 | AGITADOR ORBITAL | 1 | BOECO | OS20 | 10108143 | 350 |
| 40 | AUTOCLAVE DE MESA GENERADOR A VAPOR (25 LT-) | 1 | EURONDA | E9 INSPECTION | EHD160461 | 1,500 |
| 41 | CONTADOR DE CÉLULAS DIGITAL | 1 | K | DBC-8B | 1509237 | 150 |
| 42 | DESTILADOR DE AGUA DE SOBRE MESA | 1 | BOECO | BOE8704100 | 8445160 | 500 |
| 43 | ESPECTROFOTÓMETRO | 1 | THERMO SCIE | GENESSYS 10S | 2L5S314206 | 250 |
| 44 | ESTERILIZADOR DE CALOR SECO DE 55 LITROS | 1 | MEMMERT | SN55 | B216.3667 | 500 |
| 45 | GLUCÓMETRO PORTÁTIL | 1 | CERA CHEK | G 400 | G405E151390 | 100 |
| 46 | HEMOGLOBINÓMETRO | 1 | HEMOCUE | Bb 201+ | 1623013282 | 100 |

| | | | | | | |
|----|---|---|--------|---------|----------|-----|
| 47 | REFRIGERADORA PARA REACTIVOS DE LABORATORIO | 1 | CIMMSA | RL-100L | L046 | 500 |
| 48 | ANALIZADOR HEMATOLÓGICO | 1 | GENIOS | KT-6300 | 74101700 | 550 |

| ITEM | DESCRIPCIÓN DEL BIEN | CANT | MARCA | MODELO | SERIE | POTENCIA (W) |
|------|---|------|---------------|--------------|----------------------|--------------|
| 49 | EQUIPO DE OSMOSIS INVERSA | 1 | HIDROTECH | RO100 | S/S | 150 |
| 50 | MONITOR FETAL | 1 | EDAN | F9 EXPRESS | 002012-M1510 | 250 |
| 51 | ASPIRADOR DE SECRECIONES PORTÁTIL | 1 | THOMAS | 1243 | 0514 00002442 | 440 |
| 52 | CUNA DE CALOR RADIANTE | 1 | FANEN | MULTISYSTEM | NAJ22017 | 500 |
| 53 | OXÍMETRO DE PULSO PORTÁTIL | 1 | EDAN | H100N | 316012-M15905 | 100 |
| 54 | LÁMPARA CIALÍTICA DE TECHO | 1 | BERCHTOLD | E558-E668 | 7500180-T 11922 / | 500 |
| 55 | DETECTOR DE LATIDOS FETALES | 1 | EDAN | SONATRAX II | 304127-M15902 | 100 |
| 56 | INCUBADORA DE TRANSPORTE STANDARD | 1 | FANEN | IT 158 TS | CF8589 | 500 |
| 57 | PULSIOXÍMETRO ADULTO/PEDIÁTRICO | 1 | NONIN MEDICAL | 2500A | 5822-500-04 | 100 |
| 58 | ESTERILIZADOR A CALOR SECO DE 55 LITRO | 1 | MEMMERT | SN 55 | B2016.3665 | 500 |
| 59 | DESTILADOR DE AGUA DE SOBRE MESA | 1 | BOECO | BOE8704100 | 8445160 | 500 |
| 60 | ESTERILIZADOR DE 75 LITROS A VAPOR | 1 | CELITRON | AC450 | 21150029 | 500 |
| 61 | MAQUINA DE ANESTESIA | 1 | GE DATEX-OHM | AESPIRE VIEW | APHU01507 | 800 |
| 62 | MONITOR DE 5 PARÁMETROS | 1 | EDAN | IM80 | 332242-M1 | 550 |
| 63 | DEFIBRILADOR PORTÁTIL | 1 | CU MEDICAL | CU-HD1 | N2N11B036 | 800 |
| 64 | ASPIRADOR DE SECRECIONES RODABLE | 1 | THOMAS | 1243 | 71302053 | 440 |
| 65 | ELECTRO BISTURÍ MONO/BIPOLAR | 1 | VALLEY LAB | FORCE 40S-20 | R5K8062S | 600 |
| 66 | LÁMPARA CIALÍTICA DE TECHO | 1 | BERCHTOLD | E558-E668 | 7500180-T | 650 |
| 67 | ASPIRADOR DE SECRECIONES DE SOBREMESA | 1 | THOMAS | 1633GL | 81405742 | 440 |
| 68 | TELEVISOR A COLOR LED 32" CON RACK DE PARED | 1 | SAMSUNG | UN32J4000AG | 03XM3CNH70 | 250 |
| 69 | REFRIGERADORA DE 12 PIES CÚBICOS | 1 | COLDEX | FD9509 | 5214gh52 | 500 |
| 70 | LAVA CHATAS | 1 | STEELCO | BP100HSER | 1500310CJ186 | 500 |

| | | | | | | |
|----|------------------------------------|---|--------|---------|--------|-------|
| 71 | DESTRUCTOR DE AGUJAS HIPODÉRMICAS | 2 | GPC | SM | SS | 850 |
| 72 | CONGELADORA DE PAQUETES FRÍOS | 1 | CIMMSA | CL-100L | L-045 | 2,500 |
| 73 | CONSERVADOR DE VACUNAS DE 2 A 8 °C | 1 | CIMMSA | CL-70L | CL-701 | 2,500 |

| ITEM | DESCRIPCIÓN DEL BIEN | CANT | MARCA | MODELO | SERIE | POTENCIA (W) |
|-------|--|------|-----------|----------------|---------------|---------------|
| 74 | ESTERILIZADOR DE CALOR SECO DE 55 LITROS | 1 | MEMMERT | SN 55 | B2016.3664 | 500 |
| 75 | ESTERILIZADOR DE CALOR SECO DE 55 LITROS | 1 | MEMMERT | SN 55 | B2016.3674 | 500 |
| 76 | CABINA DE BIOSEGURIDAD | 1 | BIOBASE | 11237DDC86 | BSC37A1507018 | 2,500 |
| 77 | BALANZA DIGITAL NEONATAL | 1 | ADE | M112600 | 16254-0000589 | 150 |
| 78 | NEBULIZADOR | 1 | THOMAS | 1147 | 11140000 | 550 |
| 79 | POTENCIÓMETRO (PH METRO) | 1 | THERMOC | STAR A211 | X31066 | 250 |
| 80 | CONSERVADOR DE VACUNAS DE 2 A 8° | 1 | CIMNSAN | CL-70L | L042 | 2,500 |
| 81 | REFRIGERADORA DE 12 PIES CÚBICOS | 2 | COLIDES | FD9509 | 7 | 500 |
| 82 | LAVADORA | 1 | TASIN | 8RI-22E | 653-1216 | 2,500 |
| 83 | SECADORA | 1 | TASIN | LEA-18 | 552-1216 | 2,500 |
| 84 | PLANCHADOR DE ROPA INDUSTRIAL | 1 | FASIN | BR-SI | 238-1216 | 2,500 |
| 85 | REFRIGERADORA 4 PIES CÚBICOS | 1 | COLIDES | COOMSTYF | 6551052 | 500 |
| 86 | REFRIGERADORA DE 12 PIES CÚBICOS | 1 | COLIDES | COOFSTYME | 6550900054 | 500 |
| 87 | EQUIPO DE RADIOCOMUNICACIÓN | 1 | VERTEX | VX-1700 AO 125 | 814Q250016 | 500 |
| 88 | ESTERILIZADOR A VAPOR VERTICAL | 1 | TUTTNAUER | 5075HSG-BHT | 14110852 | 1,500 |
| 89 | SISTEMA DE ILUMINACIÓN | | | | | 7,000 |
| TOTAL | | | | | | 74,070 |

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Alimentadores y sus componentes.

El Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco cuenta con dos tipos de alimentadores de energía eléctrica, un alimentador de MT. Mediante un transformador tipo seco de 200 KVA y un grupo electrógeno de respaldo de 250 KVA, el cual ofrece un mayor nivel de fiabilidad el cual cubre el 100% de la demanda, tal como lo establece la Norma Técnica de Salud N°110-MINSA/DGIEM-V.01 “Infraestructura y Equipamiento de los Establecimientos de Salud del segundo nivel de atención” numeral 6.2.4 Diseño de las instalaciones eléctricas y sub acápite 6.2.4.16 grupos electrógenos y concordante con la sección 140-202 del CNE. de tal manera, en caso de fallo de línea sólo uno de los juegos de conductores de alimentación se verá afectado; permitiendo así el alimentador paralelo restante continúe suministrando la carga, para mejorar el factor de fiabilidad es posible que los conductores separados sigan diferentes rutas, en este caso, el costo de capital es el doble el de un alimentador radial, pero hay un factor de confiabilidad mayor para la línea, esto es justificable en el Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco en vista que requieren altos niveles de confiabilidad.

Dado el caso de que se produzca un corte en la red de distribución eléctrica, el grupo electrógeno debe ofrecer todas las garantías de que arrancarán en el mínimo de tiempo posible para que la actividad en la sala de quirófano, toma de pruebas, laboratorio y hospitalización no se vea afectada.

El coste que puede tener un apagón de unos pocos minutos en un hospital es difícil de cuantificar, tanto en términos económicos como humanos. Es probable que las consecuencias conlleven un sin fin de problemas difíciles de solucionar, lo más importante es garantizar en todo momento la seguridad y el bienestar de los pacientes, los hospitales y centros de emergencias requieren de grupos electrógenos infalibles; necesitan un suministro de emergencia que garantice la electricidad ante cualquier fallo de la red.

4.1.5.1 Subestación tipo pad monted de 200 KVA.

La subestación del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco está compuesto por una cabina metálica integrada por un módulo donde se encuentra la cabina del transformador y otro módulo donde se encuentran los terminales para las conexiones, este último módulo se divide en dos compartimientos separados de media y baja tensión, estos módulos forman un conjunto integrado.

Los compartimientos de los terminales de alta y baja tensión están separados por una barrera de metal siendo así el compartimiento de baja tensión está a la derecha y el de media tensión está a la izquierda.

La subestación tiene dos puertas enclavadas mecánicamente, con ello se puede tener acceso al compartimiento de media tensión de 10.5 KV proveniente de la sub estación de Quencoro y desde allí se distribuye la energía de baja tensión a 220 V al “Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco

Especificaciones técnicas del transformador

El transformador es de tipo pedestal ELKOES está diseñado para operar a la intemperie y está montado sobre una base de concreto, por tanto, su instalación de este tipo de transformador garantiza la circulación de personas sin mayor riesgo y está mediante un sistema de distribución subterráneo.

Altitud - Máxima (m.s.n.m.) 4500 - Mínima (m.s.n.m.)

Temperatura - Máxima (°C) 40 - Mínima (°C) -15 - Media (°C) 20

Humedad Relativa - Máxima (%) 99 - Mínima (%) 20 - Media (%) 50

Arrollamiento tipo H

Potencia del transformador 200 KVA

Tensión primaria 10.5 KV

Tensión Secundaria 220 V

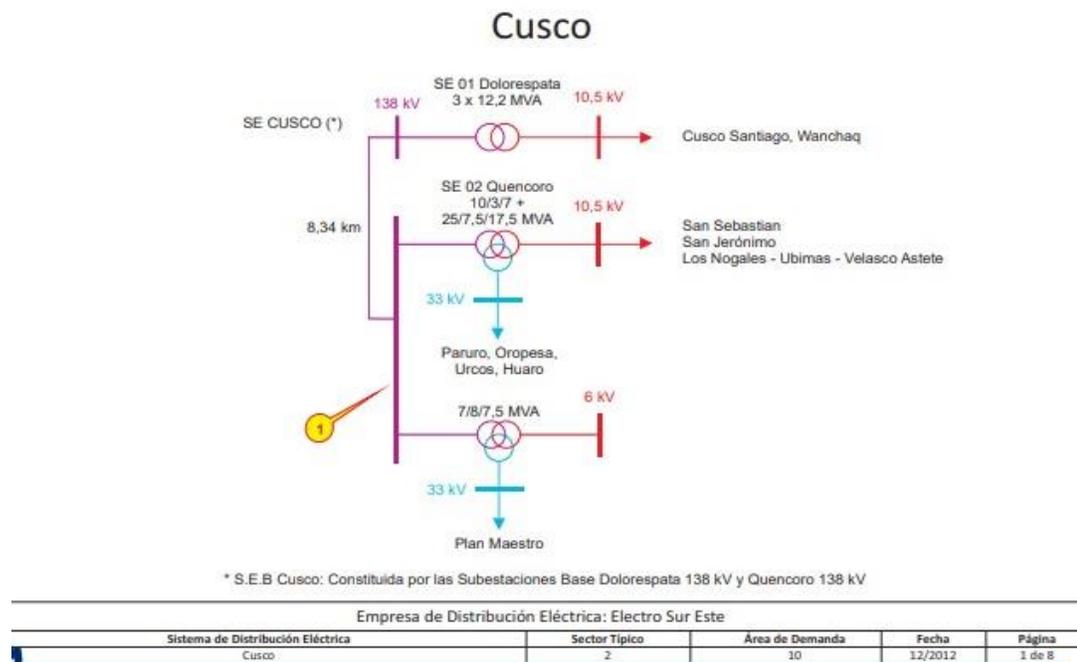
Factor K1

Frecuencia 60 Hz

Pérdidas en vacío 606 W
 Pérdidas con carga 3375 W
 Corriente en vacío 2.30 % de I_n
 Tensión de cortocircuito 4 % de U_n
 Pérdidas Totales 1.99 % de P_n
 Año de fabricación 2017

Figura 15

Diagrama unifilar de distribución eléctrica de la SE, Quencoro Cusco



Fuente: Osinergmin

4.1.5.2 Grupo electrógeno automático (ATS).

Este tipo de máquina eléctrica de interruptor de transferencia automática cuenta con un control basado en un microprocesador, el cual facilita al grupo electrógeno un conjunto de funciones para:

- Operación
- Protección
- Supervisión

4.1.5.3 Especificaciones técnicas del grupo electrógeno.

Marca: Marely Generator

Tensión de trabajo: 127/220 V.

Potencia: 250 KVA

Frecuencia: 60 Hz.

Velocidad de giro: 1800 rpm

Regulación de voltaje AVR ± 1.5 % entre vacío y plena carga

Regulación de frecuencia ± 1 %

Eficiencia mínima 93 %

Año de fabricación: 2016

4.1.5.4 Sistema de transferencia automática de 200 KVA.

En condiciones normales la carga es abastecida por la red de servicio público desde la Subestación o casa de fuerza y cuando se presenta una falla o condición anormal en dicha red, el sistema transfiere la energía eléctrica de la fuente normal a la fuente auxiliar o de emergencia. Una vez que la energía se restablece en forma satisfactoria desde la red pública el sistema de transferencia detecta y conecta la carga nuevamente a la red normal.

Los sistemas de transferencia se constituyen básicamente por:

- Un conmutador o interruptor de transferencia
- Un mecanismo de enclavamiento
- Un circuito de control
- Dispositivos de medida y señalización

Entonces transferencia, es la acción de conectar la carga desde la fuente principal a la fuente auxiliar o emergencia.

En cambio, la re-transferencia, es la acción de conectar la carga desde la fuente auxiliar a la fuente principal una vez que se ha restablecido las condiciones normales que garantizan la operación satisfactoria de la carga.

4.1.6 Tableros eléctricos.

Salvo lo previsto en el CNE, todos los cuadros eléctricos están protegidos con termo magnético diferencial. En zonas críticas como quirófanos, áreas de cuidados intensivos y salas de parto, cuentan con pavimentos dieléctricos y antiestáticos para evitar corrientes de fuga que pongan en riesgo a los pacientes y, en algunos casos, incluso la muerte. Por lo tanto, para suministrar energía a estas áreas, los equipos deben diseñarse y aprobarse de acuerdo con normas que especifican los requisitos necesarios para los equipos eléctricos en áreas críticas de la atención médica.

En tal sentido Acosta manifiesta que *“Los tableros de distribución en el hospital son de tipo adosados y empotrados, estarán ubicados en los diferentes ambientes del hospital, y son de dos tipos: tableros de distribución normales y tableros de distribución de emergencias”* (26 pág. 46).

Los cuadros TN y TE estarán equipados con ITMG, interruptores automáticos (ITM) para todos los circuitos derivados (circuitos de iluminación y circuitos de toma), interruptores diferenciales (ID) para cada circuito y temporizadores digitales de circuito. Iluminación de pasillos y exteriores Por lo tanto, los paneles de iluminación del “Hospital Clase II-E Túpac Amaru, Región Cusco” están equipados con sistemas de medición de parámetros eléctricos, puertos de comunicación de interfaz para acceso remoto y almacenamiento de datos para monitoreo y control.

4.1.6.1 Especificaciones técnicas del tablero de transferencia.

Gabinete tipo mural.

Gabinete de tipo mural de 0.70 x 1.50 x 0.30 mts. (ancho x alto x profundidad), puertas con bisagras, placa entrada de cables en la parte inferior de la caja, con grado de protección IP 66/NEMA4.

Marca: Socomec

Material: chapa de acero

Muerta: chapa de acero, junta continua de poliuretano inyectado.

Superficie: armario y puerta con imprimación por inmersión,

exterior texturizada y placa de montaje galvanizada
Estándares de calidad: IP 66/NEMA4. Tensión: 220 v
Frecuencia: 60 Hz.
Tiempo de respuesta: 3 Seg.
Corriente Max.: 630 Amp.
Módulo de control eléctrico: trifásico
Grado de protección: IP 66/NEMA4.
Protección: contra humedad y polvo

Todo interruptor de transferencia debe ser capaz de operar con carga y debe cumplir con los requerimientos de la empresa suministradora de energía, tal como lo establece la sección 140-304 CXNE.

Figura 16

Tablero de transferencia



Fuente: panel fotográfico

Módulo de control

El controlador está dedicado a aplicaciones de conmutación automática, monitoreando los cambios de voltaje de la red, ya sea demasiado bajo, sobrevoltaje, baja frecuencia, alta frecuencia, desequilibrio de voltaje, etc. Cuando la energía de la red eléctrica está desproporcionada, envía una señal

al grupo electrógeno para disparar. Esta información es capturada y compilada por el controlador, que inmediatamente emite un comando de inicio y cambia la posición del interruptor de normal a emergencia.

