



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

Título:

Análisis del alimentador Shuara ante fenómenos tipo descarga atmosférica usando la herramienta computacional ATP-EMTP

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magister en Electricidad
mención Sistemas Eléctricos de Potencia

Autor:

Ing. Cedeño Paladines Byron

Tutor:

Ing. Valenzuela Alex, Ph.D

**LATACUNGA – ECUADOR
2024**

AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR SHUARA ANTE FENÓMENOS TIPO DESCARGA ATMOSFÉRICA USANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL ATP EMTP” presentado por Cedeño Paladines Byron Abel, para optar por el título magíster en Electricidad mención sistemas eléctricos de potencia

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, agosto 15, 2024



.....
Ing. Valenzuela Alex Ph.D
CC.: 1721848644

AVAL DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR SHUARA ANTE FENÓMENOS TIPO DESCARGA ATMOSFÉRICA USANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL ATP EMTP”, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Educación Inicial; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, agosto 15, 2024



.....
Ing. Armando Salvador Freire Freire, Mgs.
CI: 0503842833
Presidente del Tribunal



.....
Ing. Fernando Rafael Arias Atiaja, Mgs.
CI: 0502556251
Lector 2



.....
Ing. Carlos Iván Quinatoa Caiza, Mgs
CI: 0503287864
Lector 3

AGRADECIMIENTO

Agradecer a dios, quien permite que queda paso en la vida sea bajo su presencia, a las personas que han guiado mi camino como mi familia, tutores, profesores y colegas profesionales quien han aportado un grano de arena para la consolidación de esta investigación.

Byron Abel Cedeño Paladines

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, agosto 15, 2024.



.....
Byron Abel Cedeño Paladines
08042684-2

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, agosto15, 2024.



.....
Byron Abel Cedeño Paladines

08042684-2

AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación “ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR SHUARA ANTE FENÓMENOS TIPO DESCARGA ATMOSFÉRICA USANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL ATP EMTP”, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, agosto 15, 2024.



Ing. Armando Salvador Freire Freire ,Mgs
CI: 0503842833
Presidente del Tribunal

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD
MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

Título: “ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR SHUARA ANTE FENÓMENOS TIPO DESCARGA ATMOSFÉRICA USANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL (ATP EMTP)”

Autor: Cedeño Paladines Byron Abel

Tutor: Ing. Valenzuela Santillán Alex MSc.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación contiene el análisis de un alimentador en media tensión (13.8kV) ante fenómenos tipo descargas atmosféricas en el sector petrolero nororiente del Ecuador, mediante un estudio de campo se obtuvo los parámetros para simular un circuito en estado real, donde se determinó el alimentador con mayor número de desconexiones en rango de 4 años, se simuló el circuito mediante las herramientas computacionales como es ATP-Draw que permitió simplificar los procesos del sistema eléctrico, sometiéndolo a diferentes criterios de modelamiento, haciendo énfasis en las magnitudes de descargas atmosféricas como lo establece la CIGRE (Brochure 63) para diferentes zonas del planeta, a consecuencia de esto, se obtienen los diferentes factores que forman parte del problema, donde se determinó el porcentaje de estructuras correctamente aterrizadas de un 21% del número total de estructuras que conforma la troncal o circuito primario debilitando el sistema de apantallamiento, por lo siguiente, se realizó un modelamiento incrementando este porcentaje a 51% logrando la estabilidad del sistema en el caso que se encuentren los aisladores en condiciones ideales, en caso que el sistema de aislamiento no se encuentre en óptimas condiciones, afecta el blindaje de las líneas, debido a altos índices de contaminación que existe en la zona, es por eso que se recomienda por medio de un manual (Anexo 2) la manera correcta de realizar un mantenimiento periódico y en óptimas condiciones, sin la necesidad de interrumpir el flujo de corriente que alimenta a las bombas de extracción de petróleo y reinyección de agua, la sumatoria de los factores mencionados disminuirán el número de aperturas por falla transitorias en este alimentador petrolero ubicado al nororiente del Ecuador.

PALABRAS CLAVE: Media Tensión; Descargas Atmosféricas; Fallas transitorias; Modelamiento ATP-Draw; Flashover; Apantallamiento.

**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
DIRECCION DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD
MENCION SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

Topic: “ANALYSIS OF THE SHUARA FEEDER UNDER ATMOSPHERIC DISCHARGE TYPE PHENOMENA USING THE COMPUTATIONAL TOOL (ATP EMTP)”

Author: Cedeño Paladines Byron Abel

Tutor: Ing. Valenzuela Alex Msc.

ABSTRACT

This research work contains the analysis of a medium voltage feeder (13.8kV) to lightning phenomena by using computational tools such as ATP-Draw that allows the development of this research in the oil sector, a real state circuit was simulated by subjecting it to different modeling criteria, with emphasis on the magnitudes of lightning discharges as established by CIGREE (Brochure 63) in different areas of the planet, as a result of this, the different factors that are part of the problem. The low percentage of correctly landed structures, at 21% of the total, compromises the primary circuit's shielding system. To address this, a model is being developed to increase the percentage to 51%, ensuring system stability when insulators are in optimal condition. However, if the insulation system is suboptimal, pollution in the area can compromise line shielding. To mitigate this, a manual (Appendix 2) outlines best practices for periodic maintenance without disrupting power supply to oil extraction pumps and water re-injection. By implementing these measures, the frequency of transient fault-related outages can be reduced in this oil feeder located in northeastern Ecuador.

KEYWORDS: Medium Voltage; Atmospheric Discharges; Transient Faults; ATP-Draw Modeling; Flashover; Shielding.

Yo, Marco Paúl Beltrán Semblantes con cédula de identidad número: 0502666514 Magíster en Lingüística Aplicada en la enseñanza del Idioma Inglés como Lengua Extranjera con número de registro de la SENESCYT ; 1020-2021-2354162: **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: “ANÁLISIS DE UN ALIMENTADOR DE 13.8 KV ANTE FENÓMENOS TIPO DESCARGA ATMOSFÉRICA USANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL (ATP EMTP) EN EL SECTOR PETROLERO NORORIENTE DEL ECUADOR” de: Cedeño Paladines Byron Abel, aspirante a Magíster en Electricidad Mención Sistemas Eléctricos de Potencia.

Latacunga, 13 de agosto de 2024.



Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC



ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA-METODOLÓGICA	8
1.1. Antecedentes de la investigación	8
1.2. Generación	8
1.3. Transformación.....	8
1.4. Circuitos o alimentadores del campo	9
1.5. Característica del circuito Shuara	9
1.6. Estructuras	10
1.7. Aisladores	12
1.8. Descripción del fenómeno	13
1.9. Factores a modelar dentro del alimentador.....	13
1.10. Apantallamiento.....	15
1.11. Aterramiento eléctrico	15
1.12. Diseños de malla a tierra.....	16
1.13. Blindaje de una línea de distribución frente a descargas Atmosféricas.....	19
1.14. Conclusiones del capítulo I.....	19
CAPÍTULO II. PROPUESTA	21
2.1. Objetivos del capítulo	21
2.2. Descripción de la propuesta	21
2.3. Medición y toma de dato en situ	21
2.3.1. Inspección visual	21
2.3.2. Georreferenciación e identificación del circuito	23
2.3.3. Aterramiento eléctrico	24
2.3.4. Resistividad	24
2.4. Simulación o modelamiento del circuito de distribución	33

2.4.1.	ATP-Draw	34
2.4.2.	Generación y subestación	35
2.4.3.	Aislamiento.....	35
2.4.4.	Apantallamiento	36
2.4.5.	Modelo de las estructuras	37
2.4.6.	Aterramiento eléctrico	38
2.5.	Conclusiones Capítulo II	39
CAPÍTULO III. VALIDACION DE LA PROPUESTA.....		39
3.1.	Alimentador con mayores desconexiones en el campo:	39
3.2.	Evaluación de resultados de la inspección visual	40
3.3.	Evaluación de resultados de la simulación del circuito en estado real	42
3.4.	Condiciones propuestas por el autor	44
3.5.	Propuestas de métodos de mejora	45
3.6.	Conclusiones del capítulo III	46
CONCLUSIONES GENERALES		47
RECOMENDACIONES		48
REFERENCIAS		49
ANEXOS		51

