

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Evaluación estadística de fallas relacionadas con rayos
para la ubicación óptima de descargadores de
sobretensiones en el Centro de Atención
Primaria I - Curahuasi**

Javier Peralta Vargas

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Cusco, 2024

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Darwin Celin Padilla Gutiérrez
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 24 de Abril de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE FALLAS RELACIONADAS CON RAYOS PARA LA UBICACIÓN ÓPTIMA DE DESCARGADORES DE SOBRETENSIONES EN EL CENTRO DE ATENCIÓN PRIMARIA I - CURAHUASI

Autores:

1. Javier Peralta Vargas – EAP. 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 19 % de similitud 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 (14): SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

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

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| <u>INTRODUCCIÓN</u> | xii |
| <u>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</u> | 1 |
| <u>1.1 Planteamiento y formulación del problema</u> | 1 |
| <u>1.1.1. Problema general</u> | 2 |
| <u>1.1.2. Problemas específicos</u> | 2 |
| <u>1.2. Objetivos</u> | 3 |
| <u>1.2.1. Objetivo general</u> | 3 |
| <u>1.2.2. Objetivos específicos</u> | 3 |
| <u>1.2 Justificación</u> | 3 |
| <u>1.3 Hipótesis y descripción de variables</u> | 5 |
| <u>1.4.1. Hipótesis general</u> | 5 |
| <u>1.4.1.1 Hipótesis específicas</u> | 5 |
| <u>1.4.2. Descripción de variables</u> | 6 |
| <u>1.4 Alcance</u> | 6 |
| <u>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</u> | 7 |
| <u>2.1. Antecedentes de la investigación</u> | 7 |
| <u>2.1.1. Antecedentes internacionales</u> | 7 |
| <u>2.1.2. Antecedentes nacionales</u> | 9 |
| <u>2.1.3. Antecedentes locales</u> | 11 |
| <u>2.2. Bases teóricas</u> | 12 |
| <u>2.2.1. Descarga eléctrica</u> | 12 |
| <u>2.2.1.1. Formación de la descarga</u> | 13 |
| <u>2.2.1.2. Evolución de la descarga</u> | 13 |
| <u>2.2.1.3. Características de la descarga eléctrica</u> | 15 |
| <u>2.2.1.4. Parámetros de las descargas eléctricas</u> | 17 |
| <u>2.2.1.4.1. Amplitud de la Corriente de Retorno del Rayo</u> | 18 |
| <u>2.2.1.4.2. Densidad de descargas a tierra</u> | 18 |
| <u>2.2.1.5. Incidencias de las descargas sobre las líneas eléctricas</u> | 19 |
| <u>2.2.2.1. Calidad del servicio</u> | 20 |