Función: Conversión entre grupos electrógenos, transición en circuito abierto entre fases.

Figura 17

Módulo de control de transferencia automática general



Fuente: foto tomada del tablero general

4.1.6.2 Tablero general TG auto soportado.

Tablero de tipo auto soportado de construcción modular, Estructura de plancha 3/32" Tapas laterales y posteriores, fabricada de acero LAF 1.5 mm de espesor.

Puerta frontal fabricada de plancha de fierro de 3/2", fierro angular de 1.5 x 1.5"x 1/8" con chapa de seguridad de capado químico, Base anticorrosivas y pintura de acabado color RAIL 7032.

Analizador de red (en la puerta) para indicar presencia de red o energía con IP 41 protección 1. K=09.

Dimensiones:

| Alto | Ancho | Profundidad |
|---------|--------|-------------|
| 2000 mm | 800 mm | 600 mm |

Componentes

- 1 termomagnético variable 3 x 252-600 Amp.
- 5 termomagnéticos variables 3 x 80-100 Amp
- 1 termomagnético 3 x 60 Amp
- 7 termomagnéticos 3 x 40 Amp.
- 6 termomagnéticos 3 x 30 Amp
- Analizador de resistencia Incluye Transformadores de corriente con los siguientes Parámetros:
 - ✓ Corriente - Amperios
 - ✓ Tensión - Voltio
 - ✓ Potencia - Watts
 - ✓ Frecuencia - Hz

Tabla 10

Tableros de distribución de Hospital Túpac Amaru Nivel II-E I máx.

| TABLERO | I max.(Amp) | U (V) | P max. (KW) |
|----------------------|--------------------|--------------|--------------------|
| TG | 600 | 220 | 132.00 |
| TD-01 | 100 | 220 | 22.00 |
| TD-02 | 30 | 220 | 6.60 |
| TD-03 | 40 | 220 | 8.80 |
| TD-04 | 40 | 220 | 8.80 |
| TD-05 | 40 | 220 | 8.80 |
| TD-06 | 40 | 220 | 8.80 |
| TD-07 | 30 | 220 | 6.60 |
| TD-08 | 30 | 220 | 6.60 |
| TD-09 | 40 | 220 | 8.80 |
| TD-10 | 30 | 220 | 6.60 |
| TD-11 | 40 | 220 | 8.80 |
| TD-12 | 40 | 220 | 8.80 |
| TD-13 | 60 | 220 | 13.20 |
| TD-14 | 30 | 220 | 6.60 |
| TD-15 | 100 | 220 | 22.00 |
| TD-16 | 100 | 220 | 22.00 |
| TD-17 | 100 | 220 | 22.00 |
| TD-18 | 100 | 220 | 22.00 |
| TD-19 | 30 | 220 | 6.60 |
| DEMANDA TOTAL | | | 224.40 |

Fuente: Elaboración propia

4.1.6.3 Sistemas de respaldo.

“Todos los Establecimientos de Salud de segundo nivel, incluido el Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco, cuentan con una fuente de energía eléctrica continua y confiable. Mantienen un sistema de energía alternativa, compuesto por un grupo electrógeno con encendido y transferencia automáticos, para atender la demanda de al

menos el 100 % de los servicios críticos. Las unidades de aire acondicionado del Centro Quirúrgico y de Cuidados Intensivos de la Unidad Prestadora de Servicios de Salud (UPSS) de la UPSS son controladas por el sistema eléctrico de emergencia. Para lograr esto, se proporciona una placa de transferencia automática, que incluye un interruptor de transferencia. El interruptor está equipado con un sistema de seguridad que impide la entrada simultánea de potencia comercial y energía del sistema de emergencia. “Dicho switch tiene dos posiciones (normal y respaldo), con un controlador o módulo electrónico para el arranque automático del grupo electrógeno y su puesta en carga a un tiempo regulable entre 10 y 20 segundos; el sistema de control es automático con su propia batería. Este sistema está establecido por el Ministerio de Salud, DGIEM”. (27 pág. 62)

4.1.7 Sistemas de protección eléctrica.

4.1.7.1 Puesta a tierra.

En las instalaciones eléctricas de los Establecimientos de Salud es de suma importancia verificar las instalaciones de puesta a tierra, la tierra es una conexión conductora entre un circuito eléctrico o equipo y la fuente de potencia. Si ocurre un cortocircuito, una buena tierra permite al interruptor desconectar el equipo afectado, previniendo daños y protegiendo al personal. *“Una buena tierra actuando como una referencia también asegura que todo el equipo opere al mismo potencial eléctrico, con idénticas tensiones en todos los puntos. Esto previene la diferencia de potencial entre componentes individuales de equipos sensibles, que pueden alterar los datos”* (28).

4.1.7.2 Descripción del pozo.

Los conductores de puesta a tierra y los enlaces equipotenciales a tierra, deben ser de materiales que cumplan los requerimientos de las

Reglas 060-802 y 060-804. Pozos construidos con una profundidad de 3 metros y 1 metro de diámetro, cumpliendo la sección 140-104 del CNE.

Caja de registro.

Varilla de cobre solido de $\frac{3}{4}$ " x 2.40 m (1 unidad).

Conector de cable tipo AB para cable de 35 mm² (1 unidad) Conductor de cobre solido de 35 mm², tipo helicoidal, 12 mt. Tierra de cultivo (3m³).

Cable de puesta a tierra.

Conexión entre la línea de enlace y los distintos conductores de protección.

4.1.7.3 Protocolo de medición de resistencia de puesta a tierra.

Generalidades

Las mediciones realizadas corresponden al Sistema de Puesta a Tierra perteneciente al circuito eléctrico del sistema general por un pozo de puesta a tierra del tipo vertical del área de la Sub Estación Eléctrica del Hospital Túpac Amaru E-II Región Cusco

Propietario : Hospital Túpac Amaru E-II Región Cusco RUC
20450736539

Dirección : Calle Tinta Urb. Túpac Amaru

Distrito : Distrito San Sebastián – Cusco

Fecha : 15 de enero del 2022

Trabajo realizado: Medición de la resistividad de la puesta a tierra

Equipo utilizado : Telurómetro Digital Prasek Pr-521

Modelo : Pr-521

Método utilizado : Método de caída de potencia

Tabla 11

Medición de puesta a tierra

| Punto | Ubicación | Circuito | Resistencia requerida (Ω) | Resistencia de medición (Ω) | Distancia | Resistencia resultante (Ω) |
|--------------|--------------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-----------|-------------------------------------|
| Punto | Área interna | Sistema de baja tensión | Menor o igual a 5 (Ω) | 5.60 | 5/10 ml | No conforme |
| N°2 | del Hospital Túpac | | | 5.45 | 3/6 ml | No conforme |
| Sub estación | Amaru E-II | | NTP. 110 MINSA | 5.92 | 2/4 ml | No conforme |

Fuente: Elaboración propia

Figura 18

Telurómetro utilizado en la medición



Fuente: Panel fotográfico

Tabla 12

Esquema general de actividades de mantenimiento de sistemas eléctricos

| Sistemas y componentes eléctricos | | |
|---|--|--|
| Equipos y componentes de generación, transformación (grupos electrógenos, transformadores, elementos de protección y medición) | Equipos rotativos (motores eléctricos relacionados con bombas, compresores, turbinas, entre otras aplicaciones) | Sistemas de computación y comunicación (servidores, computadores, radio, televisión, internet, entre otros) |
| Equipos y componentes de seguridad y protecciones eléctricas (acometidas, canalizaciones, conductores, barras, conectores, terminales) | Subsistemas de automatización y control (arranques de rotores, accionadores de sistemas mecánicos, sistemas automáticos para agua, aire, refrigeración, entre otros.) | Componentes para el conexionado eléctrico (acometidas, canalizaciones, conductores, barras, conectores, terminales) |
| Actividades necesarias en el mantenimiento eléctrico | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Inspección general y visual de todas las partes metálicas conductores y materiales aislantes; corrosión, humedad, sucio o polvo, partes quemadas, desajustes, entre otras. ➤ Medición de parámetros a la entrada de la acometida general corriente, voltaje, potencia activa, reactiva, aparente, factor de potencia. ➤ Medición de resistencia eléctrica del sistema de puesta a tierra y medición de continuidad entre neutro y tierra líneas, barrajes, carcazas metálicas de motores, cables. | | |

- Revisión de conectores, terminales y pernos de ajustes: estado en el que se encuentran, entre otros.
- Medición de armónicas: corriente y voltaje sucio, corrosión.
- Medición y/o revisión de vibraciones y temperatura en equipos rotativos y sistemas de control, comunicación automatización; bases, conexiones, embobinado, cables.
- Reparación del sistema de transferencia automática de 200 KVA

Indicadores para el Mantenimiento de Sistemas Eléctricos

| Parámetro | Limite Permissible | Norma o Resolución | |
|--------------------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Factor de Potencia | > 0,9 > 0,9 | Regulación 75 (Venezuela) IEEE-286 | |
| Bajo Voltaje >1 min | 0.8-0.9 pu | IEEE Estándar 1159 de 1995 | |
| Sobrevoltajes >1 min | 1.1-1.2 pu | | |
| Desbalance de Voltaje Estado Estable | 0.5-2% | | |
| Armónicos | Distorsión armónica total THD Vn | IEEE-519 | |
| | Distorsión armónica total THD Vn5% para Vn 69 kv | | |
| | Distorsión armónica en corriente 0,3% para Icc/<20 0,59% para 20 kc/l <50 0.7% para 50<kc/IL<100 | | |
| Sub comité | ítem | Id de Norma | Nombre de la norma |

| | | | |
|--------------------|---|---------------------|--|
| | 1 | NTP 399.450.2003 | Eficiencia Energética de motores tipo jaula de ardilla. Límites y Etiquetado. |
| MOTORES ELÉCTRICOS | 2 | NTP 399.450:2008 | Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos de inducción, tipo jaula de ardilla de propósito general. potencia nominal de 0,746 kW a 149,2 kW. Límites y Etiquetado. |
| | 3 | NTP 370.100.2000 | Lámparas Fluorescentes compactas (LFCs). Definiciones. Requisitos y rotulados. |
| | 4 | NTP 370.101.2003 | Etiquetado de eficiencia energética para lámparas de uso doméstico. |
| ILUMINACIÓN | 5 | NTP 370.101-1:2008 | Etiquetado de eficiencia energética para lámparas incandescentes y similares de uso doméstico. |
| | 6 | NTP 370.101-2:2008 | Etiquetado de eficiencia energética para lámparas fluorescentes compactas, circulares, lineales y similares de uso doméstico. |

Fuente: Elaboración propia

4.1.8 Resultados después del análisis de fallos realizado en el sistema eléctrico.

4.1.8.1 Resultados obtenidos en la subestación.

La situación actual que se vive en el mundo causada por la pandemia ha golpeado a la humanidad de una forma inimaginable e inesperada, aun con los avances científicos y tecnológicos, este panorama nos ha demostrado cuán importante es la disponibilidad de la energía eléctrica en todos los ámbitos de nuestra vida diaria y con especial atención en aquellos sitios considerados de alta criticidad, como en el Hospital Túpac Amaru II-E. Al ser necesaria la operación los 365 días del año, las 24 horas del día, es de vital importancia mantener una alta disponibilidad de energía, actualmente las instalaciones eléctricas del sistema de respaldo se encuentran al 100 % operativos con el grupo electrógeno de 250 KVA y el sistema de transferencia automática de 200 KVA instalado en el hospital, llegando a la optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru II-E Región Cusco mediante el mantenimiento basado en condición (CBM).

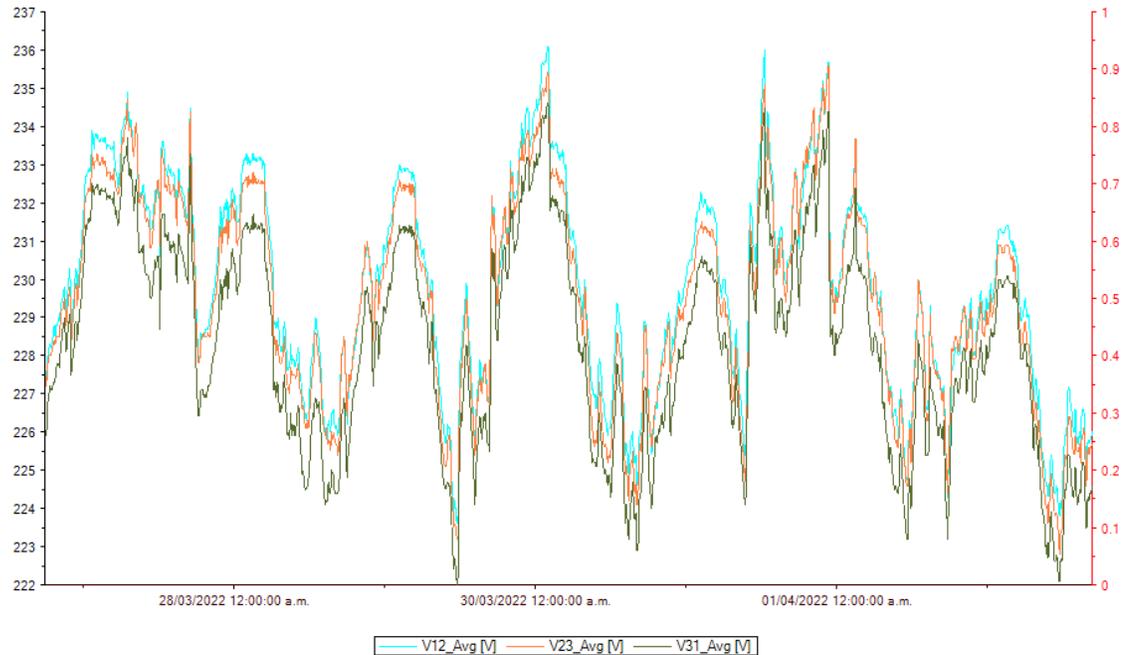
4.1.8.2 Resultado de las mediciones y controles de calidad.

- a) Voltajes de Fase (Promedio)
- b) Corrientes de fase (Promedio y Máximo)
- c) Frecuencia (Promedio)
- d) Potencia Activa – Reactiva – Aparente (Promedio y Máximo)
- e) Factor de Potencia (Promedio)
- f) Armónicos (THD, Tensión, Corriente)

Voltajes de fase

Figura 19

Gráfica de las tensiones de fase 1-2, 2-3, 3-1



Fuente: Resultado del analizador

Interpretación:

Tensión 1-2

Se observa que esta tensión de fase oscila dentro de los valores normales, teniendo los valores de 225V como mínimo y 236V como máximo, tal y como se observa en la imagen, indicando así que la tensión suministrada por esta fase está dentro de los parámetros normales de $\pm 5\%$ de 220V.

Tensión 2-3

Se observa que esta tensión de fase oscila dentro de los valores normales, teniendo los valores de 223V como mínimo y 235.5V como máximo, tal y como se observa en la imagen, indicando así que la tensión suministrada por esta fase está dentro de los parámetros normales de $\pm 5\%$ de 220V.

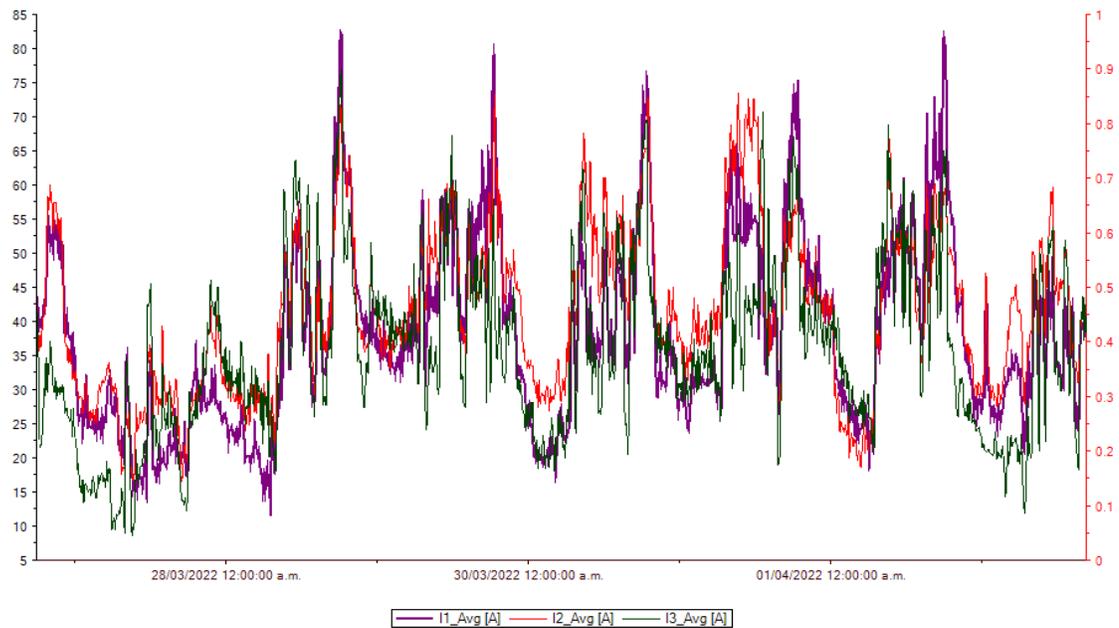
Tensión 3-1

Se observa que esta tensión de fase oscila dentro de los valores normales, teniendo los valores de 222V como mínimo y 234.5V como máximo, tal y como se observa en la imagen, indicando así que la tensión suministrada por esta fase está dentro de los parámetros normales de $\pm 5\%$ de 220V.

Corrientes de fase (Promedio)

Figura 20

Gráfica de las corrientes de fase (Promedio)



Fuente: Resultado del analizador

Interpretación:

Promedio de corriente 1

Se observa que la corriente tiene un comportamiento normal, ya que aumenta cuando los equipos están encendidos y disminuyen cuando estos dejan de ser utilizados.