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Transformador que alimenta al campo.....	9
Fig. 2. Dimensiones promedio de una estructura A1	10
Fig. 3. Tipo de estructuras pasantes.....	11
Fig. 4. Estructuras pasantes y de retención tipo	11
Fig. 5. Tipos de estructura con corte le línea.....	12
Fig. 6. Descarga eléctrica atmosférica a la línea	13
Fig. 7. Descarga eléctrica atmosférica a la Torre	13
Fig. 8. Simulación de circuito eléctrico	15
Fig. 9. Apantallamiento tipo árbol.....	15
Fig. 10. Estructura A1 con lazo de aterrizamiento de puesta a tierra	16
Fig. 11. Configuración de malla a tierra.....	17
Fig. 12. Diseño de malla a tierra.....	17
Fig. 13. Medición de resistividad con el método de Wenner	18
Fig. 14. Medición de resistividad con el método de Schlumberger	19
Fig. 15. Dron Mavic 2 para inspección visual.....	22
Fig. 16. GPS etrex 30x	23
Fig. 17: Portal de Google Maps.....	23
Fig. 18: Diseño de malla a tierra.....	24
Fig. 19: Conexión de electrodos método de Wenner	25
Fig. 20: Conexión de electrodos al equipo telurómetro.....	25
Fig. 21. Selector del equipo telurómetro	25
Fig. 22. Botón de inicio de prueba del equipo telurómetro	26
Fig. 23: Pantalla led equipo telurómetro	26
Fig. 24: Telurómetro Tester Fluke 1625-2	28
Fig. 25. Método de medición de resistencia de malla a tierra	28
Fig. 26. Conexión para medición de puesta a tierra 3 polos y 4 polos	29
Fig. 27. Diagrama de conexión selectiva para SPT.....	31
Fig. 28: Método geográfico para determinar el ángulo de apantallamiento	32
Fig. 29. Simulación de circuito eléctrico ATP-Draw	35
Fig. 30 Modelo de aisladores ATP-Draw	36
Fig. 31. Datos de apantallamiento en ATP-Draw.....	37

Fig. 32: Datos del circuito	37
Fig. 33: Configuración geométrica de la estructura A1 en ATP-Draw	38
Fig. 34. Datos de resistencia ATP-Draw	39
Fig. 35 Evaluación de desconexión en los alimentadores de distribución.	40
Fig. 36 Resultados de inspecciones de puesta a tierra.....	41
Fig. 37 Resultados de inspecciones de aisladores y herrajes.....	41
Fig. 38 Resultados del sistema de apantallamiento	42
Fig. 39 Código de modelamiento A10-100	43
Fig. 40 Código de modelamiento A12-70	43
Fig. 41 Código de modelamiento A20-5	44
Fig. 42 Código de modelamiento C20-5	44
Fig. 43. Diagrama de Pareto circuito Shuara.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de generación	8
Tabla 2. Características del circuito en el caso de estudio	9
Tabla 3. Tipo de aisladores en el bloque petrolero.....	12
Tabla 4. Características técnicas Mavic 2 Pro	22
Tabla 5. Parámetros para medición de resistencia de malla a tierra.....	27
Tabla 6. Parámetros para medición de resistencia de malla a tierra.....	30
Tabla 7. Porcentaje de ocurrencia del rayo zona Colombia Brasil.....	33
Tabla 8. Criterios de simulación.....	34
Tabla 9. Coordinación de protecciones (tiempos).....	35
Tabla 10. Datos tensión de flameo crítico al impulso negativo y positivo de aisladores	36
Tabla 11. Parámetros de modelamiento de la línea y estructura	38
Tabla 12. Resumen general de problemas por estructuras	45

INTRODUCCIÓN

Antecedentes: este proyecto de investigación está alineado con las líneas de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Se centra en mejorar el rendimiento de la energía eléctrica suministrada por el alimentador Shuara donde se encuentran pérdidas causadas por fenómenos como las descargas atmosféricas.

Planteamiento del problema: el presente trabajo se realiza en el sistema de distribución petrolera en el sector nororiente del Ecuador, donde se ha identificado una situación problemática relacionada con las interrupciones en el suministro eléctrico causadas por fenómenos tipo descargas atmosféricas en el alimentador Shuara. A lo largo de los últimos 3 años, se ha observado un alto número de desconexiones en dicho alimentador, lo que afecta a la continuidad y la eficiencia de las operaciones petroleras en la zona.

Esta problemática evidencia una falta de eficacia en el conocimiento actual sobre cómo abordar y prevenir las interrupciones en el flujo eléctrico ocasionadas por las descargas atmosféricas. A pesar de los esfuerzos realizados, no se ha encontrado una solución efectiva que permita evitar estos incidentes de manera satisfactoria.

Es importante destacar que el contexto petrolero en el que se desarrolla este problema presenta características específicas que influyen en su magnitud y complejidad. La operación de un sistema eléctrico en un entorno petrolero implica desafíos particulares, como la necesidad de asegurar un suministro constante y confiable de energía eléctrica para garantizar la operatividad de los equipos y procesos involucrados.

En este sentido, es fundamental analizar a detalle las causas y los efectos de esta problemática, así como identificar las variables e indicadores relevantes para su estudio. Además, es necesario contextualizar el problema en diferentes tiempos y ambientes, con el fin de comprender su evolución y explorar posibles soluciones que permitan mejorar la eficiencia y la confiabilidad del sistema de distribución eléctrica en el sector petrolero nororiente del Ecuador, especialmente en el alimentador Shuara.

Causa de problema: El entorno geográfico y climático de la región propicia la ocurrencia de descargas atmosféricas, lo cual representa una amenaza para el sistema de distribución eléctrica y puede causar desconexiones en el alimentador Shuara. Insuficiente protección contra descargas atmosféricas: La falta de sistemas de protección adecuados en la

infraestructura eléctrica y en los equipos del sector petrolero contribuye a la vulnerabilidad frente a las descargas atmosféricas.

Inadecuada planificación y diseño del sistema eléctrico, la planificación y el diseño del sistema eléctrico no fueron considerados de manera efectiva las condiciones de exposición a descargas atmosféricas, lo que genera un mayor riesgo de interrupciones en el flujo eléctrico.

Efecto del problema: Las descargas atmosféricas ocasionan interrupciones en el suministro eléctrico, lo que resulta en desconexiones frecuentes en el alimentador Shuara del sector petrolero nororiente del Ecuador. Impacto en las operaciones petroleras: Estas desconexiones afectan la continuidad de las operaciones petroleras, generando retrasos y detenciones en los procesos de extracción, producción y transporte de petróleo. Esto tiene consecuencias negativas en términos de productividad, eficiencia y rentabilidad económica.

Características del problema: el problema se desarrolla en el sector petrolero nororiente del Ecuador, donde la infraestructura y los equipos están dedicados a actividades petroleras específicas y requieren un suministro eléctrico constante y confiable. El alimentador Shura es el componente del sistema de distribución eléctrica que presenta un alto número de desconexiones debido a las descargas atmosféricas, lo que lo convierte en el foco de estudio principal, los fenómenos tipo descargas atmosféricas que ocurren en la región son el fenómeno principal que provoca las interrupciones en el suministro eléctrico.

Variables e indicadores del problema a estudiar: el número de desconexiones es un indicador que cuantifica la frecuencia de las desconexiones en el alimentador Shuara durante un período determinado, permitiendo evaluar el impacto del problema a causas de las desconexiones es la variable que identifica las razones específicas que generan las desconexiones en el alimentador Shuara, como la presencia de descargas atmosféricas.

Afectado el impacto en las operaciones petroleras es la variable que mide el efecto de las interrupciones en el suministro eléctrico en las operaciones petroleras, considerando indicadores como el tiempo de paralización de los procesos y las pérdidas económicas asociadas. Estas características, variables e indicadores constituyen elementos fundamentales para comprender a fondo el problema planteado y desarrollar estrategias

de mejora efectivas en el ámbito del sistema de distribución eléctrica del sector petrolero nororiente del Ecuador.

Formulación del problema: la problemática que motiva esta investigación radica en la **carencia** de un análisis exhaustivo del comportamiento de un alimentador de 13.8 kV ante fenómenos tipo descarga atmosférica en el sector petrolero nororiente del Ecuador, utilizando la herramienta computacional ATP-EMTP. Existe una necesidad imperante de comprender y evaluar el impacto de las descargas atmosféricas en este alimentador específico, debido a la falta de conocimiento preciso sobre su respuesta ante estos fenómenos. La inexistencia de un análisis detallado ha generado interrupciones recurrentes en el suministro eléctrico, afectando las operaciones petroleras y generando pérdidas económicas.

Así mismo, se requiere determinar el nivel de eficacia y eficiencia del alimentador frente a las descargas atmosféricas, considerando las particularidades del entorno petrolero y las condiciones específicas del sector nororiente del Ecuador. La falta de información precisa sobre el comportamiento del alimentador ante estos fenómenos impide el desarrollo de estrategias efectivas para evitar las interrupciones en el flujo eléctrico y garantizar la continuidad de las operaciones.

Necesidad: es esencial abordar esta problemática mediante un análisis en profundidad que emplee la herramienta computacional ATP-EMTP, permitiendo evaluar el desempeño del alimentador, identificar posibles puntos débiles y proponer métodos de mejora para prevenir futuras interrupciones causadas por descargas atmosféricas. Con esta investigación, se busca llenar la brecha de conocimiento existente y proporcionar una base sólida para el diseño de estrategias de protección y optimización del sistema de distribución eléctrica en el sector petrolero nororiente del Ecuador.

Objetivo General: Analizar un alimentador en media tensión (13.8kV) ante fenómenos tipo descargas atmosféricas mediante la utilización de herramientas computacionales en el sector petrolero nororiente del Ecuador.

Objetivos Específicos:

1. **Determinar** el alimentador con mayor número de desconexiones en los últimos 3 años por fenómenos tipos descargas atmosféricas.

2. **Modelar** el alimentador del sistema eléctrico petrolero utilizando herramientas computacionales incluido ATP-MTP.
3. **Proponer** métodos de mejora para evitar futuras interrupciones en el flujo eléctrico ante fenómenos tipo descargas atmosféricas en el alimentador Shuara el camino lógico a seguir para lograr el objetivo general y la solución del problema.

Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos:

Objetivos específicos	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
1 ^{er}	Modelación del sistema	Conocer cómo actúa el sistema bajo el efecto de fenómenos como las descargas atmosféricas.	Por medio de la herramienta computacionales como software de simulación del sistema eléctrico como ATP-Draw.
2 ^{do}	Determinar características eléctricas del sistema	Establecer parámetros para el direccionamiento del sistema en la simulación con mayor cantidad de datos reales que se pueda obtener en el alimentador	Equipos para recolección de datos in Situ y software del control
3 ^{er}	Método de mejora	Establecer un método que permita mejorar el sistema de protección ante fenómenos de descargas atmosféricas.	Obtener datos de la simulación del sistema y la toma de datos in situ para establecer parámetros de diseño o instalación en el alimentador que puedan reducir interrupciones en el flujo eléctricos ante descargas atmosféricas

Justificación: en la presente investigación se realiza con el propósito de abordar la problemática de las interrupciones en el suministro eléctrico causadas por fenómenos tipo descarga atmosférica en un alimentador de 13.8 kV en el sector petrolero nororiente del Ecuador. A continuación, se explica la relevancia y utilidad del proyecto, así como su impacto en corto, mediano y largo plazo.

Mediante el análisis detallado del comportamiento del alimentador ante las descargas atmosféricas utilizando la herramienta computacional ATP-EMTP, se busca obtener información precisa y precisa sobre su respuesta a estos fenómenos. Esto permitirá identificar puntos débiles y proponer métodos de mejora específicos que eviten interrupciones futuras en el flujo eléctrico. La investigación proporcionará una base sólida

para el diseño de estrategias de protección y optimización del sistema de distribución eléctrica, contribuyendo así a la solución del problema planteado.

En el corto plazo, se espera obtener resultados concretos que permitan implementar medidas de mitigación inmediatas en el alimentador Shuara, reduciendo las interrupciones y mejorando la confiabilidad del suministro eléctrico en el sector petrolero nororiente del Ecuador. Esto beneficiará directamente a las operaciones petroleras, evitando pérdidas económicas y mejorando la eficiencia de los procesos.

En el mediano plazo, la implementación de mejoras en el sistema de distribución eléctrica basadas en los resultados de la investigación conducirá a una mayor estabilidad y confiabilidad en el suministro eléctrico, lo que permitirá una operación más eficiente y continua en el sector petrolero. Esto tendrá un impacto significativo en la productividad y rentabilidad económica de las empresas petroleras involucradas.

A largo plazo, la investigación contribuirá al desarrollo de conocimientos especializados sobre el comportamiento de los sistemas eléctricos frente a las descargas atmosféricas en el contexto petrolero. Estos conocimientos podrán aplicarse en futuros proyectos y diseños de sistemas eléctricos en la industria petrolera, promoviendo la implementación de medidas preventivas desde las etapas iniciales de planificación y diseño.

Los principales beneficiarios de este proyecto son las empresas petroleras ubicadas en el sector nororiente del Ecuador. La mejora en la confiabilidad del suministro eléctrico fortalecerá sus operaciones, reducirá los tiempos de paralización y los costos asociados a las interrupciones. Además, se espera un impacto positivo en los trabajadores del sector, al proporcionar un entorno laboral más seguro y eficiente.

La relevancia y utilidad del proyecto radican en su enfoque específico en el contexto petrolero y en la aplicación de herramientas computacionales avanzadas. La investigación generará conocimientos prácticos y soluciones concretas para abordar un problema recurrente en la industria petrolera, contribuyendo así al avance científico y tecnológico en el campo de la distribución eléctrica.

La metodología propuesta para este proyecto de investigación incluirá una revisión bibliográfica exhaustiva sobre el comportamiento de los sistemas eléctricos frente a las descargas atmosféricas, así como estudios de casos y análisis de datos históricos de

desconexiones en el alimentador Shuara. Además, se realizarán simulaciones y modelamientos utilizando la herramienta computacional ATP-EMTP para evaluar el desempeño del alimentador ante las descargas atmosféricas. Los resultados obtenidos se analizarán de manera cuantitativa y cualitativa, y se utilizarán para proponer métodos de mejora específicos que eviten futuras interrupciones en el flujo eléctrico. en el tránsito de la redacción de este párrafo debe ser resaltado con negritas; explica porque se hace la investigación, cómo solucionará el problema planteado, qué impacto tiene (corto, mediano o largo plazo), beneficiarios, impacto y relevancia y utilidad del proyecto, la metodología que se pretende emplear.

Hipótesis

Considerando la problemática planteada y los objetivos de la investigación, se formulan las siguientes hipótesis:

Hipótesis principal: Si se realiza un análisis exhaustivo del comportamiento del alimentador de 13.8 kV ante fenómenos tipo descarga atmosférica utilizando la herramienta computacional ATP-EMTP en el sector petrolero nororiente del Ecuador, entonces se podrán identificar los puntos débiles del sistema y proponer métodos de mejora eficaces que reduzcan las interrupciones en el suministro eléctrico.

Hipótesis secundarias:

- a) Si se implementan medidas de protección adecuadas en el alimentador Shuara basadas en los resultados del análisis, entonces se podrán evitar interrupciones futuras causadas por descargas atmosféricas, mejorando la confiabilidad del suministro eléctrico en el sector petrolero nororiente del Ecuador.
- b) Si se optimiza el diseño del sistema de distribución eléctrica del alimentador Shuara considerando las características del entorno petrolero y las condiciones específicas de la zona, entonces se logrará una mayor estabilidad y eficiencia en el suministro eléctrico, reduciendo los tiempos de paralización y los costos asociados a las interrupciones en las operaciones petroleras.

Estas hipótesis orientan la investigación y establecen las posibles relaciones entre las variables estudiadas. A través del análisis y la validación de estas hipótesis, se espera

obtener resultados y conclusiones que contribuyan a la solución de la problemática planteada en el proyecto.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA-METODOLÓGICA

1.1. Antecedentes de la investigación

Con el transcurrir de los años los sistemas de distribución van haciendo más fuertes ante fenómenos adversos que hacen producir aperturas en las líneas eléctricas y esto se da gracias a los avances tecnológicos, los cuales nos ayudan a ver el comportamiento de un sistemas y ubicar las posibles fallas para posterior darle una solución, estos software de modelamientos y los equipos de medición más precisos permiten solucionar inconvenientes que afecta a toda una producción o algunos usuarios en el caso de las empresas distribuidora. El clima en el Ecuador ha cambiado mucho desde la época de los 90's donde se elabora el mapa del nivel isocerámico por cada región, los estudios de los fenómenos tipo descarga atmosféricas han avanzados con normativas con la IEEE 1243 para líneas eléctricas y la IEEE 1410 en subestaciones.

1.2. Generación

El campo petrolero se encuentra alimentado de forma híbrida, la primera a través de un sistema interconectado en 69kV y de forma propia por medio de 3 generadores de potencia mayor a 5 MVA a 13.8kV.

Tabla 1. Datos de generación

N° de Generador	Tipo de generación	Pmax. (MW)	P act (MW)	P. reactiva (MVar)	FP
G1	Gas/Crudo	5.50	5.50	1.04	0.98
G2	Gas/Crudo	5.50	5.50	1.04	0.98
G3	Gas/Crudo	6.80	6.50	1.32	0.98

Fuente: [1]

1.3. Transformación.

Existe un transformador que alimenta a todo el campo con una capacidad de 20MVA, una de las características no usual es la relación de transformación (13.8kV/13.8kV), debido a que la generación aporta una tensión de $\pm 13.8kV$, este equipo es utilizado para ajustar, regular y mantener constante el voltaje de línea pos generación.



Fig. 1 Transformador que alimenta al campo.
Fuente: [1]

1.4. Circuitos o alimentadores del campo

El campo petrolero esta alimentado por varios circuitos Sucumbíos, Pichincha, Shuara, Atacapí y Secoya, los cuales distribuyen electricidad en 13.8kV a todo el campo, el alimentador Shuara se encuentra ubicado en la parte nororiental del campo estando más expuesto a la zona selvática debido a su cercanía, cuenta con 136 estructuras en su ramal principal sin contar con derivaciones su potencia eléctrica que distribuye esta entre 2 y 4 MW de potencia en el sistema de acuerdo a datos del SEIP [2] la cual alimenta principalmente a bombas de extracción de crudo y re inyectores de agua en el campo petrolero.

1.5. Característica del circuito Shuara

El alimentador Shuara en su ramal principal cuenta con una longitud de recorrido a lo largo del campo de 12,65km [3] con estructuras tipo simples.