| | |
|--|----|
| 2.2.2.2. Indicadores de calidad de servicio..... | 21 |
| 2.2.1. Pararrayo | 22 |
| 2.2.1.1. Funcionamiento del pararrayo..... | 23 |
| 2.2.1.4. El pararrayos de Barra Simple..... | 24 |
| 2.2.6. Descarga atmosférica (Rayo)..... | 29 |
| 2.2.7. Criterios para la ubicación óptima de pararrayos..... | 29 |
| 2.2.8. Evaluación estadística de fallas eléctricas..... | 30 |
| 2.2.9. Sistema localización de rayos..... | 30 |
| 2.2.10. Análisis de fallas eléctricas..... | 31 |
| 2.2.11. Normas internacionales..... | 31 |
| 2.3. Definición de términos..... | 33 |
| CAPÍTULO III. METODOLOGÍA..... | 37 |
| 3.1 Métodos y alcances de la investigación..... | 37 |
| 3.1.1. Tipo de investigación..... | 37 |
| 3.1.2. Nivel de la investigación..... | 38 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES..... | 41 |
| CONCLUSIONES..... | 76 |
| RECOMENDACIONES..... | 78 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 79 |
| ANEXOS..... | 84 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Registro de interrupciones | 41 |
| Tabla 2. Análisis económico..... | 44 |
| Tabla 3. Estructura del cuestionario | 46 |
| Tabla 4. Frecuencia del ítem 1 | 47 |
| Tabla 5. Frecuencia del ítem 2 | 48 |
| Tabla 6. Frecuencia del ítem 2 | 49 |
| Tabla 7. Frecuencia del ítem 4 | 49 |
| Tabla 8. Frecuencias del ítem 5 | 50 |
| Tabla 9. Frecuencia del ítem 6 | 51 |
| Tabla 10. Frecuencia del ítem 7 | 52 |
| Tabla 11. Frecuencia del ítem 8 | 53 |
| Tabla 12. AMEF del Centro Asistencial | 56 |
| Tabla 13. Medición de tensiones promedio en puntos de la instalación sin descargadores de tensión | 60 |
| Tabla 14. Medición de tensiones promedio en puntos de la instalación con descargadores de tensión | 61 |
| Tabla 15. Comparación de tensiones con descargador y sin descargador..... | 62 |
| Tabla 16. Coeficiente ambiental C1 | 65 |
| Tabla 17. Coeficiente de construcción C2 | 66 |
| Tabla 18. Coeficiente de almacenamiento..... | 66 |
| Tabla 19. Coeficiente de ocupación C4..... | 67 |
| Tabla 20. Coeficiente de consecuencia de descarga C5 | 67 |
| Tabla 21. Nivel de protección según la eficiencia | 68 |
| Tabla 22. Ubicación y características del descargador | 69 |
| Tabla 23. Presupuesto del montaje..... | 74 |
| Tabla 24. Resumen de parámetros | 76 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Tiempo de cresta vs. Probabilidad de la descarga. | 16 |
| Figura 2 . Probabilidad de los rayos que exceden el valor de la abscisa y corriente de descarga | 17 |
| Figura 3. Contador de descargas..... | 19 |
| Figura 4. Pararrayo sistema de protección. | 22 |
| Figura 5. Pararrayos con hilos armados. | 26 |
| Figura 6. Radios de protección de pararrayos ionizante. | 27 |
| Figura 7. Falla por sector de baja tensión..... | 45 |
| Figura 8. Duración de la interrupción | 46 |
| Figura 9. Distribución porcentual de interrupciones ítem 1 | 47 |
| Figura 10. Distribución porcentual número de interrupciones mes del ítem 2 | 48 |
| Figura 11. Distribución porcentual como afecta las lluvias el servicio eléctrico ítem 3. | 49 |
| Figura 12. Distribución porcentual efecto de las tormentas atmosféricas del ítem 4 | 50 |
| Figura 13. Distribución porcentual de equipo de gran demanda que fallan del ítem 5 | 51 |
| Figura 14. Distribución porcentual problemas de voltaje ítem 6..... | 52 |
| Figura 15. Distribución porcentual si hay puesta a tierra del ítem 7 | 53 |
| Figura 16. Distribución porcentual descargadores de tensión del ítem 8 | 54 |
| Figura 17. Tensiones promedio sin descargadores de tensión | 60 |
| Figura 18. Tensiones promedio con descargador de tensión..... | 61 |
| Figura 19. Comparativo de tensiones registrada..... | 62 |
| Figura 20. Nivel Isoceráunico de la Zona Curahuasi, Abancay, Apurímac | 63 |
| Figura 21. Mapa Isoceraunico. | 64 |
| Figura 22. Ubicación del pararrayo en el centro primaria I de Curahuasi. De vista isométrica...70 | |
| Figura 23. Ubicación del pararrayo en el centro primaria I de Curahuasi. De vista planta | 70 |
| Figura 24. Ubicación del pararrayo en el centro primaria I de Curahuasi. De vista frontal | 71 |
| Figura 25. Zona de riesgo de descarga..... | 71 |
| Figura 26. Zona de riesgo con la actuación del pararrayo | 72 |
| Figura 27. Coordinograma de protección..... | 73 |

RESUMEN

Las descargas atmosféricas son fenómenos de naturaleza fortuita y tienen una mayor probabilidad de ocurrencia en zonas con niveles isoceráunicos más elevados. El distrito de Curahuasí pertenece al departamento de Apurímac, el cual presenta un nivel de 50 a 60 tormentas eléctricas al año, por cuanto, las instalaciones de gran demanda y los equipos electrónicos se ven vulnerables ante esta situación. La presente investigación, que se enmarcó en una metodología aplicada, con nivel descriptivo y un enfoque cuantitativo, tuvo como propósito la evaluación estadística de fallas y la ubicación de descargadores de tensión, para la protección contra sobretensiones de origen atmosférico, en las instalaciones del Centro de Atención Primaria I de Curahuasí. En tal sentido, se encontró que el 50 % de las interrupciones ocurridas en el Centro Asistencial fueron identificadas como descargas atmosféricas, mientras que el AMEF indicó que el modo de falla con mayor probabilidad de ocurrencia y repercusión son las descargas atmosféricas. Se concluye en la ubicación de descargador de tensión tipo pararrayo de cebado electrónico, por su efectividad en la protección y la factibilidad de instalación, en donde el Centro de Salud puede proteger sus instalaciones y mejorar las tensiones de línea en hasta un 1,5 %.

Palabras clave: descargas atmosféricas, análisis de fallas, descargador de tensión

ABSTRACT

Atmospheric discharges are phenomena of a fortuitous nature and have a higher probability of occurrence in areas with elevated isoceraunic levels. The district of Curahuasí is located in the department of Apurímac, which experiences 50 to 60 electrical storms per year. As a result, high-demand facilities and electronic equipment are vulnerable to this situation. This research, framed within an applied methodology with a descriptive level and a quantitative approach, aimed at the statistical evaluation of faults and the placement of voltage arresters to protect against surges of atmospheric origin in the installations of the Primary Care Center I of Curahuasí. In this context, it was found that 50% of the interruptions at the Healthcare Center were identified as atmospheric discharges. The FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) indicated that the most probable and impactful failure mode is atmospheric discharges. It is concluded that the location of the voltage arrester, a lightning rod with electronic triggering, is recommended due to its effectiveness in protection and feasibility of installation. By doing so, the Health Center can safeguard its installations and improve line voltages by up to 1.5%.

Keywords: atmospheric discharges, failure analysis, voltage arrester.