Promedio de Corriente 2

Se observa que la corriente tiene un comportamiento normal, ya que aumenta

cuando los equipos están encendidos y descienden cuando estos dejan de ser utilizados.

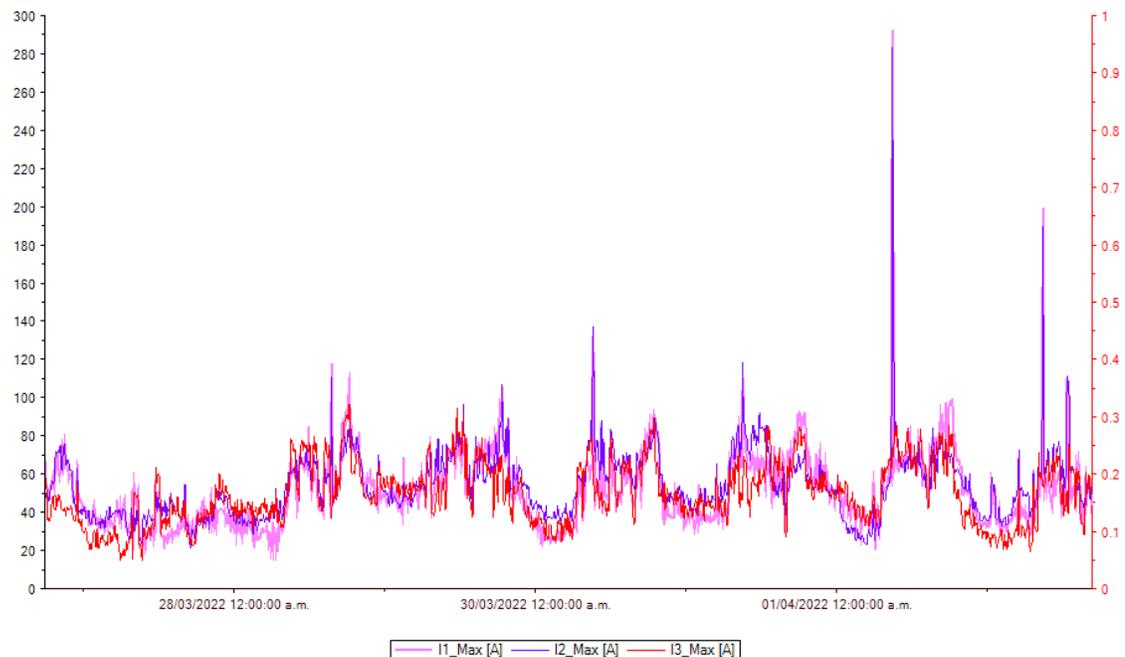
Promedio de Corriente 3

Se observa que la corriente tiene un comportamiento normal, ya que aumenta cuando los equipos están encendidos y descienden cuando estos dejan de ser utilizados.

Corrientes de fase (Máximo)

Figura 21

Gráfica de las corrientes de fase (Máximo)



Fuente: Resultado del analizador

Interpretación:

Máximo de corriente 1

Se observa que en los picos de corriente máxima se encuentran dentro de los horarios que inician a trabajar los equipos, siendo estas normales.

Máximo de Corriente 2

Se observa que en los picos de corriente máxima se encuentran dentro de los horarios que inician a trabajar los equipos, siendo estas normales

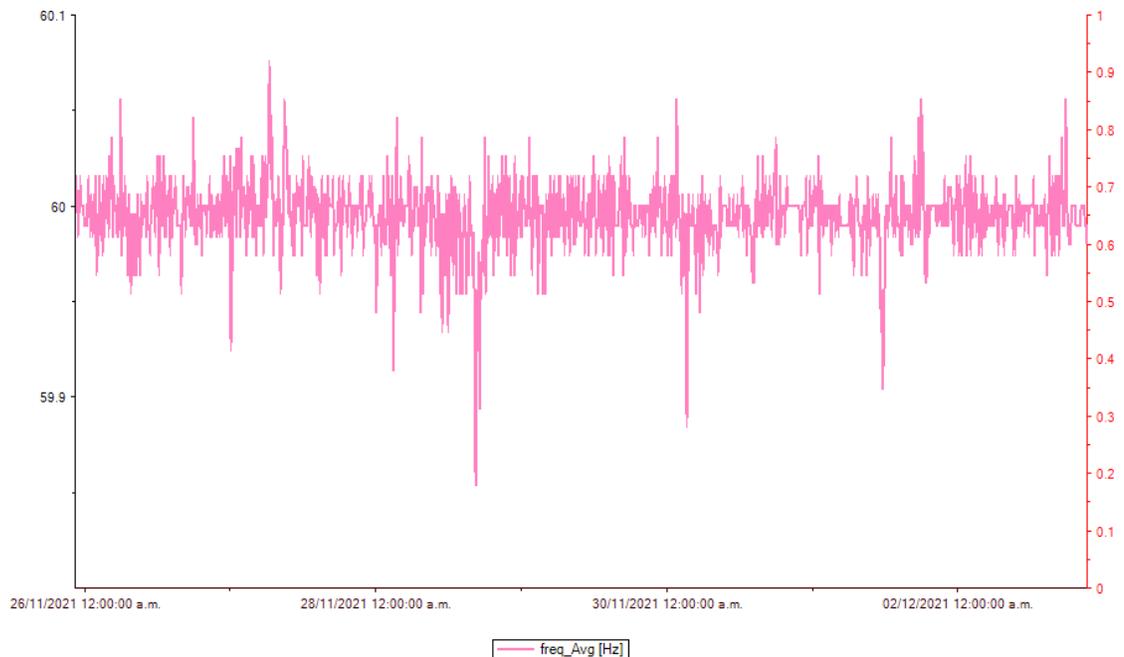
Máximo de Corriente 3

Se observa que en los picos de corriente máxima se encuentran dentro de los horarios que inician a trabajar los equipos, siendo estas normales.

Frecuencia (Promedio)

Figura 22

Frecuencia (Promedio)



Fuente: Resultado del analizador

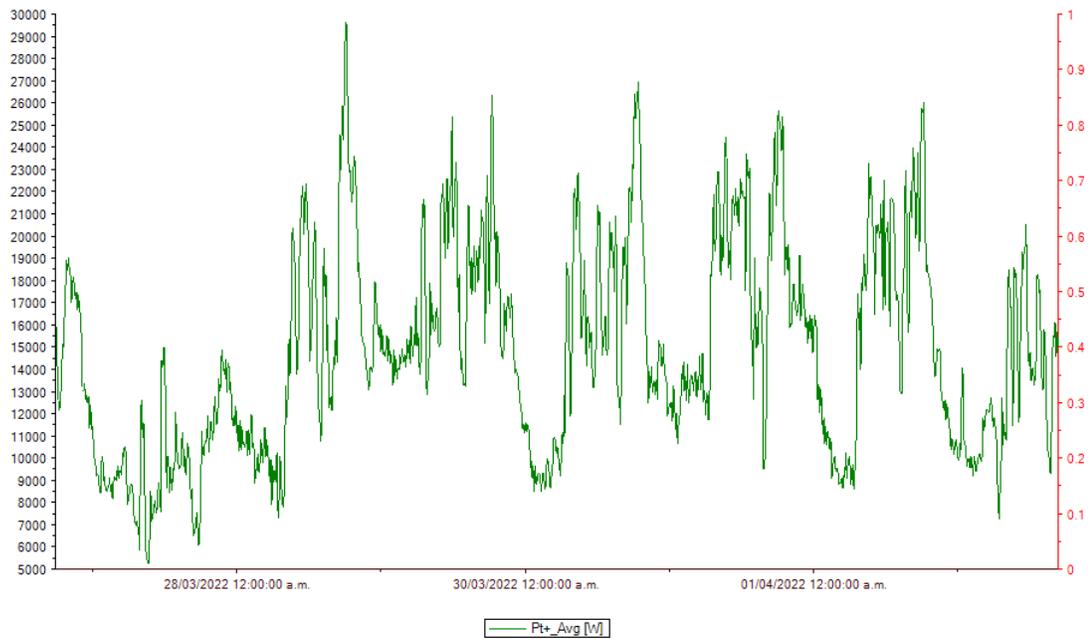
Interpretación:

Se observa que las variaciones sostenidas de frecuencia se encuentran dentro del rango de tolerancias al uno por ciento (1%) de 60Hz, indicando que hay buena calidad de energía.

Potencia Activa, Reactiva y Aparente Grafica de Potencia Activa

Figura 23

Gráfica de potencia activa



Fuente: Resultado del analizador

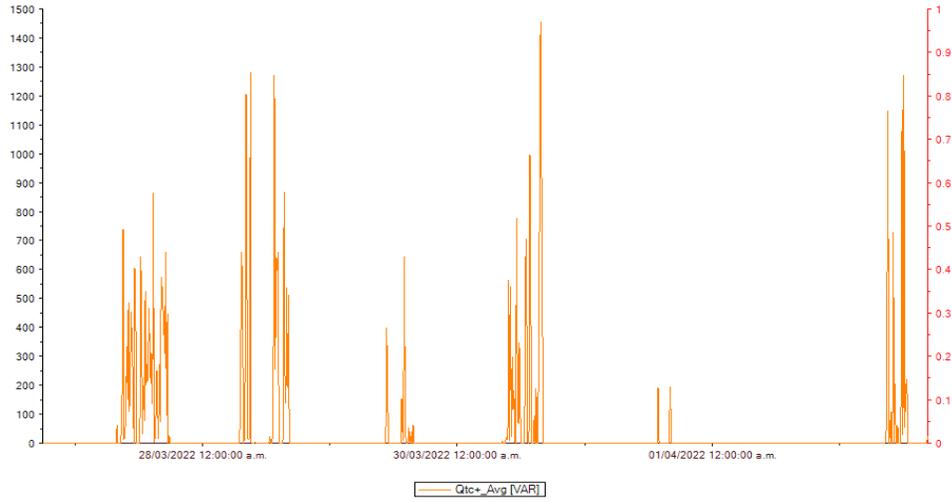
Interpretación:

Se observa que la potencia activa, conocida como potencia real tiene un comportamiento normal de consumo, ya que esta incrementa cuando los equipos están en funcionamiento y disminuye cuando estos dejan de funcionar.

Gráfica de Potencia Reactiva

Figura 24

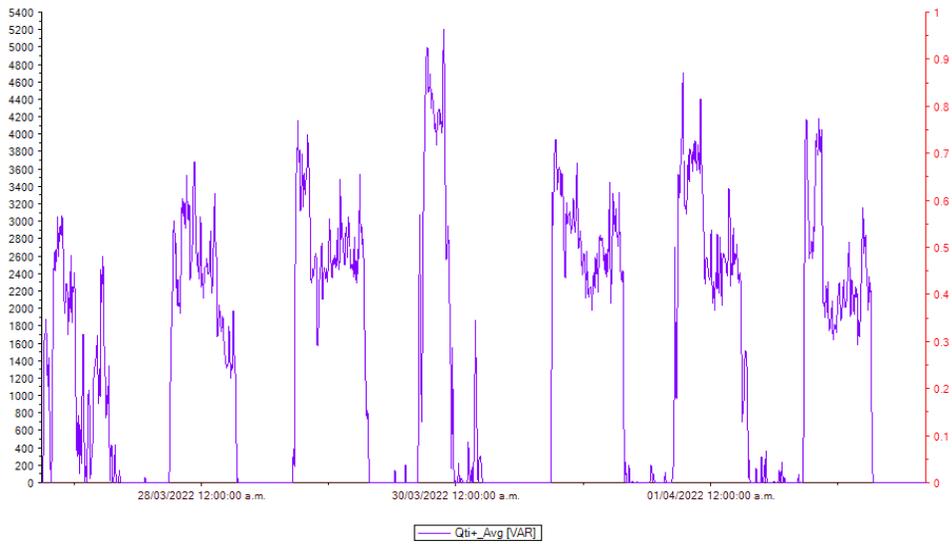
Potencia reactiva Inductiva



Fuente: Resultado del analizador

Figura 25

Potencia Reactiva Capacitiva



Fuente: Resultado del analizador

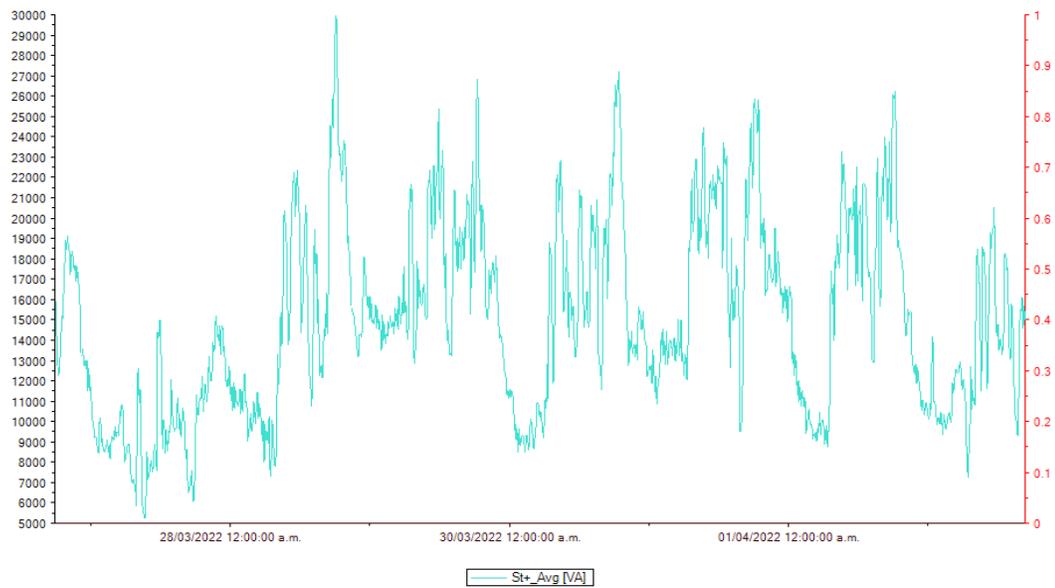
Interpretación:

Se observan que las potencias reactivas tanto inductiva como capacitiva no superan los valores de la potencia activa, por tanto, el sistema está trabajando de manera normal.

Gráfica de Potencia Aparente

Figura 26

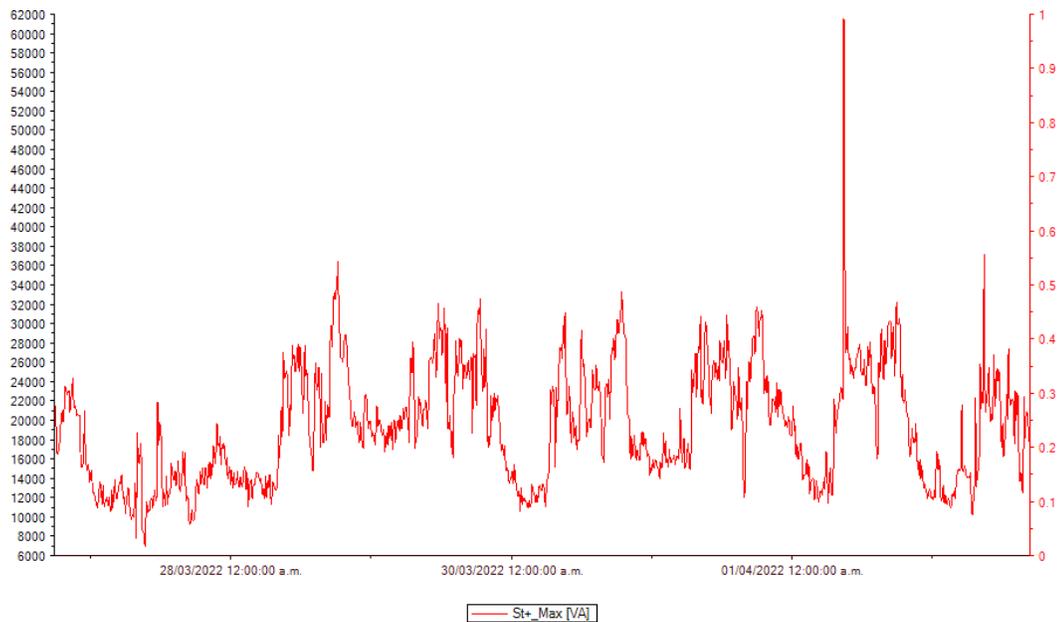
Gráfica de Potencia Aparente (Promedio)



Fuente: Resultados obtenidos con el analizador de redes

Figura 27

Gráfica de Potencia Aparente (Máxima)



Fuente: Resultados obtenidos con el analizador de redes

Interpretación:

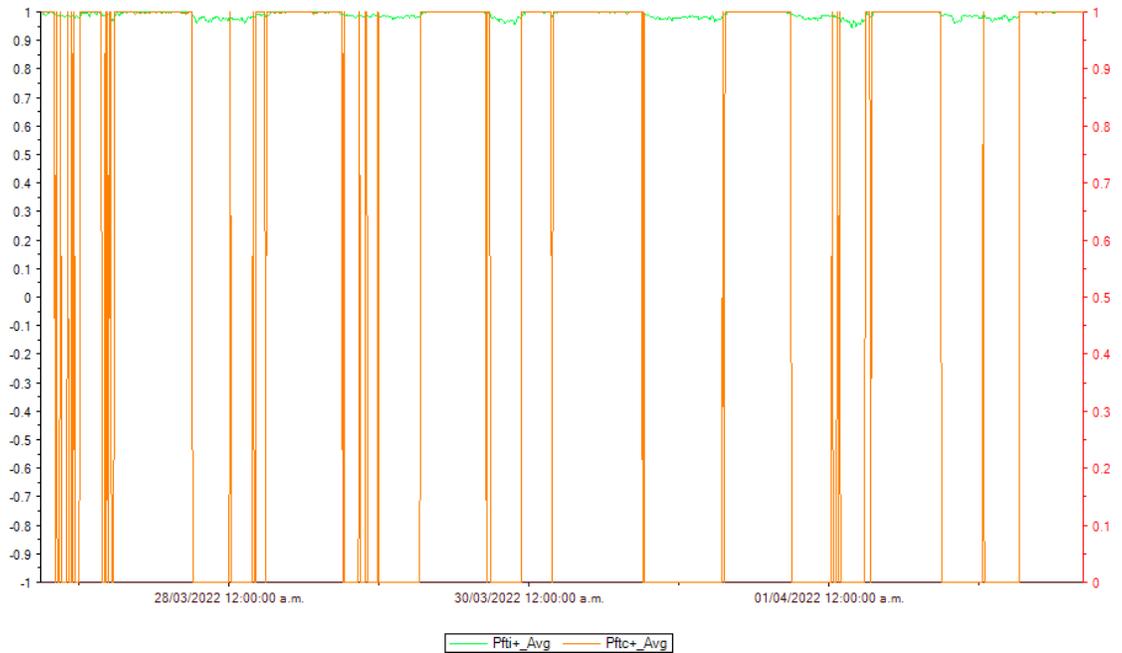
Se observa que la potencia aparente es mayor a la potencia activa y reactiva, esto indica que al sistema ingresa una potencia total suficiente para la operación de los equipos.