Tabla 2. Características del circuito en el caso de estudio

Circuito Shuara	
Longitud de recorrido	12657 m
Número de estructuras (troncal)	136
Calibre del conductor	4/0 ACSR
Calibre del hilo de guarda	1/0 ACSR
Tipo de aislador estructura de paso (en su mayoría)	ANSI 56-3
Tipo de aislador estructura de retención (en su mayoría)	ANSI 52-3

Tipo de aislador en el hilo de guarda	ANSI 55-4
---------------------------------------	-----------

Fuente: [4] [2]

1.6. Estructuras

Son estructuras metálicas de geometría circular, la altura de estas depende de la configuración del terreno, la longitud total está dividida en dos partes. La primera parte se refiere a una longitud de la estructura que va piloteada es decir que por medio de una maquina se transfiere carga a una estructura con el fin de ir penetrando la mayor cantidad de capas del suelo, es por este motivo que su dimensión es variable y depende de la firmeza de las capas que se encuentra en el sub suelo. La segunda parte se refiere a la longitud que se encuentra en la superficie esta tiende a variar en menor porcentaje con respecto a la primera parte y va desde los 14 a los 18 metros de altura tomados desde el suelo hasta la punta de la estructura donde se encuentra ubicado el hilo de guarda, existe estructura que superan los 20 metros, pero va en función del terreno. las dos partes mencionadas anteriormente van unidas por un cordón de soldadura de alta calidad debido a que se tiene cero tolerancias evitando el colapso del circuito por una mala soldadura.

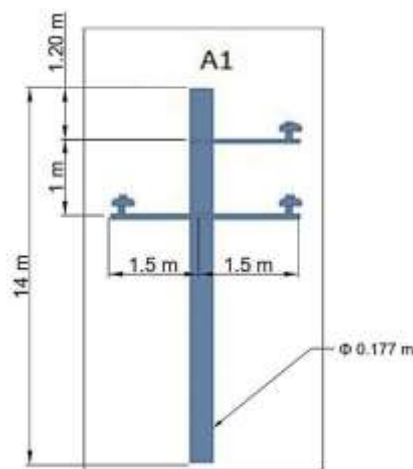


Fig. 2. Dimensiones promedio de una estructura A1

Fuente: [2]

Estructuras de paso

Son estructuras pasantes formadas en su mayoría por partes metálicas, este tipo de estructura se las encuentran en mayor porcentaje dentro del circuito de distribución eléctrica, en los campos petroleros, existen de varios tipos (fig. 3), tipo A1 que es una estructura muy simple, semi centradas (A1A) y angulares (A2), nomenclaturas designadas por los campos petroleros [2].

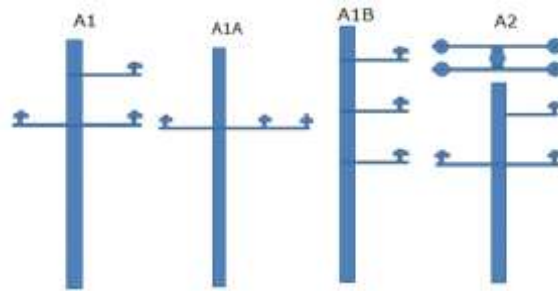


Fig. 3. Tipo de estructuras pasantes

Fuente: [2]

Estructuras de tipo bandera

Forman una bandera conjuntamente con las 3 fases, están compuestas por aisladores de suspensión o de retención, en su mayor parte son aisladores tipo campana compuestas de un material tipo porcelana, se las clasifican en 3. Tipo B1, son estructuras de paso es decir no existen cortes de líneas su principal función es soportar los parámetros mecánicos de la línea con la ayuda de los sistemas de anclaje para tensión mecánica. Tipo B2, al contrario de las B1 en estas estructuras si se evidencia cortes de línea, son utilizadas en su mayoría para realizar cambios bruscos en dirección al recorrido del circuito. Tipo B3, son estructuras complejas, son utilizadas cuando existen derivaciones en el circuito con el fin de alimentar a uno o varios pozos.

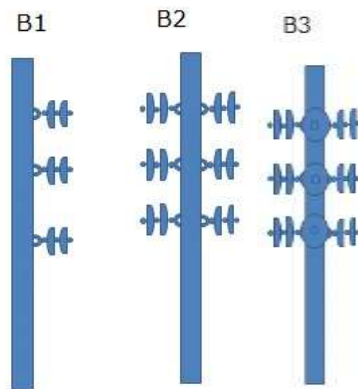


Fig. 4. Estructuras pasantes y de retención tipo

Fuente: [2]

Estructura de tipo retención

La mayor parte de estructuras de tipo retención están compuestas por puntos activos como son los cortes de línea, son estructuras complejas, poseen un número mayor de elementos, soportan cantidades grandes de carga debido a la tensión mecánica generada por las demás estructuras de paso, se las puede dividir entre las simples de un poste y las estructuras tipo H de 2 postes las cuales soportan vanos más pronunciados a diferencia de las simples (Fig. 5).

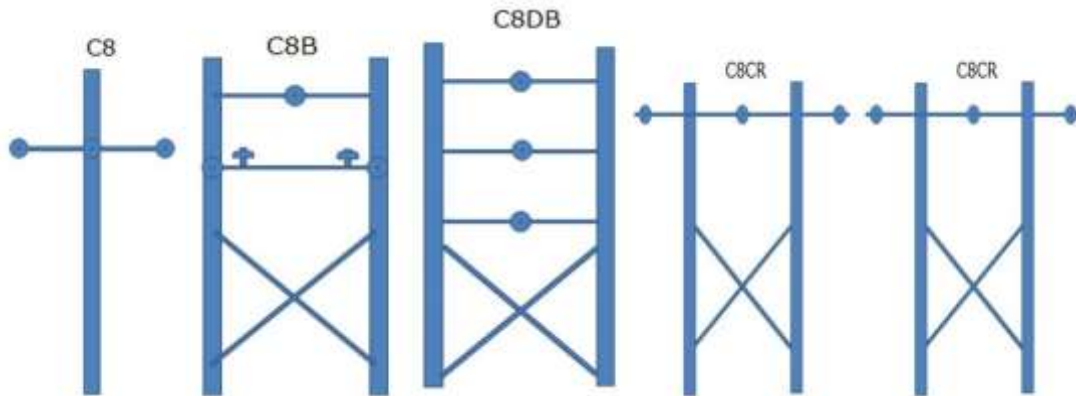


Fig. 5. Tipos de estructura con corte le línea

Fuente: [3]

1.7. Aisladores

Son los elementos que evitan que entre en contacto el conductor que transporta la carga eléctrica con la estructura metálica que soportan las cargas de tensión mecánica, su principal misión es evitar que se produzca un cortocircuito, dentro del bloque petrolero la coordinación de aislamiento está sobre dimensionada debido a la cercanía con la zona selvática que provoca una alta contaminación producto de emisiones del ambiente en los aisladores (polución). Es por eso que se utiliza aisladores de mayor capacidad a los niveles de tensión que se maneja dentro del circuito, por ejemplo, los aisladores de las estructuras de paso en su mayoría son aisladores ANSI 56-3 fabricados para trabajar con una tensión típica de aplicación de 34.5 kV.

De acuerdo con [1] en la coordinación de aislamiento del circuito están basados en la norma IEC60071-4 donde se establece los requisitos para seleccionar e implementar aislamiento en las estructuras eléctricas debido que estas trabajan en condiciones de contaminación y excesiva polución, además recomienda la forma de realizar pruebas de aislamiento, estas pruebas se pueden realizar de manera on-line u off-line

Tabla 3. Tipo de aisladores en el bloque petrolero

Tipos de aisladores	
De retención o suspensión	<ul style="list-style-type: none"> • ANSI 52-1 • ANSI 52-4 • ANSI 52-9 (C29.2-1992)

De paso	<ul style="list-style-type: none"> • ANSI 55-4 • ANSI 55-5 • ANSI 56-1 • ANSI 56-3
Line-post	<ul style="list-style-type: none"> • ANSI 57-1 • ANSI 57-1

1.8. Descripción del fenómeno

Cuando una descarga atmosférica cae en el cable de guarda, la corriente debida a la descarga fluye en ambos sentidos a través de la impedancia impulso del cable de guarda (la corriente y la tensión). Se propagan hasta llegar a la torre, bajan por esta y se encuentran con una resistencia de puesta a tierra que disipa la energía asociada con la descarga atmosférica. [3]

Lo mismo podemos decir cuando la descarga atmosférica cae directamente en la torre. Según la descripción anterior, una descarga atmosférica, puede considerarse como una fuente de corriente capaz de hacer fluir una corriente permanente (la asociada con el rayo) a través de una impedancia. La tensión producida por la descarga es producto de la corriente y de la impedancia a través de la cual fluye [3].