La gráfica de la potencia Reactiva máxima indica que el valor mayor que llega la carga es 62 KVA.

Factor de potencia

Figura 28

Gráfico del factor de potencia inductivo y capacitivo



Fuente: Resultados obtenidos con el analizador de redes

Interpretación:

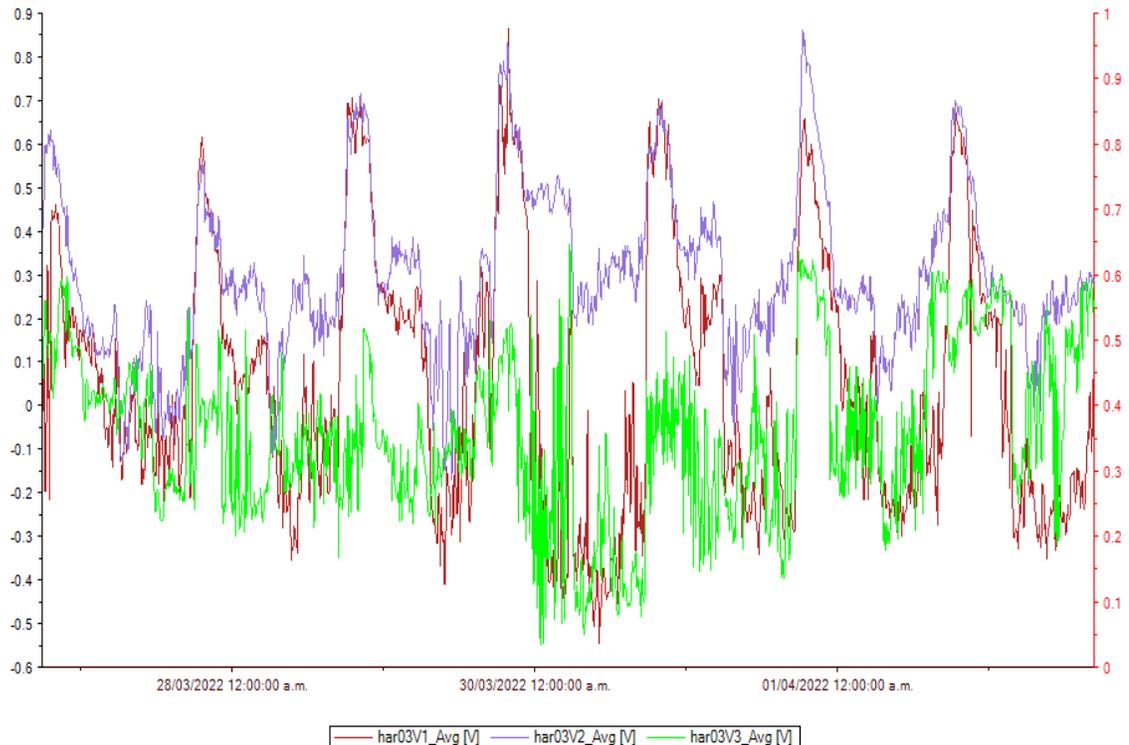
Se observa que el factor de potencia no es mayor a 1, esto indica que está viendo una buena eficiencia en el consumo de energía.

Armónicos

Impares

Figura 29

Armónico de tensión de tercer grado en las 3 fases



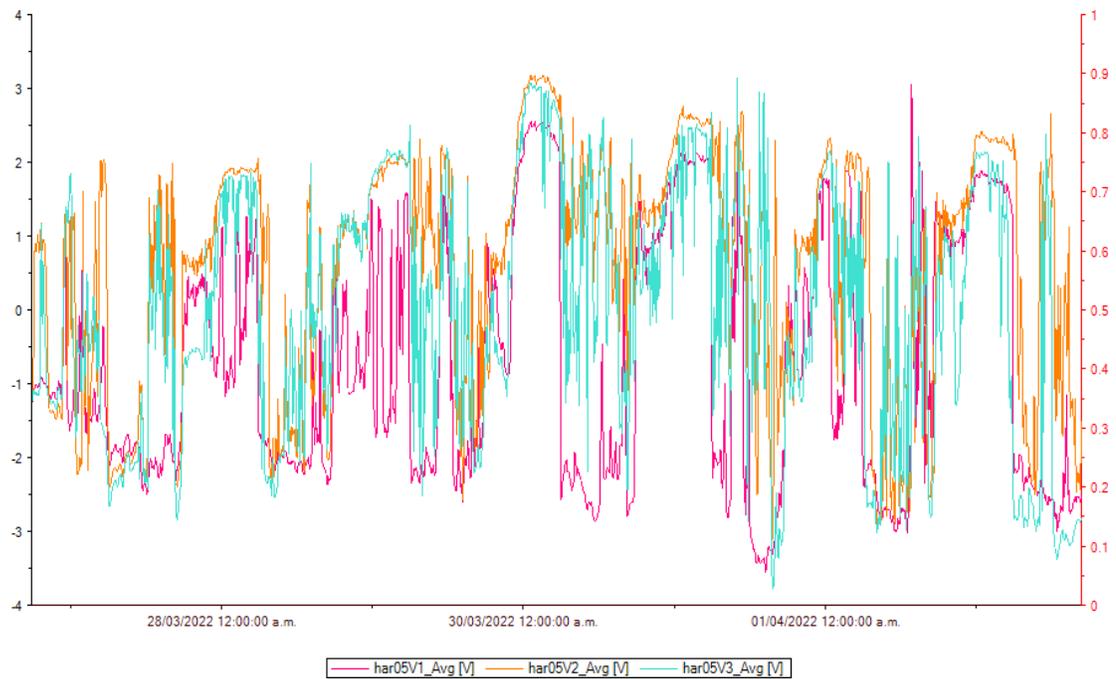
Fuente: Resultados obtenidos con el analizador de redes

Interpretación:

Se observa que no existen picos de tensión superiores al 5% de la tensión nominal según lo establece el D.S. 020-97-em numeral 5.1 tensión, apéndice 5.1.2 tolerancias. - las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el $\pm 5.0\%$ de las tensiones nominales de tales puntos, tratándose de redes secundarias en servicios calificados como urbano-rurales y/o rurales, dichas tolerancias son de hasta el $\pm 7.5\%$, esto indica que no existe mucha contaminación de armónicos.

Figura 30

Armónico de tensión de quinto grado en las 3 fases



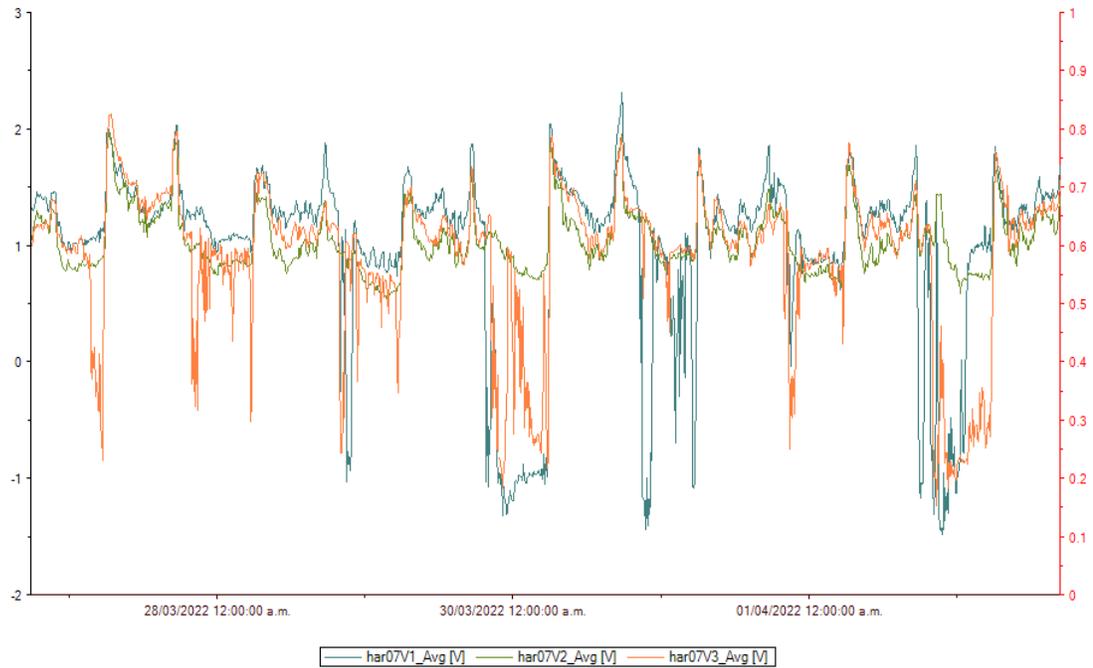
Fuente: Resultados obtenidos con el analizador de redes

Interpretación:

Se observa que no existen picos de tensión superiores al 6% de la tensión nominal (normativa de calidad de energía), esto indica que no existe mucha contaminación de armónicos.

Figura 31

Armónico de tensión de séptimo grado en las 3 fases



Fuente: Resultados obtenidos con el analizador de redes

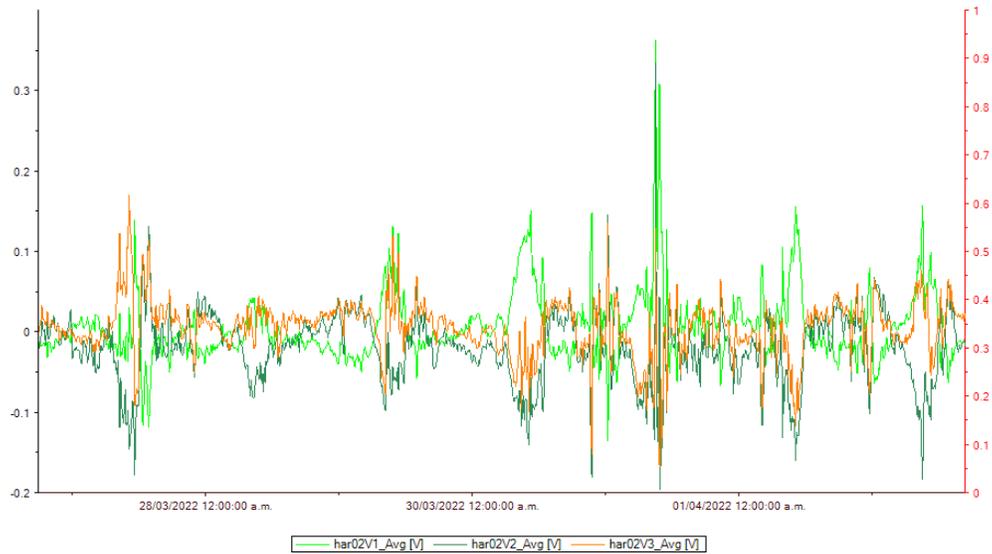
Interpretación:

Se observa que no existen picos de tensión superiores al 5% de la tensión nominal (normativa de calidad de energía), esto indica que no existe mucha contaminación de armónicos.

Pares

Figura 32

Armónico de tensión de segundo grado en las 3 fases



Fuente: Resultados obtenidos con el analizador de redes

Interpretación:

Se observa que no existen picos de tensión superiores al 2% de la tensión nominal (normativa de calidad de energía), esto indica que no existe mucha contaminación de armónicos.

Figura 33

Armónico de tensión de cuarto grado en las 3 fases



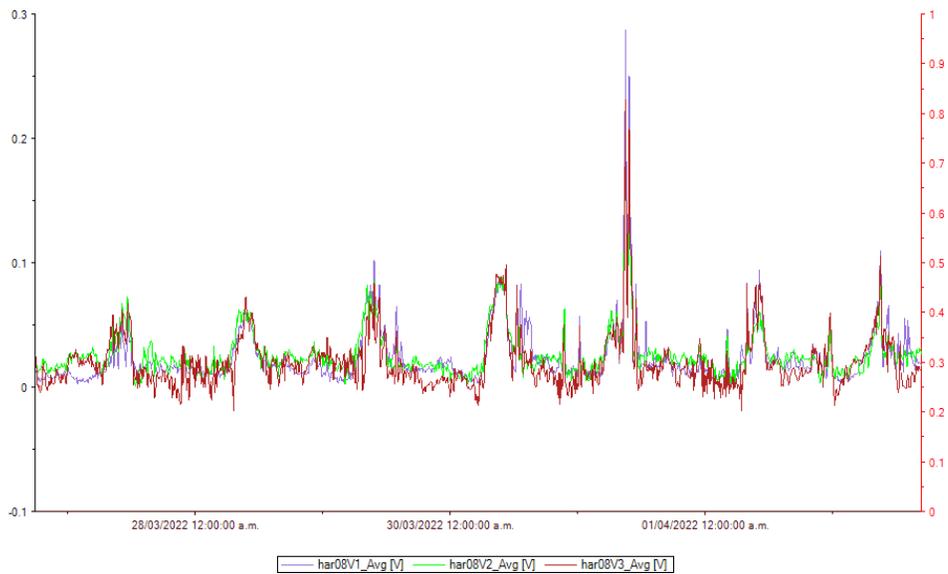
Fuente: Resultados obtenidos con el analizador de redes

Interpretación:

Se observa que no existen picos de tensión superiores al 1% de la tensión nominal (normativa de calidad de energía), esto indica que no existe mucha contaminación de armónicos.

Figura 34

Armónico de tensión de sexto grado en las 3 fases



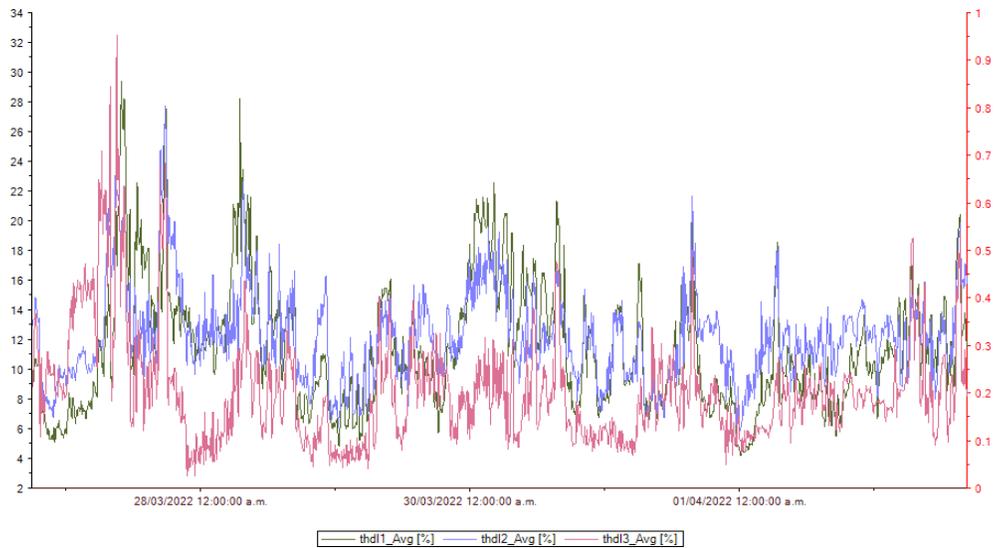
Fuente: Resultados obtenidos con el analizador de redes

Interpretación:

Se observa que no existen picos de tensión superiores al 0.5% de la tensión nominal (normativa de calidad de energía), esto indica que no existe mucha contaminación de armónicos.

Figura 35

Armónico de tensión de octavo grado en las 3 fases



Fuente: Resultados obtenidos con el analizador de redes

Interpretación:

Se observa que no existen picos de tensión superiores al 0.5% de la tensión nominal (normativa de calidad de energía), esto indica que no existe mucha contaminación de armónicos.

Figura 36

Armónicos de corriente (Promedio)



Fuente: Resultados obtenidos con el analizador de redes

4.1.9 Análisis de resultados.

De acuerdo a la Norma Técnica de Salud 110 MINSVA V2, las instalaciones eléctricas deben cumplir con las normas establecidas en el artículo 140 de la CNE y los códigos de edificación nacionales. Esto es para que todos los establecimientos de salud puedan asegurar contar con un suministro constante de energía eléctrica, contando con un sistema de respaldo que incluye un grupo electrógeno con encendido automático capaz de atender al 100% la demanda de servicios críticos. Sin embargo, los cortes de energía pueden tener un impacto directo en pacientes e individuos, vulnerando sus derechos y afectando negativamente a su salud. Debido a esto, se debe considerar cuidadosamente el sistema de transferencia y la instalación de componentes de respaldo para el suministro eléctrico de emergencia del hospital. El alimentador deberá ser un grupo electrógeno de 250 kW para garantizar un suministro confiable de electricidad durante las emergencias hospitalarias. Ha sido optimizado mediante el

mantenimiento basado en condición (CBM) para una respuesta rápida en situaciones de emergencia y con la instalación de un analizador de redes eléctricas en el suministro de baja tensión del Hospital Túpac Amaru II-E Región Cusco se ha determinado lo siguiente:

- a) Ahorrar energía eléctrica
- b) Reducción del consumo innecesario de energía eléctrica
- c) Hallar los puntos de máxima demanda energética
- d) Hallar carencias en la instalación
- e) Detectar fraudes en contadores energéticos
- f) Prevención de riesgos
- g) Mantenimiento preciso de la red
- h) Solventar problemas concretos en la red

De manera que actualmente el sistema de las instalaciones eléctricas del Hospital Túpac Amaru II-E Región Cusco viene operando en condiciones óptimas garantizando los servicios y el funcionamiento de los equipos médicos.