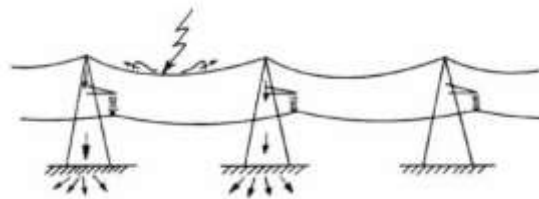


Fig. 6. Descarga eléctrica atmosférica a la línea
Fuente: [3]

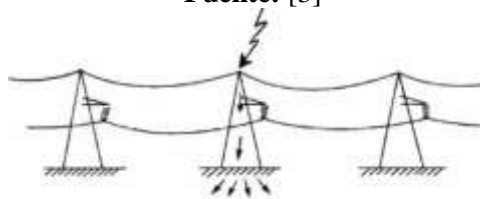
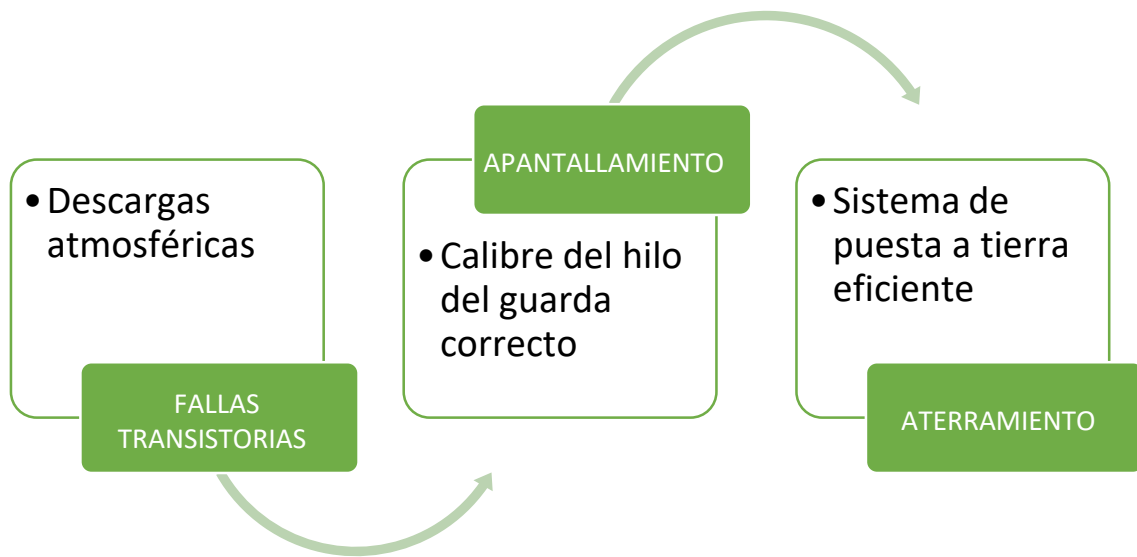


Fig. 7. Descarga eléctrica atmosférica a la Torre
Fuente: [3]

1.9. Factores a modelar dentro del alimentador

Se tiene 3 factores los cuales pueden ser las posibles causas del problema evidente en el alimentador Shuara, en el presente diagrama podemos ver cuáles son estos factores.



Una falla transitoria es aquella que ocurre en un lapso de tiempo muy corto, en el caso de tener una mala protección en el sistema contra fallas transitorias a lo largo del circuito y afecta la estabilidad del sistema [5], por lo general estas fallas son causadas por las descargas atmosféricas, en Ecuador no existe niveles actualizados con referencia a niveles Isoceráunico, ya que existe un nivel isoceráunico entre 10 y 20 en la zona nororiental del Ecuador. En el presente proyecto se dispone de la ayuda del software ATP-Draw para la simulación del circuito Shuara ya que como en su propia página web lo define como un preprocesador gráfico controlado por mouse para la versión ATP del Programa de transitorios [6] donde se puede modelar la torres o postes de acuerdo a su geometría de igual forma colocar los parámetros de apantallamiento exponiendo al circuito a la caída de un rayo ya sea en el hilo de guarda como en la torre, en la Fig. 8 se puede evidenciar la simulación de un circuito eléctrico.

Esta herramienta computacional es de acceso libre y muy buena para la simulación de transitorios en circuitos eléctrico (fig. 8), porque permite modelar la configuración geográfica de la línea

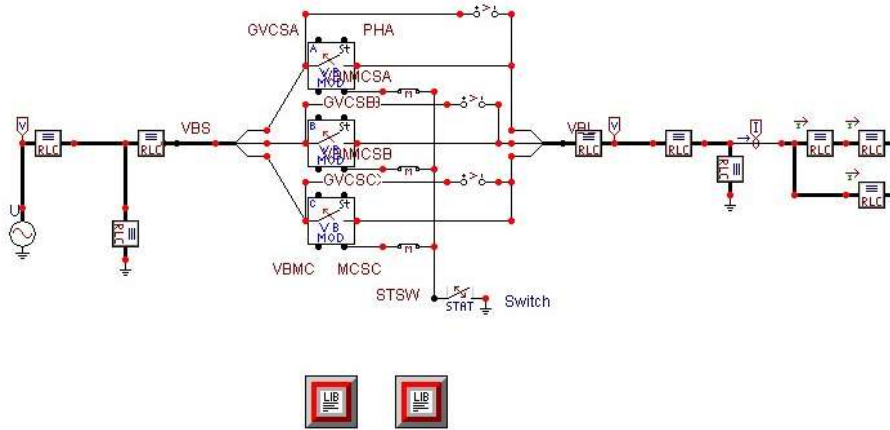


Fig. 8. Simulación de circuito eléctrico
Fuente. [6]

1.10. Apantallamiento

El alimentador Shuara cuenta con un sistema de apantallamiento a lo largo de toda la línea de distribución conformada con un hilo o cable de guarda calibre 1/0 ACSR (en la punta de la estructura con una configuración tipo árbol fig. 9.) debido a que este se encuentra en una zona boscosa, este sistema (cuando tienen un buen diseño) se encarga de atraer las corrientes inducidas protegiendo a las líneas evitando la apertura [7]de los relé en la subestación, pueden existir fallas de apantallamiento durante todo el recorrido de la línea, que quiere decir esto, al no cumplirse con el ángulo requeridos en normas como la (IEEE 1243) este sistema no funciona debido a que el ángulo de apantallamiento es muy bajo, como resultados de esto es la inducción de corrientes a la líneas por el efecto de descargas atmosféricas.

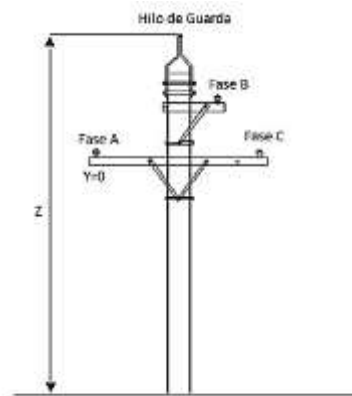


Fig. 9. Apantallamiento tipo árbol
Fuente. [8]

1.11. Aterramiento eléctrico

Este sistema es complementario con el sistema de apantallamiento, depende de su eficiencia para que este, a lo largo de la línea se encuentra aterrizajes a pie de poste los cuales deben tener una impedancia muy baja para poder conducir a tierras estas corrientes inducidas por las descargas atmosféricas. Los sistemas de puesta a tierra se encuentran instalados desde el hilo de guarda con un lazo entre 0.8 y 1 m. hasta la estructura metálica como se evidencia la fig. 9. luego sale desde el pie la estructura hasta la malla a tierra, la empresa tiene como normativa en estructuras fuera de pozo valores menor igual a 20 Ohm y en terminales de pozo menor igual a 10 Ohm, pero no se cumple esta normativa impuesta por la empresa debido a diferentes motivos entre ello la inestabilidad del terreno en donde se encuentran ubicadas estas estructuras.



Fig. 10. Estructura A1 con lazo de aterrizamiento de puesta a tierra

1.12. Diseños de malla a tierra

Lineal: La malla de tierra se realiza de una configuración lineal entre dos y 3 varillas (2.4m) unidas por un conductor de cobre desnudo 2/0 (Fig. 11.) y soldadas con suelda exotérmica tipo varilla cable.

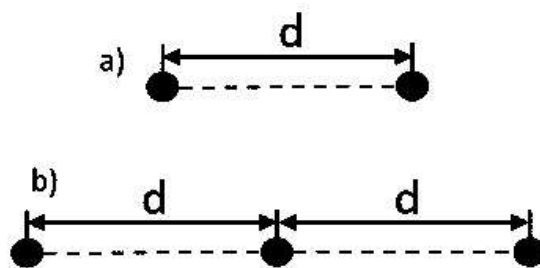


Fig. 11. Configuración de malla a tierra

Fuente. [9]

En forma geométrica: cuando una malla está compuesta entre dos o más varillas existen diseños geométricos, triadas, circulares, cuadradas, lineales (fig. 11) o como su nombre mismo lo dice en forma de mallas.

Para el diseño de una malla a tierra es importante tener en cuenta los parámetros establecidos en la norma IEEE 80 donde determina que un rango de 1 kV a 15kV se debe obtener un sistema de puesta a tierra $\leq 10\Omega$, en el caso de superar el nivel de tensión mayor se debe obtener un valor referencial de $\leq 5\Omega$, la recomendación del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos es para valores de media tensión, es decir menor igual a 35 kV

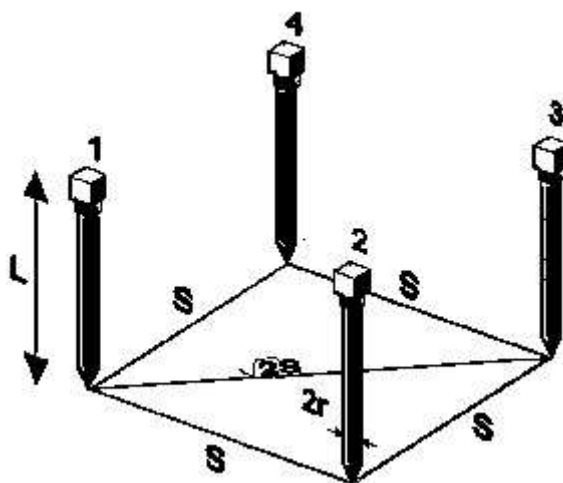


Fig. 12. Diseño de malla a tierra

Fuente: [9]

Resistividad del suelo

La medición y el cálculo de la resistividad del suelo es importante para determinar la resistencia equivalente que tendría una malla en donde es inexistente, estas mediciones deben ser realizadas donde los electrodos de tierra tengan influencia, evitando mediciones innecesarias con capas de terrenos demasiados profundos, de acuerdo con [10] los

métodos más empleados para medir la resistividad de un terreno son los de Wenner y Schlumberger.