4.2 Prueba de hipótesis

4.2.1 Prueba de hipótesis general.

Los sistemas eléctricos del Hospital Túpac Amaru E-II Región Cusco no se encuentran a la altura de los estándares establecidos en el Código Nacional Eléctrico – Uso (en adelante “el Código”). El propósito del Código es establecer pautas que prevengan daños a personas y propiedades por el uso de electricidad. Adicionalmente, la NTS 110 MINS/DGIEM-V.01 en el numeral 6.2.4 establece que los proyectos de instalaciones eléctricas deben cumplir con lo establecido en el Código Nacional de Electricidad, particularmente en el artículo 140, así como el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente.

Es imperativo que todos los centros de salud tengan acceso a electricidad continua e ininterrumpida. Además, es necesario contar con un sistema de energía alternativa para respaldar los servicios críticos. Este sistema

alternativo deberá estar compuesto por grupos electrógenos con encendido automático, y deberá ser capaz de cubrir, como mínimo, toda la demanda de servicios críticos.

Deberá tener viabilidad de suministro de energía eléctrica del correspondiente concesionario. La viabilidad deberá ser de media tensión y contará con los puntos y parámetros de diseño que indique el concesionario.

No se aceptarán redes aéreas de media tensión ni subestaciones aéreas dentro de establecimientos de salud.

Del 26 de marzo al 4 de abril de 2022 se midieron los niveles de tensión, frecuencia, corriente, armónicos y flicker de la subestación maestra mediante analizadores de redes trifásicos marca HT. Modelo PQA 824

Al analizar los datos obtenidos se verificó que el suministro de energía eléctrica del Hospital Cusco Túpac Amaru Región II-E cumple con las tolerancias establecidas en la Figura 5.1.2. - La tolerancia permitida de la tensión nominal en los puntos de suministro para todas las fases y todos los niveles de tensión es como máximo de $\pm 5,0$ % de la tensión nominal en estos puntos. Para las redes secundarias que prestan servicios urbanos y/o rurales, la tolerancia alcanza $\pm 7,5$ %. La calidad de la energía se considera deficiente si el voltaje está fuera del rango de tolerancia aquí especificado durante más del cinco por ciento (5 %) del período de medición.

Por lo tanto, se concluye que el suministro de energía eléctrica del “Hospital Túpac Amaru Nivel II-E” en la región Cusco se encuentra dentro de las tolerancias permitidas.

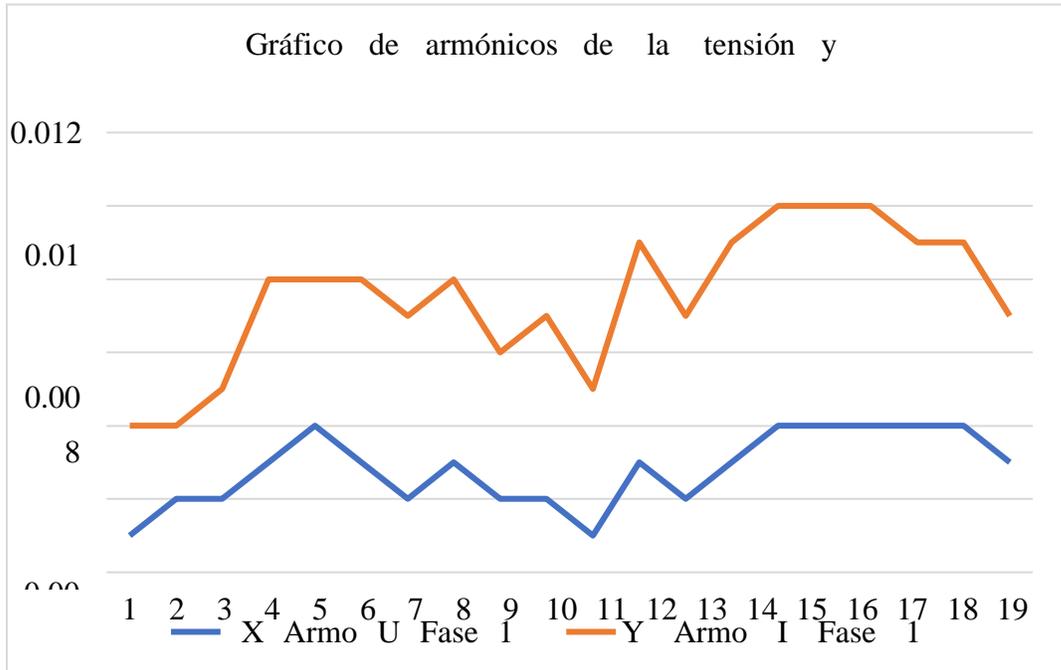
Tabla 13*Medición para determinar la correlación de los armónicos de la U y I en fase*

| Fecha y hora | Periodo (N) | X Armo U Fase 1 (V) | Y Armo I Fase 1 (Amp) | X ² | Y ² | (X)(Y) |
|---------------------------|----------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 26/03/2022 05:51:00 p. m. | 1 | 0.001 | 0.004 | 0.000001 | 0.000016 | 0.000004 |
| 26/03/2022 06:01:00 p. m. | 2 | 0.002 | 0.004 | 0.000004 | 0.000016 | 0.000008 |
| 26/03/2022 06:11:00 p. m. | 3 | 0.002 | 0.005 | 0.000004 | 0.000025 | 0.00001 |
| 26/03/2022 06:21:00 p. m. | 4 | 0.003 | 0.008 | 0.000009 | 0.000064 | 0.000024 |
| 26/03/2022 06:31:00 p. m. | 5 | 0.004 | 0.008 | 0.000016 | 0.000064 | 0.000032 |
| 26/03/2022 06:41:00 p. m. | 6 | 0.003 | 0.008 | 0.000009 | 0.000064 | 0.000024 |
| 26/03/2022 06:51:00 p. m. | 7 | 0.002 | 0.007 | 0.000004 | 0.000049 | 0.000014 |
| 26/03/2022 07:01:00 p. m. | 8 | 0.003 | 0.008 | 0.000009 | 0.000064 | 0.000024 |
| 26/03/2022 07:11:00 p. m. | 9 | 0.002 | 0.006 | 0.000004 | 0.000036 | 0.000012 |
| 26/03/2022 07:21:00 p. m. | 10 | 0.002 | 0.007 | 0.000004 | 0.000049 | 0.000014 |
| 26/03/2022 07:31:00 p. m. | 11 | 0.001 | 0.005 | 0.000001 | 0.000025 | 0.000005 |
| 26/03/2022 07:41:00 p. m. | 12 | 0.003 | 0.009 | 0.000009 | 0.000081 | 0.000027 |
| 26/03/2022 07:51:00 p. m. | 13 | 0.002 | 0.007 | 0.000004 | 0.000049 | 0.000014 |
| 26/03/2022 08:01:00 p. m. | 14 | 0.003 | 0.009 | 0.000009 | 0.000081 | 0.000027 |
| 26/03/2022 08:11:00 p. m. | 15 | 0.004 | 0.01 | 0.000016 | 0.0001 | 0.00004 |
| 26/03/2022 08:21:00 p. m. | 16 | 0.004 | 0.01 | 0.000016 | 0.0001 | 0.00004 |
| 26/03/2022 08:31:00 p. m. | 17 | 0.004 | 0.01 | 0.000016 | 0.0001 | 0.00004 |
| 26/03/2022 08:41:00 p. m. | 18 | 0.004 | 0.009 | 0.000016 | 0.000081 | 0.000036 |
| 26/03/2022 08:51:00 p. m. | 19 | 0.004 | 0.009 | 0.000016 | 0.000081 | 0.000036 |
| 26/03/2022 09:01:00 p. m. | 20 | 0.003 | 0.007 | 0.000009 | 0.000049 | 0.000021 |
| | | 0.056 | 0.15 | 0.000176 | 0.001194 | 0.000452 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 37

Gráfico de armónicos de la tensión y corrientes



Fuente: Elaboración propia

4.2.1.1 Análisis de coeficiente de correlación.

Dependiendo de la naturaleza de los datos, el coeficiente de correlación de Pearson es el más utilizado, que es el resultado de dividir la covarianza de dos variables por el producto de sus desviaciones estándar y utilizar una variable cuantitativa (escala de intervalo mínimo), que mide la correlación entre diferentes variables relacionadas linealmente índice de variabilidad. Esto significa que puede haber variables fuertemente correlacionadas, pero no linealmente, en cuyo caso no se debe aplicar la correlación de Pearson, en cuyo caso el armónico de voltaje de la fase 1 al armónico de corriente de la fase 1. La relación, usando los valores de la Tabla 13. , es el resultado de la medición en tiempo real, por lo que es conveniente utilizar la correlación de Pearson. En este ejemplo, se utiliza la siguiente fórmula:

Prueba de hipótesis general mediante análisis de correlación de Pearson

$$r_{xy} = \frac{\sum Z_x Z_y}{N}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} = \frac{0.056}{20} = 0.0028$$

Datos:

$$N = 20$$

$$\sum x = 0.056$$

$$\sum y = 0.15$$

$$\sum xy = 0.000452$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} = \frac{0.056}{20} = 0.0028$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{N} = \frac{0.15}{20} = 0.0075$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum X^2}{N} - \bar{X}^2} = \sqrt{\frac{0.00017}{20} - 0.0028^2} = 0.0009797$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum Y^2}{N} - \bar{Y}^2} = \sqrt{\frac{0.00119}{20} - 0.0075^2} = 0.001857$$

$$\Gamma_{xy} = \frac{\frac{\sum XY}{N} - \bar{X} \times \bar{Y}}{S_x \times S_y} = \frac{\frac{0.000452}{20} - (0.002) \times (0.0075)}{(0.0009797) \times (0.001857)} = 0.88$$

Figura 38

Coeficiente de correlación de Karl Pearson

| Cuadro de coeficiente de correlación de Karl Pearson | |
|--|--|
| Valor | Significado |
| -1 | Correlación negativa grande y perfecta |
| -0,9 a -0,99 | Correlación negativa muy alta |
| -0,7 a -0,89 | Correlación negativa alta |
| -0,4 a -0,69 | Correlación negativa moderada |
| -0,2 a -0,39 | Correlación negativa baja |
| -0,01 a -0,19 | Correlación negativa muy baja |
| 0 | Correlación nula |
| 0,01 a 0,19 | Correlación positiva muy baja |
| 0,2 a 0,39 | Correlación positiva baja |
| 0,4 a 0,69 | Correlación positiva moderada |
| 0,7 a 0,89 | Correlación positiva alta |
| 0,9 a 0,99 | Correlación positiva muy alta |
| 1 | Correlación positiva grande y perfecta |

Fuente: Elaboración propia (Karl Pearson)

El análisis de coeficiente de correlación nos muestra un valor $\Gamma_{xy} = 0.88$ que es el indicador de una correlación perfecta positiva alta que está dentro de los valores 0.7a 0.89, valor adimensional que expresa la relación entre dos variables estadísticas, dado que, en estadística el coeficiente de correlación de Pearson es una medida de dependencia lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis de investigación: **El mantenimiento basado en condición (CBM) influye directamente en la optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.**

4.2.2 Prueba de hipótesis específico (a).

Para probar hipótesis específicas relacionadas con mejorar el funcionamiento óptimo de los sistemas eléctricos, minimizar fallas, perturbaciones y extender la vida útil de los equipos y sistemas eléctricos Clase II-E en el Hospital Túpac Amaru de la Región Cusco, es necesario evaluar y analizar los controles La coordinación de los dispositivos de protección y de corte en el panel para que los defectos procedentes de cualquier punto de la red puedan ser eliminados por el dispositivo de protección situado aguas arriba del defecto, y sólo por él. La selectividad se puede optimizar mediante el uso de dispositivos de restricción aguas abajo.

Se ha evidenciado que la coordinación de protección de los elementos de protección en los 19 tableros eléctricos no ha sido considerada la selectividad de manera adecuada las curvas de operación para los circuitos que se encuentran instalados, encontrándose los dispositivos de protección sobredimensionados, que, en caso de una falla no alcanzarán a operar y los efectos serán recibidos directamente por las cargas y por el conductor de alimentación.

Tabla 14*Análisis de consumo de I en horas punta del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E*

| Tableros (población) | I máx. De termomagnéticos instalados (Amp) | U (V) | P máx. Calculado (KW) | I de consumo en hora punta (Amp) |
|---------------------------------|---|--------------|--------------------------------------|---|
| TG | 600 | 220 | 224.4 | 231.8 |
| TD-01 | 100 | 220 | 22 | 18.9 |
| TD-02 | 30 | 220 | 6.6 | 12.8 |
| TD-03 | 40 | 220 | 8.8 | 13.5 |
| TD-04 | 40 | 220 | 8.8 | 12.2 |
| TD-05 | 40 | 220 | 8.8 | 15.2 |
| TD-06 | 40 | 220 | 8.8 | 9.9 |
| TD-07 | 30 | 220 | 6.6 | 10.1 |
| TD-08 | 30 | 220 | 6.6 | 12.5 |
| TD-09 | 40 | 220 | 8.8 | 12.6 |
| TD-10 | 30 | 220 | 6.6 | 7.8 |
| TD-11 | 40 | 220 | 8.8 | 6.9 |
| TD-12 | 40 | 220 | 8.8 | 9.8 |
| TD-13 | 60 | 220 | 13.2 | 11 |
| TD-14 | 30 | 220 | 6.6 | 9 |
| TD-15 | 100 | 220 | 22 | 10 |
| TD-16 | 100 | 220 | 22 | 23.2 |
| TD-17 | 100 | 220 | 22 | 18.3 |
| TD-18 | 100 | 220 | 22 | 12.5 |
| TD-19 | 30 | 220 | 6.6 | 5.6 |

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.1 Prueba T Student de las acciones de mejora.

$$H_0: M_1 = M_2 \quad H_1: M_1 \neq M_2$$

Donde

T=Estadística T calculo

$\bar{X}_1; \bar{X}_2$: Medias Muestrales

S_c^2 : Varianza Comun

$$S_c^2 = \frac{(n_1 - 1) \times S_1^2 + (n_2 - 1) \times S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$S_c^2 = \frac{(19 - 1) \times 18.7 + (19 - 1) \times 857.7}{19 + 19 - 2}$$

$$S_c^2 = 766.4$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_c^2}{n_1} + \frac{S_c^2}{n_2}}}$$

$$t = \frac{12.2 - 53.7}{\sqrt{\frac{766.4}{19} + \frac{766.4}{19}}}$$

$$t = 6.2$$

Datos

$$\bar{X}_1 = 12.2$$

$$\bar{X}_2 = 53.7$$

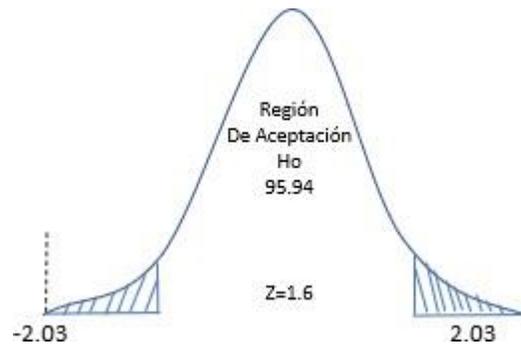
$$n_1 = 19$$

$$n_2 = 19$$

$$S_1^2 = 18.7$$

$$S_2^2 = 857.7$$

$$S_c^2 = ?$$



Valor Critico

$$gl = (n_1 + n_2 - 2)$$

$$gl = 19 + 19 - 2$$

$$gl = 36$$

$$\alpha = 0.05 = 5\%$$

$$f = \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right) \times (n_1 + n_2 - 2)$$

$$f = 2.03$$

Después de las mediciones realizadas como se puede apreciar en la tabla N.º 14 la diferencia de los valores de la corriente calculada de los termomagnéticos de protección instalados en los tableros de control y el valor de la intensidad de corriente medidos en horas punta, medición

realizada con un instrumento de alta posición en cada circuito de los tableros de control existentes, se evidencia que no se han considerado los criterios de diseño de un sistema de protección de eléctrica, considerando:

- a) sensibilidad
- b) Confiabilidad, fiabilidad y seguridad
- c) Selectividad
- d) Rapidez
- e) Rendimiento y Economía
- f) Simplicidad
- g) Redundancia
- h) Posibilidad de mantenimiento.

Solución Planteada: De acuerdo con la prueba de hipótesis, la probabilidad asociada a la hipótesis nula (H_0) hay efecto o diferencia, el valor crítico (f) obtenido el resultado, refleja la probabilidad de rechazar la H_0 siendo esta verdadera, los resultados indican que en un 95.94 % de la muestra aporta evidencia suficiente, para un nivel de significancia de 0,05, para decir que influirá la mejora de la coordinación de protecciones en los y circuitos eléctricos del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco, Cumple con los requisitos especificados en el Código Eléctrico Nacional (CNE 2011) y NTS N.º 110-MINSA/DGIEM-V.01, diseñado para asegurar el mínimo impacto en la continuidad de operación del sistema eléctrico en caso de falla por cortocircuito circuito, cuidado Integridad del personal y equipos.

Tabla 15

Cuadro de frecuencia de mantenimiento para análisis de Pearson

| Tableros (población) | I máx. De termomagnéticos instalados (Amp) | U (V) | P máx. Calculado (KW) | I de consumo en hora punta (Amp) |
|----------------------|--|------------|-----------------------|----------------------------------|
| TG | 600 | 220 | 224.4 | 231.8 |
| TD-01 | 100 | 220 | 22 | 18.9 |
| TD-02 | 30 | 220 | 6.6 | 12.8 |
| TD-03 | 40 | 220 | 8.8 | 13.5 |
| TD-04 | 40 | 220 | 8.8 | 12.2 |
| TD-05 | 40 | 220 | 8.8 | 15.2 |
| TD-06 | 40 | 220 | 8.8 | 9.9 |
| TD-07 | 30 | 220 | 6.6 | 10.1 |
| TD-08 | 30 | 220 | 6.6 | 12.5 |
| TD-09 | 40 | 220 | 8.8 | 12.6 |
| TD-10 | 30 | 220 | 6.6 | 7.8 |
| TD-11 | 40 | 220 | 8.8 | 6.9 |
| TD-12 | 40 | 220 | 8.8 | 9.8 |
| TD-13 | 60 | 220 | 13.2 | 11 |
| TD-14 | 30 | 220 | 6.6 | 9 |
| TD-15 | 100 | 220 | 22 | 10 |
| TD-16 | 100 | 220 | 22 | 23.2 |
| TD-17 | 100 | 220 | 22 | 18.3 |
| TD-18 | 100 | 220 | 22 | 12.5 |
| TD-19 | 30 | 220 | 6.6 | 5.6 |

ANÁLISIS DE PEARSON

| | | | |
|-----------------|---|--------------------------|------|
| Si $r = 1$ | Correlación positiva perfecta | Coefficiente Pearson (r) | 0.63 |
| Si $0 < r < 1$ | Refleja que se da una correlación positiva | Determinación (r^2) | 0.40 |
| Si $r = 0$ | En este caso no hay una relación lineal | | |
| Si $-1 < r < 0$ | Indica que existe una correlación negativa | | |
| Si $r = -1$ | Indica una correlación negativa perfecta | | |

Fuente: Elaboración propia

El análisis de Pearson muestra un valor mayor que 0, lo cual indica que existe una correlación positiva, en este caso las variables estarían asociadas en sentido directo de las acciones de mejora en la optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.

4.2.3 Prueba de hipótesis específica (b).

Para demostrar la implementar la frecuencia de mantenimiento basado en condición (CBM), utilizando la disponibilidad de los materiales e instrumentos para la mejora continua del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco. Es necesario considerar el Artículo 010-010 de la CNE “Inspección inicial y periódica de instalaciones eléctricas”, el cual estipula que todas las instalaciones eléctricas deben ser pronta y adecuadamente mantenidas por personal calificado aprobado por la autoridad competente correspondiente, con el fin de asegurar el buen estado de todas las partes de la instalación eléctrica, funcionamiento normal y seguro, como protección, aislamiento, sistema de puesta a tierra, etc. Dado que esta acción afecta directamente la protección del medio ambiente, el Artículo 020-012 establece que se deben tomar las medidas necesarias para proteger el medio ambiente durante el diseño, construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones de aprovechamiento de energía eléctrica.

Son de cumplimiento obligatorio los programas de impacto y adecuación ambiental y las normas de gestión ambiental aprobadas por el departamento competente de asuntos ambientales del Ministerio de Energía y Minas.

En esta interrelación de ideas es necesario considerar los fundamentos básicos de un buen mantenimiento y mejor servicio basado en un buen conocimiento de la instalación, seguridad del suministro y mejor servicio de la instalación en caso de perturbaciones, capacidad de reserva, rápida disponibilidad, selectividad, economía y facilidad de mantenimiento, elija componentes estandarizados y de alta calidad.

En toda instalación eléctrica es fundamental realizar las pruebas y controles necesarios. Sin embargo, en el caso de las instalaciones eléctricas de los hospitales, la importancia de estas pruebas y controles es aún más significativa. Es imperativo realizar estas pruebas y controles con frecuencia en el tiempo, dependiendo de las características específicas de cada equipo y de las condiciones de operación de las instalaciones que ya se encuentran en servicio. Estas comparaciones en el tiempo sirven como base para el mantenimiento correctivo y preventivo, como se demuestra en la Tabla No. 16. La frecuencia de este plan de mantenimiento debe ser cada 12 meses. No implementar el mantenimiento preventivo o correctivo, de manera oportuna y eficiente, puede resultar en un desempeño inadecuado:

- Desconfianza en el uso de activos por posibles riesgos.
- Los bienes están fuera de servicio por tiempo indefinido, lo que afecta la producción de las instalaciones médicas.
- Reducción de la vida útil de los activos.
- Mayor carga de trabajo para el personal de la unidad de mantenimiento.
- Mayor costo de las reparaciones necesarias.
- Mayor confiabilidad de la carga debido a mejores condiciones de seguridad.
- Reducir el tiempo de inactividad de los activos.
- Proporcionar una vida útil más larga a los productos.
- Costos reducidos de recuperación de bienes.

Tabla 16

Identificación y evaluación de instalaciones eléctricas del Hospital Túpac Amaru II-E

| ITEM | REGIÓN | U.E. | CÓDIGO RENAES | EE.SS | CAT EG. DEL EES | DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR | CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN | | | | TIPO DE MANTTO | COSTO ESTIMADO (S/.) |
|------|--------|------|------------------|----------------------------|--------------------------|---|------------------------------------|----|----|----|-------------------|----------------------------|
| | | | | | | | C1 | C2 | C3 | C4 | | |
| 1 | Cusco | 411 | 2451 | Hospital Túpac Amaru | E-II | Limpieza general de la sub estación - Controles de tableros, interruptores, seccionadores, contactores | X | X | X | | PREVENTIVO | 854.00 |
| 2 | Cusco | 411 | 2451 | Hospital Túpac Amaru | E-II | Mantenimiento preventivo de maquinarias eléctricas y electromecánicas | X | | | X | CORRECTIVO | 12,580.00 |
| 3 | Cusco | 411 | 2451 | Hospital Túpac Amaru | E-II | Mantenimiento preventivo de sistemas de aire acondicionado y calentadores de agua eléctricos de ductos, canales, bandejas, pisos técnicos | X | X | | X | PREVENTIVO | 26,513.00 |
| 4 | Cusco | 411 | 2451 | Hospital Túpac Amaru | E-II | Revisión y cambio de tomacorrientes deteriorados y con conexiones defectuosas eléctricas | X | X | | X | PREVENTIVO | 3,010.00 |
| 5 | Cusco | 411 | 2451 | Hospital Túpac Amaru | E-II | Mantenimiento preventivo de los disyuntores | X | X | X | | PREVENTIVO | 2,816.00 |

| ITEM | REGIÓN | U.E. | CÓDIGO RENAES | EE.SS | CAT EG. DEL EESS | DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR | CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN | | | | TIPO DE MANTTO | COSTO ESTIMADO (S/.) |
|-------------------------------|--------|------|------------------|----------------------------|---------------------------|---|------------------------------------|----|----|----|-------------------|----------------------------|
| | | | | | | | C1 | C2 | C3 | C4 | | |
| 6 | Cusco | 411 | 2451 | Hospital Túpac Amaru | E-II | Contraste de equipos de medición, tensión y corriente del sistema de suministro de energía eléctrica | X | X | | X | PREVENTIVO | 2,546.00 |
| 7 | Cusco | 411 | 2451 | Hospital Túpac Amaru | E-II | Revisión del sistema de iluminación y aparatos eléctricos de uso común | X | X | | X | PREVENTIVO | 852.00 |
| 8 | Cusco | 411 | 2451 | Hospital Túpac Amaru | E-II | Cambio de luminarias deterioradas y luminarias de alto consumo de energía con luminarias más | X | | X | X | CORRECTIVO | 4,674.00 |
| 9 | Cusco | 411 | 2451 | Hospital Túpac Amaru | E-II | Mantenimiento preventivo del tablero de transferencia | X | X | | X | PREVENTIVO | 3,564.00 |
| 10 | Cusco | 411 | 2451 | Hospital Túpac Amaru | E-II | Verificación de curvas de actuación de interruptores y relés de protección, con comprobación de su selectividad entre los distintos | X | | X | | CORRECTIVO | 15,120.00 |
| COSTO TOTAL APROXIMADO | | | | | | | | | | | 72,529.00 | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17*Cuadro de frecuencia de mantenimiento para la prueba de T Student*

| ITEM | ACTIVIDADES | MES | PERIODO MANTTO. | CONSUMO KW/HR. |
|-------------|---|------------|----------------------------|---------------------------|
| 1 | Limpieza general de la sub estación | enero | 1 | 12.1 |
| 2 | Mantenimiento preventivo de maquinarias eléctricas y electromecánicas | febrero | 0 | 18.3 |
| 3 | Mantenimiento preventivo de sistemas de aire acondicionado y calentadores de agua eléctricos | marzo | 1 | 6.5 |
| 4 | Revisión y cambio de tomacorrientes deteriorados y con conexiones defectuosas eléctricas | abril | 0 | 6.4 |
| 5 | Mantenimiento preventivo de los disyuntores | mayo | 0 | 5.8 |
| 6 | Medición de la tensión y la corriente del sistema de suministro de energía eléctrica | junio | 1 | 6.1 |
| 7 | Revisión del sistema de iluminación y aparatos eléctricos de uso común | julio | 0 | 6.8 |
| 8 | Cambio de luminarias deteriorados y luminarias de alto consumo de energía con luminarias más eficientes de menor consumo de energía | agosto | 0 | 6.2 |
| 9 | Mantenimiento preventivo del tablero de transferencia | setiembre | 1 | 15.9 |
| 10 | Mantenimiento preventivo de los tablero general y tableros de distribución | octubre | 1 | 24.5 |
| 11 | Mantenimiento de las electrobombas de bombeo de agua | noviembre | 0 | 6.0 |
| 12 | Mantenimiento de sistema de luminarias exteriores | diciembre | 1 | 6.0 |

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.1 La Prueba de T Student de frecuencia de mantenimiento.

Donde

$$H_0: M_1 = M_2$$

$$H_1: M_1 \neq M_2$$

T=Estadística T calculado

$\bar{X}_1; \bar{X}_2$: Medias Muestrales

S_c^2 : Varianza Comun

Datos

$$\bar{X}_1 = 0.5$$

$$\bar{X}_2 = 10$$

$$n_1 = 12$$

$$n_2 = 12$$

$$S_1^2 = 0.27$$

$$S_2^2 = 43.34$$

$$S_c^2 = ?$$

Ho: La hipótesis de la implementación de frecuencia de mantenimiento basado en condición (CBM), utilizando la disponibilidad de los materiales e instrumentos para la mejora continua del sistema

$$S_c^2 = \frac{(n_1 - 1) \times S_1^2 + (n_2 - 1) \times S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_c^2}{n_1} + \frac{S_c^2}{n_2}}}$$

$$S_c^2 = \frac{.27 + (11 \times 43.34)}{2 + 12 - 2}$$

$$t = \frac{0.5 - 10}{\sqrt{\frac{52.7}{12} + \frac{52.7}{12}}}$$

$$t = -2.88$$

Valor Critico

$$GL = (n_1 + n_2 - 2)$$

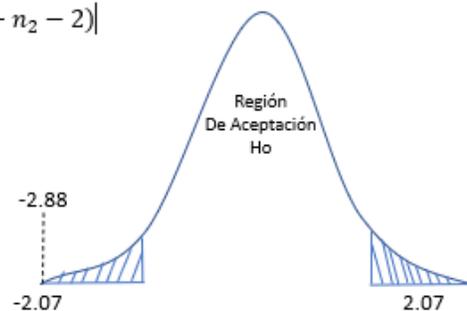
$$GL = 12 + 12 - 2$$

$$GL = 22$$

$$\alpha = 0.05 = 5\%$$

$$f = \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right) \times (n_1 + n_2 - 2)$$

$$f = 2.07$$



eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco demuestra de manera positiva, por cuanto $t = -2.88$, $gl = 22$ y $f = 0.0207$, con una significancia menor a 0.05 se rechaza H_0 , por lo que el mantenimiento basado en condición (CBM) es óptimo.

Tabla 18

Frecuencia de mantenimiento para análisis de coeficiente de correlación de Pearson.

| ITEM | ACTIVIDADES | MES | PERIODO MANTTO. | CONSUMO KWHR. |
|-----------------|---|-------------------------|-----------------|---------------|
| 1 | Limpieza general de la sub estación | enero | 1 | 12.1 |
| 2 | Mantenimiento preventivo de maquinarias eléctricas y electromecánicas | febrero | 0 | 18.3 |
| 3 | Mantenimiento preventivo de sistemas de aire acondicionado y calentadores de agua eléctricos | marzo | 1 | 6.5 |
| 4 | Revisión y cambio de tomacorrientes deteriorados y con conexiones defectuosas eléctricas | abril | 0 | 6.4 |
| 5 | Mantenimiento preventivo de los disyuntores | mayo | 0 | 5.8 |
| 6 | Medición de la tensión y la corriente del sistema desuministro de energía eléctrica | junio | 1 | 6.1 |
| 7 | Revisión del sistema de iluminación y aparatoseléctricos de uso común | julio | 0 | 6.8 |
| 8 | Cambio de luminarias deteriorados y luminarias de alto consumo de energía con luminarias más eficientes de menor consumo de energía | agosto | 0 | 6.2 |
| 9 | Mantenimiento preventivo del tablero de transferencia | setiembre | 1 | 15.9 |
| 10 | Mantenimiento preventivo de los tablero general ytableros de distribución | octubre | 1 | 24.5 |
| 11 | Mantenimiento de las electrobombas de bombeo deagua | noviembre | 0 | 6.0 |
| 12 | Mantenimiento de sistema de luminarias | diciembre | 1 | 6.0 |
| Si $r = 1$ | Correlación positiva perfecta | Coeficiente Pearson | (r) | 0.30 |
| Si $0 < r < 1$ | Refleja que se da una correlación positiva | Determinación (r^2) | | 0.09 |
| Si $r = 0$ | En este caso no hay una relación lineal | | | |
| Si $-1 < r < 0$ | Indica que existe una correlación | | | |

| | |
|-------------|--|
| | negativa |
| Si $r = -1$ | Indica una correlación negativa perfecta |

Fuente: Elaboración propia

El análisis de Pearson muestra un valor mayor que 0, lo cual indica que existe una correlación positiva, en este caso las variables estarían asociadas en sentido directo de la frecuencia de mantenimiento en la optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.

4.2.4 Prueba de hipótesis específica (c).

Dado que uno de las hipótesis específicos de esta investigación está relacionado con desarrollar un plan de mantenimiento basado en condición (CBM) y optimización del sistema eléctrico para minimizar los costos energéticos, costos de mantenimiento del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco se propone realizar el mantenimiento del sistema de las instalaciones eléctricas en las diferentes partidas, de manera que, tendremos un valor estimado que será considerado en el presupuesto de la entidad y el tiempo de recupero de la inversión, para lo cual se emplea el análisis financiero del VAN y el TIR.

Tabla 19*Cuadro de costos de mantenimiento del sistema eléctrico*

| ITEM | ACTIVIDADES | UND. | CANT. | P. UNIT. | TOTAL |
|---------------------|--|-------------|--------------|-----------------|------------------|
| 1 | Limpieza general de la sub estación. | Servicio | 1 | 854.00 | 854.00 |
| 2 | Mantenimiento preventivo de maquinarias eléctricas y electromecánicas. | Servicio | 1 | 12,580.00 | 12,580.00 |
| 3 | Mantenimiento preventivo de sistemas de aire acondicionado y calentadores de agua eléctricos. | Servicio | 1 | 26,513.00 | 26,513.00 |
| 4 | Revisión y cambio de tomacorrientes deteriorados y con conexiones defectuosas eléctricas. | Servicio | 86 | 35.00 | 3,010.00 |
| 5 | Mantenimiento preventivo de los disyuntores. | Servicio | 1 | 2,816.00 | 2,816.00 |
| 6 | Medición de la tensión y la corriente del sistema de suministro de energía eléctrica. | Servicio | 1 | 651.00 | 2,546.00 |
| 7 | Revisión del sistema de iluminación y aparatos eléctricos de uso común. | Servicio | 1 | 852.00 | 852.00 |
| 8 | Cambio de luminarias deterioradas y luminarias de alto consumo de energía con luminarias más eficientes de menor consumo de energía. | Servicio | 123 | 38.00 | 4,674.00 |
| 9 | Mantenimiento preventivo del tablero de transferencia. | Servicio | 1 | 3,564.00 | 3,564.00 |
| 10 | Mantenimiento preventivo del tablero general y tableros de distribución. | Servicio | 20 | 756.00 | 15,120.00 |
| TOTAL, ANUAL | | | | | 72,529.00 |

Fuente: Elaboración: propia

Tabla 20*Cuadro de análisis del VAN y TIR*

| Cuadro de análisis del VAN y TIR del planteamiento propuesto | | | | | | |
|---|-------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|
| Años | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Flujo de fondo (FF) | 72,529.00 | 38,600.00 | 38,600.00 | 38,600.00 | 38,600.00 | 38,600.00 |
| Saldo actualizado 10% | 72,529.00 | 35,090.91 | 31,900.83 | 29,000.75 | 26,364.32 | 23,967.56 |
| Saldo actualizado acumulado | 72,529.00 | -37,438.09 | -5,537.26 | 23,463.49 | 49,827.81 | 73,795.37 |
| Tasa | 0.10 | % | | | | |
| Valor nominal actual(VNA) | 146,324.37 | | | | | |
| Saldo actualizado | 146,324.37 | El saldo actualizado = al FF | | | | |
| Valor actual neto(VAN) | 73,795.37 | valor en S/. | | | | |
| tasa de inversión de retorno (TIR) | 0.45 | % | | | | |
| PERIODO DE RECUPERO (PR) | 1.92 | Tiempo en años | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad) son los indicadores financieros que mide los flujos de los ingresos y egresos futuros que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, pueda tener una rentabilidad posterior y el análisis nos indica que, teniendo una inversión inicial de S/.72,529.00 y se espera un retorno mensual de S/. 38,000.00 y una tasa de retorno del 45% con lo que se demuestra que la inversión realizada por la entidad sería recuperado en un tiempo de 1 año y 9 meses.