Método de Wenner: El método de Wenner es un arreglo tetraelectrónico que se usa para medir la resistividad del suelo por medio de la ubicación de electrodos espaciados en línea recta, con una distancia a entre cada par de electrodos, y enterrados a una profundidad tal que satisfaga la relación $a > 20 b$, donde b es la profundidad de enterramiento de acuerdo con la Fig.13.

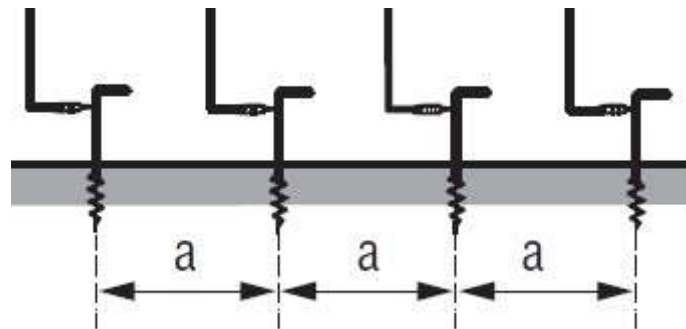


Fig. 13.Medición de resistividad con el método de Wenner
Fuente. [10]

Mediante un telurómetro se hace circular una corriente I entre los dos electrodos externos (electrodos de corriente) y se mide la caída de potencial V con los dos electrodos internos (electrodos de potencial). El telurómetro realiza la relación V/I dando un valor de resistencia aparente R en ohmios. La resistividad aparente (ρ_a) correspondiente a la resistividad medida aproximadamente a una profundidad a . [11]

Método de Schlumberger: este método es muy parecido al método de Wenner ya que de igual manera emplea la inyección de corrientes y tensiones por medio de 4 picas con la diferencia que las picas de potencial se encuentran con una longitud de separación a muy corta y las picas de corriente se encuentran más separadas logrando conseguir mayores distancias para las mediciones

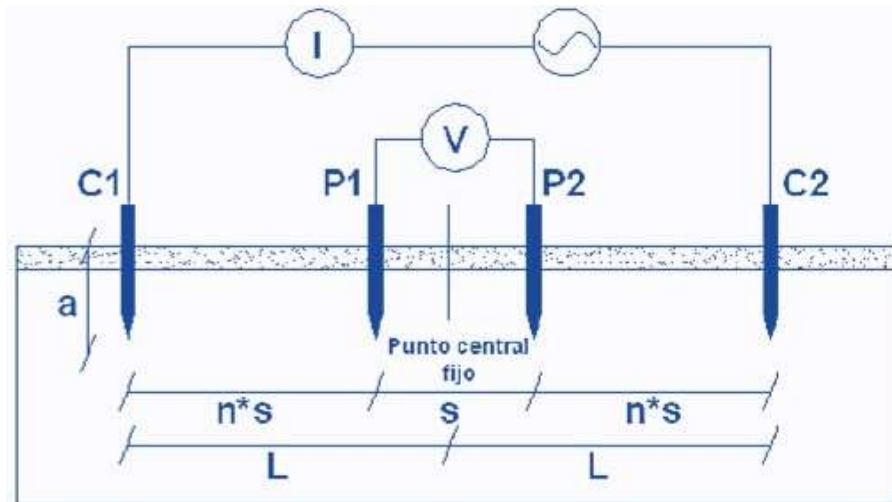


Fig. 14.Medición de resistividad con el método de Schlumberger
Fuente. [11]

Descargadores

El alimentador Shuara también cuenta con descargadores pero únicamente se encuentran ubicados en los finales de circuitos (pozos petroleros, campamentos, estaciones petroleras, subestaciones eléctricas), estos descargadores de sobretensión son equipos de protección con una impedancia Z de valores muy altos, en su mayor parte son de tipo cerámicos con excepción a los remplazados en los últimos mantenimientos que son de polietileno de 10 kV (rms), estos descargadores son instalados con el fin de proteger a los equipos eléctricos encontrados en los pozos (Transformadores, Variadores y bombas) evitando su falla al existir descargas atmosféricas.

1.13. Blindaje de una línea de distribución frente a descargas Atmosféricas

En el sistema eléctrico interconectado petrolero en su configuración de distribución y subtransmisión se encuentra las redes blindado contra las descargas atmosféricas pero su funcionamiento correcto depende muchos factores como el aterrizamiento de las estructuras, el sistema de aislamiento y el dimensionamiento del hilo o cable de guarda, en el presente gráfico se evidencia el comportamiento del voltaje en las líneas al ser inducido por una descarga atmosférica de 10kA [12], una de las posibilidades de la falla de los elementos contra descargas atmosféricas es cuando existe una falla del material que está compuesto el hilo de guarda [13]

1.14. Conclusiones del capítulo I

- Por medio de una exhaustiva revisión bibliográfica encontramos varias norma que nos brinda información como los criterios con el cual fue diseñado el circuito para poder modelar lo mas cercanos a la realidad, dentro de estas normas se encuentra 3 de alta relevancia en la investigación, la IEEE 1133 que nos recomienda parámetros para la aplicación de sistemas de apantallamientos en redes aéreas de distribución, la IEEE 80 donde parametriza los niveles máximos de SPT según el nivel de tensión, los criterios y recomendación para selección y aplicación de aislamiento en niveles de contaminación y polución, la IEC60071-4 proporciona pautas para determinar si los aisladores son compatibles con el entorno y las condiciones de operación.
- Existen diferentes metodologías en la investigación, la toma de datos en situ o investigación de campo, permite conocer diferentes parámetros del alimentador como lo es su georreferenciación, datos eléctricos físicos y mecánicos brindando la posibilidad de elevar la calidad de esta investigación
- La herramienta computacional ATP-Draw, permite modelar de manera dinámica el circuito tomado como caso base, brinda la facilidad de someter al circuito a diferentes criterios de simulación e ir interpretando lo obtenido tanto en apantallamiento, aterramiento y aislamiento cuando estos sistemas son sometidos a eventos transitorios.

CAPÍTULO II. PROPUESTA

“Modelamiento y mediciones de sistemas y parámetros que intervienen en la protección del alimentador Shuara ante fenómenos tipo descargas atmosféricas”

2.1.Objetivos del capítulo

Determinar la metodología implementada en el modelamiento de sistemas que protege al alimentador Shuara ante fenómenos tipos descargas atmosféricas y por medio de un análisis logrando entregar una posible solución

2.2.Descripción de la propuesta

La metodología que se va aplicar en el análisis del alimentador Shuara ante fenómenos tipo descarga atmosférica usando las herramientas computacionales es esencial para la obtención de resultados es por eso que se deberá emplear los siguientes métodos:

2.3.Medición y toma de dato en situ

Se realizará una toma de datos en sitio datos lo más cercanos a la realidad y con equipos calibrados y liberados que garanticen que los resultados obtenidos sean veraces para posterior a ellos utilizarlos en el modelamiento del alimentador.

2.3.1. Inspección visual

Con la toma de datos en sitio se obtendrán datos del estado de las estructuras y elementos que lo componen por medio de la técnica de inspección visual, clasificándolo en grados de deterioro siendo Grado 1 la más aceptable y grado 3 estructura crítica, haciendo énfasis en el estado de los aisladores donde se determina los aisladores que se encuentre flameados, fisurados o con índice alto de polución, además la cantidad de sistemas de puesta a tierra a pie de poste con los cuales cuenta el circuito [3].

Para determinar el estado de los aisladores es complicado realizar la inspección desde piso es por eso se realiza con la ayuda de drones con cámaras de alta calidad que permitan visualizar fisuras en el aislador.



Fig. 15. Dron Mavic 2 para inspección visual
Fuente. [14]

Se realiza un sobre vuelo de las partes interesadas en el circuito con un dron profesional denominado Mavic 2 PRO, un dron con características de fotografía de calidad a continuación se especifican los datos técnicos ver Tabla 4.

Tabla 4. Características técnicas Mavic 2 Pro

Especificaciones técnicas Mavic 2 PRO	
Sensor	1" CMOS Pixeles efectivos CMOS: 20 millones
Lente	FOV: about 77° 35 mm Format Equivalent: 28 mm Aperture: f/2.8–f/11 Shooting Range: 1 m to ∞
Rango ISO	Video: 100-6400 Photo: 100-3200 (auto) 100-12800 (manual)
Velocidad de obturación	Electronic Shutter: 8–1/8000s
Tamaño de imagen fija	5472×3648
Modos de fotografía fija	Disparo simple Disparo en rafaga: 3/5 cuadros Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5 bracketed frames at 0.7 EV Bias Interval (JPEG:2/3/5/7/10/15/20/30/60s RAW:5/7/10/15/20/30/60s
Formato de foto	JPEG / DNG (RAW)

Fuente: [14]

2.3.2. Georreferenciación e identificación del circuito

Para identificar la zona donde se encuentra ubicado el circuito o alimentador con el método de toma de datos en situ usamos la ayuda de una GPS marca Garmin etrx 30x debido a su portabilidad (fig.16). y lo amigable para el uso además con precisiones menores a 1m dando una efectividad muy alta.