4.3 Discusión de resultados

Discusión

Esta investigación se sostiene en antecedentes y fuentes confiables que ayudaron a un análisis más profundo y considerando la investigación del autor Mendoza Ríos Constanza Alicia en el estudio de factibilidad en la implementación de mantenimiento basado en condición aplicado a equipos médicos críticos que se menciona en el capítulo II que concluye que “El CBM es una tarea que debe cumplir con dos aspectos esenciales:

- a) compromiso de todos los actores del mantenimiento, los usuarios, planificadores de mantenimiento, abastecimiento, entre otros.
- b) necesita una fuente abundante de datos históricos sobre las reparaciones, entre otros: fechas y tiempos asociados al ciclo de operación y falla, informes técnicos de diagnóstico, costos de convenios y actividades correctivas.

Estos aspectos son concordantes con lo manifestado en el capítulo II numeral 2.2.1.3. Gestión de mantenimiento planteado en el presente trabajo de investigación.

Machaca (2016), quien sostiene que un analizador de redes es muy importante para analizar al detalle la calidad de la energía y eficiencias energéticas. Los sistemas eléctricos requieren de seguimientos, mediciones, monitoreo de parámetros y registros de fallas.

En esta investigación se ha requerido de instrumentos de medición para obtener datos eléctricos reales para confirmar lo indicado por Machaca (2016), para lo cual se utilizó un analizador de redes Marca HT Modelo PQA 824 el cual ayudó mucho a analizar la calidad de la energía entregada al Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco, obteniendo datos de los parámetros mencionados por Machaca (2016)

En su tesis sobre Gestión del mantenimiento orientada a la reducción de costos en el sector electromecánico del Hospital Regional de Lambayeque, Pérez Alegría Julio Jesús concluye, en el Capítulo II, apartado 2.1.2

“Antecedentes Nacionales”, que la propuesta de Mantenimiento Basado en la Condición (CBM) resultó en una reducción de costos de 97,648 soles anuales, siendo los costos de mantenimiento tercerizados los que experimentaron un mayor porcentaje de reducción. La propuesta incluye un análisis costo-beneficio que detalla los costos en los que se incurrirá y los beneficios que obtendrá el hospital de la implementación de dichas mejoras. El resultado de este análisis es una mejora del 1,53 %, lo que se traduce en un ahorro anual de S/ 33.942,75 soles. Además, la propuesta garantiza que el equipamiento del hospital se mantenga en óptimas condiciones de funcionamiento.

De manera que, de acuerdo a la hipótesis específico realizado en el capítulo IV numeral 4.2.2 Hipótesis específico y utilizando el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad) se obtiene un retorno mensual de S/. 38,000.00 y una tasa de retorno del 45% con lo que se demuestra que la inversión realizada por la entidad sería recuperado en un tiempo de 1 año y 9 meses, por tanto, es similar con lo sostenido por el autor Pérez Alegría Julio Jesús en cuanto al análisis de beneficio – costo que presenta la propuesta de mejora.

En el trabajo de investigación: *“Ajuste de los valores del factor de potencia en los Hospitales Pediátricos Provinciales Octavio de la Concepción y de la Pedraja”*, Cuba considera:

"El mejoramiento de la eficiencia energética eléctrica en los hospitales a partir de la evaluación del comportamiento de los niños" factor de potencia, considerando que la potencia El factor es el más importante Uno de los parámetros ya que se puede definir como eficiencia energética y está estrechamente relacionado con el parámetro de calidad definido por la Norma 286-2000 (IEEE-SA 2000)" (8).

El término factor de potencia es utilizado para indicar el porcentaje de potencia eléctrica que realmente se ha convertido en trabajo, esto es:

$$fP = \text{Cos}\phi P/s$$

El factor de potencia, = ángulo entre la potencia activa y reactiva, P = potencia activa y S = potencia aparente.

El valor ideal del factor de potencia es 1, lo que significa que toda la energía consumida por el equipo se convierte en trabajo, por el contrario, cuanto menor sea el factor de potencia, mayor será el consumo de energía necesario para producir trabajo útil. En la práctica, sin embargo, obtener un valor de 1 es muy difícil, por lo que la Norma 286-2000 (IEEE-SA 2000) y la Resolución 75 publicada por el Ministerio de Electricidad y Energía Popular de Venezuela (MPPEE 2010) mencionan un factor de potencia mínimo de 0,9.

Según los análisis de las mediciones realizadas en este trabajo de investigación se observan que las potencias reactivas tanto inductiva como capacitiva no superan los valores de la potencia activa, por tanto, el sistema está trabajando de manera normal y la potencia activa, conocida como potencia real tiene un comportamiento normal de consumo, ya que esta incrementa cuando los equipos están en funcionamiento y disminuye cuando estos dejan de funcionar de manera que el factor de potencia no es mayor a 1, esto indica que está siendo una buena eficiencia en el consumo de energía, en conclusión, se cumple con lo planteado por Cruz y Leyva, en su trabajo de investigación: El Ajuste del valor del Factor de potencia en el Hospital Pediátrico Provincial Octavio de la Concepción y de la Pedraja.

Sagredo (2006) afirma que un armónico es una expresión matemática que cuantifica la distorsión de una señal de voltaje o corriente en un sistema eléctrico, típicamente, dispositivos de conmutación electrónicos, incluyendo interruptores, inversores y fuentes controladas de 6 y 12 pulsos, lo que provoca distorsiones. Las corrientes al circular en el sistema eléctrico, provocarán caídas de tensión, generando distorsiones de tensión, teniendo en cuenta los niveles de cortocircuito y las impedancias asociadas; provocando grandes problemas y pérdidas.

En las pruebas realizadas en la red de la energía eléctrica del Hospital Túpac Amaru II-E se observa que no existen picos superiores al 5% (según normativa de calidad de energía) esto indica que no existe contaminación por

armónicos al sistema eléctrico y en cuanto a la calidad de la energía, si bien se han encontrado valores de corrientes armónicas altas, éstas no afectan la forma de onda de tensión que es la que se considera para la evaluación de la calidad del suministro a través del valor de Distorsión Total Armónica o THD%, que en el caso de la tensión no supera el 2%, lo que indica que no existe ninguna provocación de caídas de tensión que hacen que se distorsione también el nivel voltaje; provocando grandes problemas y pérdidas, tal como indica Sagredo (2006).

CONCLUSIONES

De acuerdo con la investigación realizada sobre la optimización el sistema eléctrico basado en condición (CBM) del Hospital Túpac Amaru II-E, se derivan las siguientes conclusiones:

- a) Con el mantenimiento basado en condición (CBM) se ha logrado optimizar los sistemas, subsistemas y componentes de los sistemas eléctricos del Hospital Túpac Amaru II-E, lo cual garantiza normal funcionamiento de los equipos médicos y biomédicos, minimizando las fallas, perturbaciones y se podrá alargar la vida útil de los equipos y sistemas, analizado las fallas identificadas en el sistema de las instalaciones eléctricas, se propone cumplir con el plan de mantenimiento para mejorar la capacidad resolutive de las Unidades Prestadoras de Servicios de Salud del Hospital.
- b) Implementando la frecuencia de mantenimiento basado en condición (CBM) y utilizando la disponibilidad de los materiales e instrumentos para la mejora continua del sistema eléctrico se ha reducido la cantidad de tiempo en planeación y ejecución de actividades, previniendo las fallas y paradas en los equipos, disminuyendo sobre costos de mantenimiento, fallas inesperadas, imprevistos, entre otros factores que pueden repercutir en la atención del paciente. para lo cual se plantea un plan de mantenimiento basado en ratios de costo beneficio, el cual se demuestra en el numeral 4.2.3.1 prueba de T Student de frecuencia de mantenimiento.
- c) Es necesario tener en cuenta las bases fundamentales de la gestión, que constituyen, la planificación, programación, comunicación entre todas las partes interesadas, el seguimiento y control de las actividades que se ejecuten dependerá de una retroalimentación sobre la efectividad e impacto de las acciones en la operación de los equipos y sistemas, basado en el análisis de la hipótesis tal como se demuestra en el numeral 4.2.1.1 análisis de coeficiente de correlación, se ha desarrollado un plan de mantenimiento basado en condición (CBM) y optimización del sistema eléctrico para minimizar los costos energéticos, costos de mantenimiento del sistema eléctrico, el cual está

demostrado en la tabla N.º 20 cuadro de análisis del VAN y TIR. del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.

- d) Realizando un análisis de la potencia aparente consumida en el sistema, se identifica que la potencia pico alcanzada es de 62 KVA, es decir el 30 % de la capacidad total del transformador, mientras que la potencia promedio se encuentra alrededor de 20 KVA que es el 10% de la capacidad total del transformador. Por lo tanto, podemos concluir que el transformador está trabajando muy por debajo de su potencia nominal, y a menos que se tenga proyectado el aumento de carga a futuro, se deberá considerar la posibilidad de cambiar el transformador por uno de menor potencia que puedan tener menores pérdidas de energía, por ello se decidió realizar una propuesta de mantenimiento basado en condición realizando el análisis de criticidad y modos de falla en el sistema de las instalaciones eléctricas.
- e) Los modelos de gestión de mantenimiento basado en condición (CBM) han sido desarrollados para minimizar las fallas, perturbaciones y aumentar la vida útil de los equipos y sistemas por ende al analizar la data obtenida con el equipo de analizador de redes y determinar los parámetros de la calidad de energía en el sistema eléctrico se encuentran dentro de los parámetros permisibles, el cual garantiza los servicios de salud y en normal funcionamiento de los equipos médicos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una evaluación nuevamente en caso se incremente la carga de manera considerable.
- En cuanto al mantenimiento preventivo de la subestación, se recomienda realizar el mantenimiento anual que incluya: Limpieza del transformador y los componentes de la celda de media tensión, pruebas de aislamiento del transformador, pruebas fisicoquímicas del aceite dieléctrico del transformador, limpieza del tablero de baja tensión. Medición de la resistencia de puesta a tierra y mantenimiento de los pozos en caso sea necesario.
- También es recomendable realizar inspecciones de termografía infrarroja para detectar puntos calientes tanto en los circuitos de media como de baja tensión y poder corregirlos oportunamente en caso de presentarse.
- Los sistemas “inteligentes” de iluminación se destacan por que todos los componentes contribuyen a lograr una mayor calidad de luz aumentando a su vez la eficiencia energética, por lo que se recomienda:
 - a) Sustituir las lámparas incandescentes y los fluorescentes por lámparas eficientes, utilizar lámparas LED con un alto rendimiento luminoso y una correcta reproducción cromática, y equiparlas con dispositivos electrónicos que ahorran energía.
 - b) Automatizar el encendido/apagado: mediante la instalación de sensores de movimiento y timer se puede evitar la iluminación innecesaria de salas, consultorios, almacenes en sótanos, etc. lo que también contribuye al ahorro de energía y además aumenta la vida útil de los dispositivos de iluminación.
- La Tabla 12 muestra el esquema general de actividades y parámetros de mantenimiento del sistema eléctrico, y consta de tres partes: en la primera parte se muestran los sistemas eléctricos y componentes más importantes de los sistemas eléctricos que necesitan ser protegidos y mantenidos; en la segunda parte, se resumen los actividades mínimas requeridas para llevar a cabo un programa de mantenimiento para optimizar las operaciones, aumentar la

eficiencia y mantener la vida útil de los sistemas y equipos eléctricos; la Parte III incluye los indicadores necesarios para planificar actividades, organizar recursos humanos y planificar sistemas eléctricos para el corto, mediano y la inversión a largo plazo..

BIBLIOGRAFÍA

1. **TECSUP.** Calidad de la Energía Eléctrica. [En línea] 2021. <https://www.tecsup.edu.pe/programas-academicos/cursos-online/calidad-de-la-energia-electrica>.
2. *Calidad de la energía eléctrica bajo la perspectiva de los sistemas de puesta a tierra.* **MERCADO POLO, Verena, PEÑA, José Bernardo y PACHECO, Luis.** 2, Venezuela: Ciencia e Ingeniería, 2017, Vol. 38. 1316-7081 / 2244-8780.
3. **ESAN.** Apuntues-Empresariales. [En línea] 2019. <https://www.esan.edu.pe/apuntes-%20empresariales/2021/03/5-beneficios-de-la-eficiencia-energetica-en-las-empresas/>.
4. **MORENO GAVILÁNEZ, Pablo René.** *Optimización de la calidad de energía eléctrica suministrada por la empresa eléctrica provincial Cotopaxi S.A., a los abonados de los cantones Latacunga, Pujilí, Saquisilí y Sigchos, a través de la subestación Mulaló del Sistema Nacional Interconectado.* Tesis de Maestría. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2014.
5. *Plan tactico de la unidad de calidad en salud.* Cusco, Hospital Túpac Amaru. Cusco: <https://www.redsaludcuscosur.gob.pe/gestion-de-la-calidad-2023-hospital-tupac-amaru>, 2021.
6. **MENDOZA RÍOS, Constanza Alicia.** *Estudio de factibilidad en la implementación de mantenimiento basado en confiabilidad aplicado a equipos médicos críticos.* Tesis de pregrado. Concepción: Universidad de Concepción, 2014.
7. **ARELLANO BASTIDAS, Olger Gilberto.** *Estudio y análisis de eficiencia energética del sistema eléctrico del hospital IESS-Ibarra.* Tesis de Mestría. Sangolqui: Universidad de las Fuerzas Armadas, 2015.
8. *El Ajuste del valor del Factor de potencia en el Hospital Pediátrico Provincial Octavio de la Concepción y de la Pedraja.* **CRUZ BERMÚDEZ, Odalys y LEYVA LÓPEZ, Yolanda.** Cuba: Ciencias Holguín. Revista Trimestral, 2009. 1027-2127.
9. **CÉSPEDES MOLANO, Luis Ernesto y SAAD GÓMEZ, Jiris Armin.** *Evaluación Técnica y diagnóstico de la calidad de energía eléctrica en la Planta Quala S.A.* Proyecto de grado. Bogotá D.C.: Universidad de la Salle, 2007.

10. **AGUIRRE MONTOYA, Ángel Heriberto.** *Análisis de la calidad del sistema de distribución de energía eléctrica del hospital Sagrado Corazón de Jesús del cantón Quevedo.* Tesis de pregrado, Quevedo-Los Ríos: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2016.
11. **Cesar, Tito Farfan Mario.** *Mejoramiento de la eficiencia y calidad de energía eléctrica en el Hospital Contingencia Antonio Lorena del Cusco 2021.* Cusco: Universidad San Antonio Abad del Cusco, 2022.
12. **ARMAS, Alonso.** Green Republic. *Calidad de energía.* [En línea] <https://alonsoarmas.wixsite.com/greenrepublic/calidad-de-energia>.
13. **PALOMINO SÁNCHEZ, Carlos Enrique y VELASCO CRUZ, José Luis.** *Evaluación de la Eficiencia Energética del Sistema Eléctrico del Hospital General de Jaén.* Tesis de pregrado. Jaén: Universidad Nacional de Jaén, 2019.
14. **PLUCKNETTE, Douglas.** <https://esp.reliabilityconnect.com/diez-cosas-que-un-supervisor-de-mantenimiento-puede-hacer-hoy-para-mejorar-la-confiabilidad/>. [En línea] 7 de julio de 2020. <https://esp.reliabilityconnect.com/diez-cosas-que-un-supervisor-de-mantenimiento-puede-hacer-hoy-para-mejorar-la-confiabilidad/>.
15. **RAMOS RAMOS, Erik David y RIVEROS ARCAYA, Schaddai Emanue.** *Análisis de la eficiencia energética y calidad de la energía eléctrica en la planta industrial de procesamiento de alimentos agroindustrias CIRNMA S.R.L. en la región Puno.* Tesis de grado: Universidad Nacional del Altiplano, 2018.
16. **MINEM.** *Normas Técnicas de Calidad de los Servicios Eléctricos.* Lima: NTCS Decreto Supremo N.º 020-97-EM. [aut. libro], 2017.
17. **DAMMERT LIRA, Alfredo, GARCÍA CARPIO, Raúl y MOLINELLI, Fiorella.** *Regulación y Supervisión del Sector Eléctrico.* Lima: Fondo Editorial. Universidad Católica del Perú, 2008.
18. **MELÉNDEZ FRIGOLA, Joaquín.** *Soluciones Automática e Instrumentación.* España: s.n., 2005.
19. **ARCILA, José Dariel.** *Armónicos en sistemas eléctricos.* [En línea] 2016. http://ingenieros.es/files/proyectos/Armonicos_en_sistemas_electricos.pdf.

20. **VERGARA BLANCO, Alejandro.** *Concepto, elementos y principios del servicio público eléctrico.* 212, Concepción: Revista de Derecho, 2002.
21. **TTACCA HUALLA, James Paul y MOSTAJO SOTOMAYOR, Andres Mauricio.** *Estudio de la eficiencia energética en los sistemas hospitalarios de Salud - Hospital II Ayaviri.* Tesis de pregrado. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2017.
22. **ALVANEZ, Oscar Eduardo.** *ALVAREZ, Oscar Eduardo. Diagnóstico y rediseño del sistema de las instalaciones eléctricas en el Hospital Regional de Cobán.* Tesis de pregrado. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2018.
23. **HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carla y BAPTISTA LUCIO, Pilar.** *Metodología de la Investigación.* Quinta. México: McGrill Hill, 2010.
24. **MURILLO HERNÁNDEZ, Willian Jhoel.** La investigación científica. [En línea] 2008. Hernández, S. R; Fernández, C. C y Baptista, L. P..
25. **HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carla y BAPTISTA LUCIO, Pilar.** *Metodología de la investigación.* México: McGrill Hill, 2014.
26. *La gestión energética: una alternativa eficaz para mejorar la competitividad empresarial.* **BORROTO NORDELO, Aníbal, y otros.** 33, Medellín : Energética, 2005. 0120-9833.
27. *Nuevas Estrategias para un Plan de Uso Eficiente de la Energía Eléctrica.* **54, Concepción. Universidad de entre Ríos: Ciencia, Docencia y Tecnología. , 2017, Vol. 28.**
28. **Blog de Calidad. Iso.** Los 8 principios de gestión de la calidad. [En línea] 2015. <https://blogs.x.uoc.edu/calidad-iso/los-8-principios-de-gestion-de-la-calidad/>.
29. **PÉREZ ALEGRÍA, Julio Jesús.** *Gestión de mantenimiento para reducir costos en el área de electromecánica en el Hospital Regional Lambayeque.* Tesis de pregrado. Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 2019.
30. **INOCENTE, MANTARI y Steve, Kevin.** *Análisis de la calidad de tensión en el suministro de energía eléctrica a la Localidad de Panti, Distrito de Pariahuanca.* Tesis de pregrado. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019.