Fig. 16. GPS etrex 30x
Fuente. [15]

Los datos obtenidos por medio del GPS serán llevados al software libre Google Maps donde se identifican la zona exacta por dónde va el circuito y la cantidad de árboles cercanos a la línea.

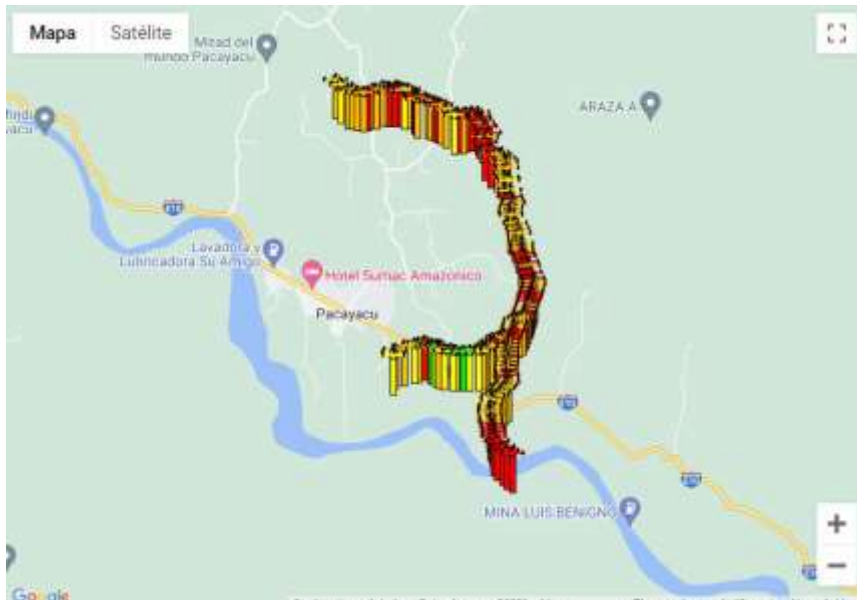


Fig. 17: Portal de Google Maps

Fuente: [16]

2.3.3. Aterramiento eléctrico

Dentro de este bloque petrolero se utiliza un diseño establecido de malla a tierra en forma de triada, con una separación de 2m entre varillas o electrodos verticales, unidos entre si por un conductor de cobre desnudo de calibre 2/0, unidos por suelda exotérmica y a una profundidad de malla a 0.6m de la superficie.

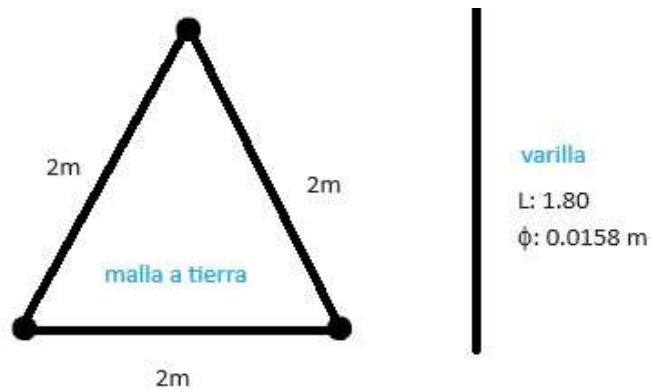


Fig. 18: Diseño de malla a tierra

2.3.4. Resistividad

Para la resistividad del terreno se realiza medidas por medio del telurómetro fluke 1625-2 aplicando el método de Wenner ya que es ideal para el tipo de terreno que se tiene en la parte oriental. Antes de determinar la resistividad del suelo, se requiere obtener la resistencia medida del suelo

Pasos para medir la resistencia del suelo método de Wenner (manual del telurómetro fluke 1625-2)

- Cuatro puntas de masa de la misma longitud se colocan en el terreno en línea recta y separadas a distancias iguales entre sí. Las puntas de masa no se deben enterrar a una profundidad mayor que $1/3$ de "a".

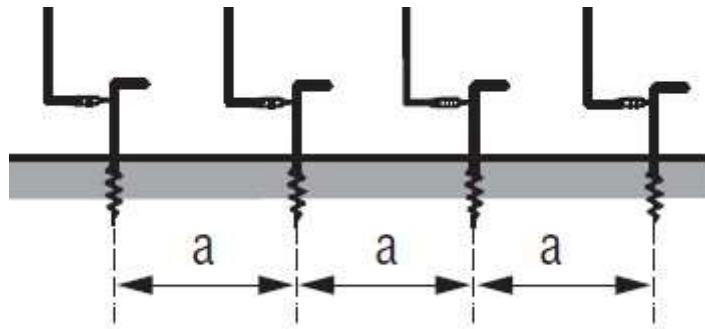


Fig. 19: Conexión de electodos método de Wenner
Fuente: [17]

- Conecte los cables de corriente en los puertos H/C2 y E/C1 a las picas de los extremos, luego conecte los cables de potencial en los puertos ES/P1 y S/P2 a las picas o electros interiores como se evidencia en la Fig. 20.

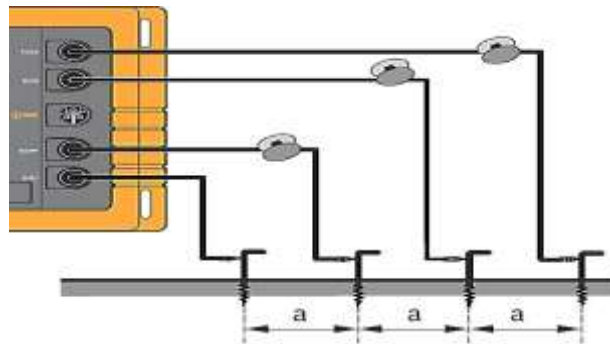


Fig. 20: Conexión de electodos al equipo telurómetro
Fuente: [17]

- Gire el selector giratorio central hasta la posición "RE 4 polos".

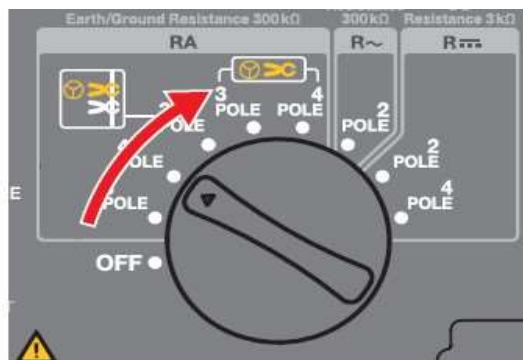


Fig. 21. Selector del equipo telurómetro
Fuente. [17]

- Presione Star Test para iniciar la prueba botón número 2 de la Fig. 22.

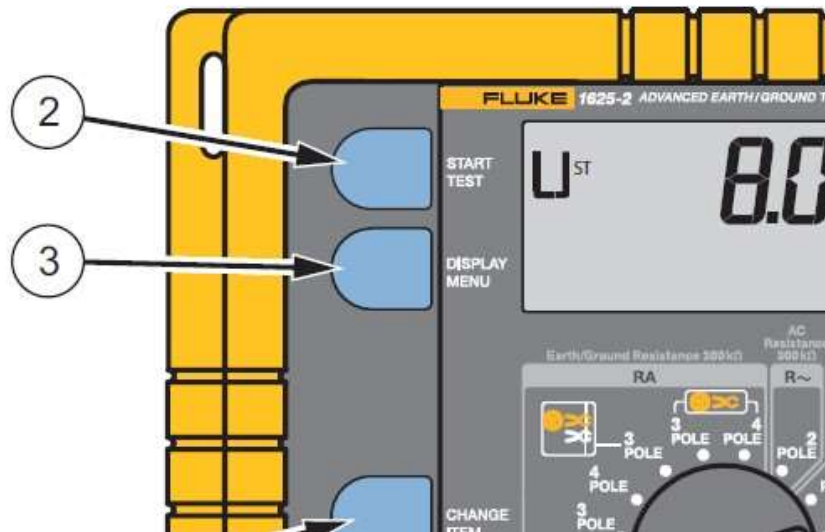


Fig. 22. Botón de inicio de prueba del equipo telurómetro
Fuente. [17]

- Estar pendiente de los testigos presentes en la pantalla al momento de realizar la prueba si aparecen intermitente significa que existe una falsa medida o un error en las conexiones, asegurarse que los puntos de conexión se encuentren haciendo un buen contacto.



Fig. 23: Pantalla led equipo telurómetro

Fuente: [17]

La medición RE nos indica el resultado de la resistencia del suelo, a partir de esta medición aplicamos la siguiente ecuación para determinar la resistividad media del suelo.

$$\rho_E = 2\pi \cdot a \cdot R_E$$

ecu 1. [17]

donde:

ρ_E = valor medio de la resistividad del suelo

a = distancia entre electrodos o picas

R_E = resistencia aparente medida del suelo

La ecuación 1. Nos muestra la el valor medio de la resistividad del suelo, pero para los posteriores cálculos se requiere determinar la resistividad aparente que es la razón calculada entre el potencial y la corriente inyectada V/I .

$$\rho = \frac{4\pi \cdot a \cdot R_E}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + (2b)^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

ecu 2. [10]

donde:

ρ = resistividad aparente del suelo

a = distancia entre electrodos o picas

R_E = resistencia aparente medida del suelo

b = distancia de enterramiento de las picas

Con la resistividad aparente se podrá calcular la resistencia aparente de una malla de acuerdo al diseño implementado en las estructuras que no se encuentren aterrizadas.