31. ESCOBAL DIAZ, Marcos Joel. *Implementación de una auditoria eléctrica para reducir el consumo de energía eléctrica en el hospital II de ESSALUD Cajamarca, 2017.* Tesis de pregrado. Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2017.

32. CHAVEZ ALTAMIRANO, Jorge Luis. *Gestión de Mantenimiento Basado en el Análisis de Modos d Efectos de Fallas (Amef) para Incrementar la Disponibilidad de los Equipos Jumbo en Consorcio Minero Horizonte S.A.* Tesis de pregrado. Trujillo: Universidad César Vallejo, 2018.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Optimización de del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco, mediante Mantenimiento Basado en Condición (CBM) periodo 2021

| PROBLEMA | OBETIVO | HIPOTESIS | VARIABLES E INDICADORES | METODOLOGIA |
|--|--|--|--|--|
| <p>Problema general ¿De qué manera se podrá determinar la optimización del sistema eléctrico mediante el mantenimiento Basado en Condición CBM, a fin de reducir los costos energéticos, costos de mantenimiento y fallas constantes en el sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco?</p> <p>Problema específico a) ¿De qué manera mejoraría con las acciones de Optimización del</p> | <p>Objetivo general Optimizar el sistema eléctrico mediante el Mantenimiento Basado en Condición CBM, a fin de reducir los costos energéticos, frecuencia de mantenimiento, realizando acciones de mejora y evita fallas constantes en el sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.</p> <p>Objetivos específicos a) Optimizar los costos energéticos, desarrollando un plan de mantenimiento basado en condición, para incrementar la optimización del sistema</p> | <p>Hipótesis La optimización del sistema eléctrico mediante el Mantenimiento Basado en Condición CBM permite incrementar la confiabilidad, implementando un programa de mantenimiento con una frecuencia semestral a fin de reducir los costos energéticos y minimizar las fallas, perturbaciones y aumentar la vida útil de los equipos y sistemas del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.</p> <p>Hipótesis Específicas a) Existe influencia en la optimización de los costos energéticos, desarrollando un plan de mantenimiento basado en condición, para incrementar</p> | <p>Variable Independiente Optimización d ➤ Análisis de criticidad ➤ Análisis Modal de Efectos y Fallas (AMEF) ➤ Numero d prioridad d</p> <p>Variable Dependiente Mantenimiento basado en condición (CBM)</p> <p>Indicadores.</p> <ul style="list-style-type: none"> • tiempo medio entre fallos • Tiempo Medio para Reparar | <p>Método de investigación: específico inductivo hipotético Nivel de investigación: de carácter transversal de tipo descriptiva. Diseño de la investigación: no experimental Población y muestra: Población; la sub estación eléctrica del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco Muestra: (01</p> |

| | | | | |
|--|---|---|----------|---|
| <p>sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco?</p> <p>b) ¿De qué manera influirá la frecuencia de mantenimiento con la Optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco?</p> <p>c) ¿De qué manera influirá la reducción de costos con la Optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco?</p> | <p>eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco</p> <p>b) Optimizar la frecuencia de mantenimiento, con la optimización del sistema eléctrico, utilizando la disponibilidad de los materiales e instrumentos para la mejora continua del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.</p> <p>c) Con la mejora de las acciones de optimización del sistema eléctrico se podrá minimizar las fallas, perturbaciones y aumentar la vida útil de los equipos y sistemas del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco</p> | <p>la optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco</p> <p>b) Existe influencia para optimizar la frecuencia de mantenimiento, con la optimización del sistema eléctrico, utilizando la disponibilidad de los materiales e instrumentos para la mejora continua del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.</p> <p>c) Existe influencia en la mejora de las acciones de optimización del sistema eléctrico se podrá minimizar las fallas, perturbaciones y aumentar la vida útil de los equipos y sistemas del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco</p> | <p>•</p> | <p>tablero general y 19 tableros de distribución.</p> <p>Datos del 2021.</p> <p>Técnicas de recolección de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ análisis documental. ➤ Analizador de Redes PQA 824. ➤ Técnicas de procesamiento de datos: coeficiente de correlación de Pearson, análisis financiero del VAN y el TIR |
|--|---|---|----------|---|

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Matriz de Coherencia

Título: Optimización de del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco, mediante mantenimiento basado en la confiabilidad periodo 2021

| Problema general | Objetivo general | Hipótesis general |
|---|--|---|
| <p>Problema general</p> <p>¿De qué manera se podrá determinar la optimización del sistema eléctrico mediante el mantenimiento Basado en Condición CBM, a fin de reducir los costos energéticos, costos de mantenimiento y fallas constantes en el sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco?</p> | <p>Optimizar el sistema eléctrico mediante el Mantenimiento Basado en Condición CBM, a fin de reducir los costos energéticos, frecuencia de mantenimiento, realizando acciones de mejora y evita fallas constantes en el sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.</p> | <p>La optimización del sistema eléctrico mediante el Mantenimiento Basado en Condición CBM permite incrementar la confiabilidad, implementando un programa de mantenimiento con una frecuencia semestral a fin de reducir los costos energéticos y minimizar las fallas, perturbaciones y aumentar la vida útil de los equipos y sistemas del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.</p> |
| Problemas específicos | Objetivos específicos | Hipótesis específicas |
| <p>a) ¿De qué manera mejoraría con las acciones de Optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco?</p> <p>b) ¿De qué manera influirá la frecuencia de mantenimiento con la Optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco?</p> | <p>a) Optimizar los costos energéticos, desarrollando un plan de mantenimiento basado en condición, para incrementar la optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco</p> <p>b) Optimizar la frecuencia de mantenimiento, con la optimización del sistema eléctrico, utilizando la disponibilidad de los materiales e instrumentos para la mejora continua</p> | <p>a) Existe influencia en la optimización de los costos energéticos, desarrollando un plan de mantenimiento basado en condición, para incrementar la optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco</p> <p>b) Existe influencia para optimizar la frecuencia de mantenimiento, con la optimización del sistema eléctrico, utilizando la disponibilidad de los materiales e instrumentos para la mejora continua del</p> |

| | | |
|--|---|--|
| <p>c) ¿De qué manera influirá la reducción de costos con la Optimización del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco?</p> | <p>del sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.</p> <p>c) Con la mejora de las acciones de optimización del sistema eléctrico se podrá minimizar las fallas, perturbaciones y aumentar la vida útil de los equipos y sistemas del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco</p> | <p>sistema eléctrico del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco.</p> <p>c) Existe influencia en la mejora de las acciones de optimización del sistema eléctrico se podrá minimizar las fallas, perturbaciones y aumentar la vida útil de los equipos y sistemas del Hospital Túpac Amaru Nivel II-E de la Región Cusco</p> |
|--|---|--|

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Modelo de Gestión de Mantenimiento Propuesto Basado en Condición (CBM)

A partir del análisis de los resultados es necesario proponer como estrategia un modelo de gestión de mantenimiento basado en CBM para las actividades de mantenimiento de los sistemas eléctricos del Hospital Tupa Amaru II-E de la Región Cusco y es necesario destacar los siguientes:

- a. Planificación y programación
- b. Seguimiento y control
- c. Partes interesadas (soporte técnico, soporte administrativo, logístico, usuario y proveedor)
- d. Liderazgo y comunicación
- e. Confiabilidad de los sistemas
- f. Costo de la vida útil

Es importante resaltar que la gestión del mantenimiento de sistemas eléctricos tiene su base en la realización de requerimientos técnicos enfocados a la observación e inspección como primer punto, luego sigue las mediciones de los diferentes componentes y equipos que conforman el sistema eléctrico, para luego detectar los problemas que puedan incidir en la disminución de la eficiencia energética, aumentar las perturbaciones y disminuir la vida útil de los diferentes equipos instalados en el Hospital Tupa Amaru II-E de la Región Cusco. Sin embargo, estas actividades deben estar plasmadas en un registro de información, registros físicos, o digitales para sistemas en línea, y deben ser la base fundamental para que tanto la parte técnica y administrativa del Hospital Tupac Amaru II-E de la Región Cusco sean conscientes de las necesidades de una planificación, programación, seguimiento y control para preservar y optimizar el tiempo de vida útil de los activos, con el mínimo costo de inversión.

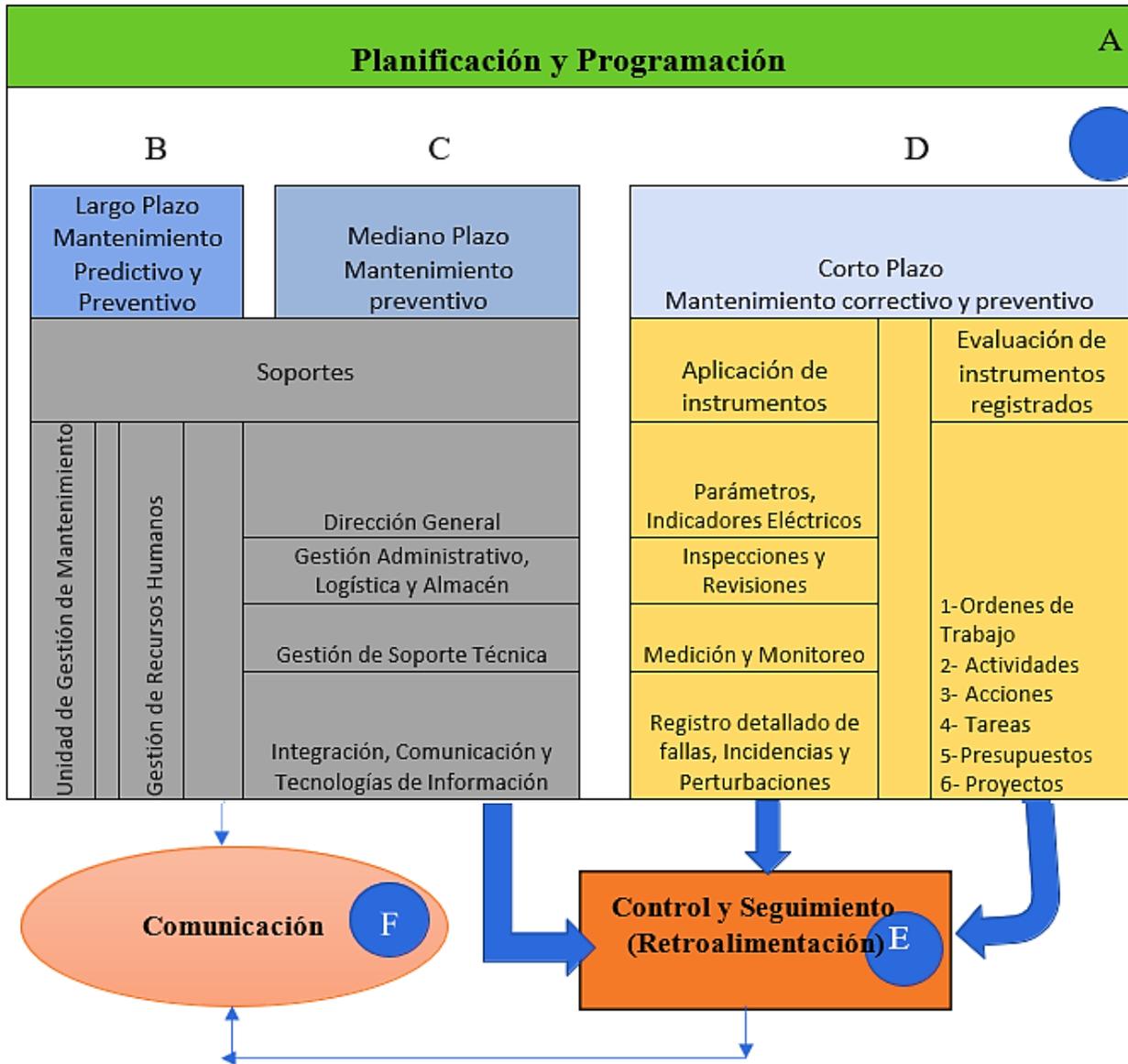
Se tomó como base la norma ISO 9001 (AENOR 2000), dado que es una referencia internacional para cualquier sistema de gestión de calidad, lo que la

convierte en un estándar para la operación de procesos en los que se debe demostrar cumplimiento con requisitos y actividades, tal es el caso de la gestión de mantenimiento. Así mismo, toma lo mejor de los aportes referenciados en los modelos descritos anteriormente.

Anexo 4. Modelo de gestión de mantenimiento

Figura 39

Modelo de gestión de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Análisis de bloques

El Bloque **A** corresponde a la planificación inicial y preparación de las actividades de mantenimiento de equipos y sistemas, representando actividades relacionadas con el mantenimiento a corto, mediano y largo plazo, equivalentes a planes de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.

Luego de completar las etapas de planificación y programación, el siguiente paso es transferir la información al Bloque **B** (Soporte), que monitorea el avance de la ejecución del plan de mantenimiento. Esta información debe difundirse a todas las partes involucradas, incluida la Unidad de Gestión de Mantenimiento, el personal de mantenimiento y los usuarios del servicio. Estas entidades son las encargadas de salvaguardar el patrimonio del Hospital Tupa Amaru II-E en la Región Cusco. La gestión adecuada de los recursos humanos es crucial para mantener registros de fallas, perturbaciones y otras situaciones que podrían alterar el funcionamiento normal de los equipos y sistemas médicos. La comunicación efectiva es fundamental y puede iniciarse a través del liderazgo del gerente de mantenimiento. La persona encargada de supervisar el mantenimiento del área de mantenimiento deberá disponer la recopilación de datos relacionados con exámenes, evaluaciones, cálculos, escrutinio de registros de mal funcionamiento anterior, con el uso de los instrumentos que componen el Bloque **C**.

La siguiente etapa comprende el bloque **D** del modelo, que corresponde a la evaluación del desempeño. El resultado de esta evaluación debe conducir a la creación de órdenes de trabajo de mantenimiento (OTM), así como a la identificación de actividades, acciones, tareas y proyectos vinculados a la preservación de equipos y sistemas eléctricos.

El ciclo de gestión en su totalidad engloba tanto la monitorización como el control, lo que en el bloque **E** se denomina retroalimentación. La retroalimentación es el mecanismo de mejora continua, garantizando que las actividades de mantenimiento estén orientadas a la mejora de la eficiencia y optimización de los sistemas eléctricos.

Anexo 6. Entrevista situacional

Nombre y Apellido del Entrevistado: Kadir Ardiles Céspedes – jefe de mantenimiento

| ENTREVISTA DE SATISFACIÓN DEL USUARIO SOBRE LA OPERATIVIDAD DEL SISTEMA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | | | | | |
|---|---|------------|------------|---------|--------------|---------|
| ITEM | PREGUNTAS DE LA ENCUESTA | PUNTUACION | | | | |
| | | Nunca | Casi nunca | A veces | Casi siempre | Siempre |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | ¿Cuándo se producen cortes del servicio, programados por la Empresa Distribuidora para dar mantenimiento a su Sistema de Distribución; usted tiene previo conocimiento de esto? | X | | | | |
| 2 | ¿Recibe de parte de la Empresa Distribuidora orientación para el uso eficiente de la energía? | | | X | | |
| 3 | ¿Recibe de parte de la Empresa distribuidora orientación sobre los riesgos y peligros en el uso de la energía eléctrica? | X | | | | |
| 4 | ¿Recibe de parte de la Empresa distribuidora información sobre sus derechos y obligaciones como consumidor? | | X | | | |
| 5 | ¿Ha observado usted variaciones continuas en la intensidad de la energía eléctrica? | | | | X | |
| 6 | ¿Cuándo existen cortes del servicio eléctrico en su sector, la reposición del mismo se realiza de forma rápida? | | | X | | |
| 7 | ¿Ud. Conoce de la cantidad de interrupciones del servicio que se produce durante el mes? | X | | | | |

| | | | | | | |
|----|--|---|---|---|---|---|
| 8 | ¿Usted conoce el tiempo de duración de las interrupciones del servicio cada vez que se produce? | | | X | | |
| 9 | ¿La Empresa distribuidora de la energía eléctrica le explicó sobre la calidad del suministro eléctrico? | X | | | | |
| 10 | ¿Considera que los cortes imprevistos en el servicio de energía eléctrica son dañinos? | | | | | X |
| 11 | ¿Usted conoce o sabe que la Empresa distribuidora realiza mediciones técnicas de la calidad del producto eléctrico? | | X | | | |
| 12 | ¿La empresa distribuidora le hace conocer sobre las interrupciones no programadas del servicio en su sector? | | | X | | |
| 13 | ¿Cuándo utilizas un equipo eléctrico y una vez terminado el trabajo lo deja conectado al tomacorriente? | | | | X | |
| 14 | ¿Usted recibió alguna capacitación sobre el uso y consecuencias de los equipos electrónicos? | | | X | | |
| 15 | ¿La Empresa distribuidora de la energía eléctrica le hace conocer sobre el perjuicio que existe en sus aparatos eléctricos cuando hay variación de frecuencia? | X | | | | |
| 16 | ¿Considera usted que la Empresa distribuidora está preocupado con la conservación del medio ambiente | X | | | | |
| 17 | ¿La Empresa distribuidora de la energía eléctrica le explico sobre la importancia del ahorro y la eficiencia de energía eléctrica? | | X | | | |

Fuente: Elaboración propia