Método de mediciones de sistemas de tierra (telurómetro)

Antes de proceder con el método para medición de resistencia de puesta a tierra se debe tomar en cuenta los siguientes datos:

Tabla 5. Parámetros para medición de resistencia de malla a tierra.

Método de medida	Medida de la corriente y la tensión con una sonda según la norma IEC61557-5
Tensión de circuito abierto	20/48 V, CA
Corriente de cortocircuito	250 mA CA
Frecuencia de medida	94, 105, 111, 128 Hz seleccionada manual o automáticamente. (AFC) 55 Hz en función R*

Rechazo de ruido	120 dB (162/3, 50, 60, 400 Hz)
Sobrecarga máx.	Urms = 250 V

Fuente: [17]

Se realizará mediciones de los sistemas de aterrizaje de las estructuras que cuenten con alguna malla usando el telurómetro Fluke 1625-2 Advence Earth Ground Tester GEO, usando el método del 62% por medio de picas, método recomendado para usar con el equipo, además de realizar pruebas de resistencias en las estructuras que no cuenten con sistema de aterrizaje (mallas a tierra).



Fig. 24: Telurómetro Tester Fluke 1625-2

De acuerdo al manual del equipo la medición se debe realizar de acuerdo a los siguientes pasos:

- Enterrar un electrodo o pica a 40m desde la malla o varilla y el otro electrodo a 20m como muestra la Fig. 25.

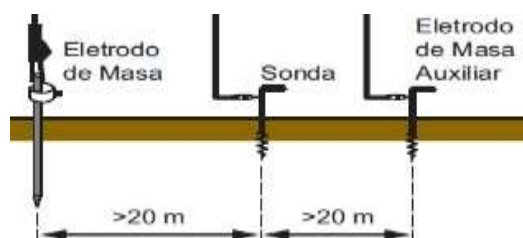


Fig. 25. Método de medición de resistencia de malla a tierra

Fuente. [17]

- Conectamos el electrodo que se encuentra a 40m en el puerto H/C2 y el electrodo que se encuentra a 20m en el puerto S/P2, ver en la Fig. 26.

- Conectamos la malla o la varilla al puerto E/C1 (para trabajar con 3 polos), ver Fig. 26.

- Para cuando es para 4 polos se conecta los puertos E/C1 y ES/P1 a la malla a tierra, ver Fig. 26.

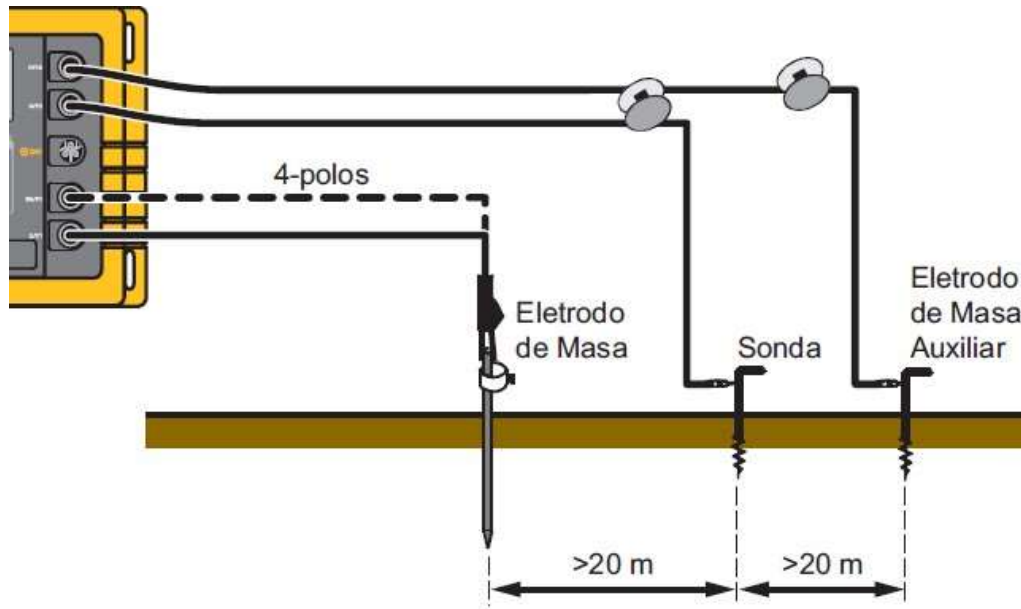


Fig. 26. Conexión para medición de puesta a tierra 3 polos y 4 polos
Fuente. [17]}

Con este método de obtención de medidas se puede ingresar los datos para modelar el circuito, en caso de que no se cuente con una malla a tierra realizar el cálculo de una resistencia de malla a tierra equivalente para n número de varillas por medio de la resistividad del suelo y el diseño de malla establecido en el campo petrolero.

Para la medición de la resistencia aparente se utiliza la siguiente formulas:

$$R = \frac{\rho}{2\pi.L} \left(\ln \left(\frac{4L}{RMG} \right) - 1 \right)$$

ecu 3.

Donde:

R: resitencia aparente de la malla a tierra

ρ: Resistividad aparente ecu. 2

L: la longitud de la varilla copperweld

RMG: *Radio medio entre varillas*

Siendo:

$$RMG: \sqrt[n]{r \cdot S_{12} \cdot S_{11} \cdot S_{10} \dots S_n}$$

ecu 4.

Donde:

r: Radio de la varilla copperweld

S: la distancia entre varillas

n: Número de varillas

Como en el bloque está establecido un diseño de malla a tierra en forma de triada (3 varillas) en el trabajo de [10] se establece la siguiente ecuación para el cálculo del radio medio entre varillas.

$$RMG = \sqrt[3]{r \cdot S^2}$$

ecu 5.

Medición selectiva de resistencia de malla a tierra

Existen aterramiento donde la estructura hace parte del sistema un echo erróneo, pero como constancia de procederá a realizar la medida de esta tierra usando en método de medición selectiva que nos proporciona el telurómetro el cual consiste en aislar el sistema de protección con la malla o de la masa como electrodo y así obtener netamente el valor de la resistencia. Para ello se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

Tabla 6. Parámetros para medición de resistencia de malla a tierra.

Método de medida	Medida de la corriente y la tensión con sonda según EN61557-5 y medida de corriente en la derivación individual con sonda de corriente adicional (patente solicitada).
Tensión de circuito abierto	20/48 V, CA
Corriente de cortocircuito	250 mA CA
Frecuencia de medida	94, 105, 111, 128 Hz seleccionada manual o automáticamente. (AFC) 55 Hz en función R*

Rechazo de ruido	120 dB (162/3, 50, 60, 400 Hz)
Sobrecarga máx.	Urms = 250 V

Fuente: [17]

Otras de las ventajas de este método es que ya no es necesaria la desconexión del electrodo de la masa, dando la posibilidad de aislar el circuito como se evidencia en el siguiente diagrama de medición.

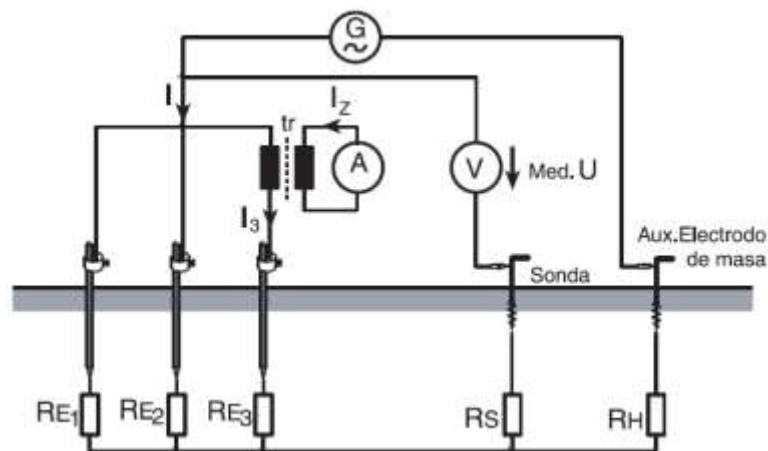


Fig. 27. Diagrama de conexión selectiva para SPT.
Diagrama de conexión selectiva para SPT

Fuente. [17]

Donde:

$$RE_3 = \frac{Med. U}{I_3} = \frac{Med. U}{tr \cdot I_z}$$

ecu 6.

Apantallamiento

El sistema de apantallamiento es el primero en entrar en contacto con las corrientes inducidas por un rayo, el circuito de distribución eléctrica Shuara cuenta con un sistema de apantallamiento desde la salida del alimentador pasando por toda la red principal y sus derivaciones, de acuerdo con la norma IEEE std. 1410 menciona que el ángulo de apantallamiento no debe de exceder más de 45° para redes distribución.

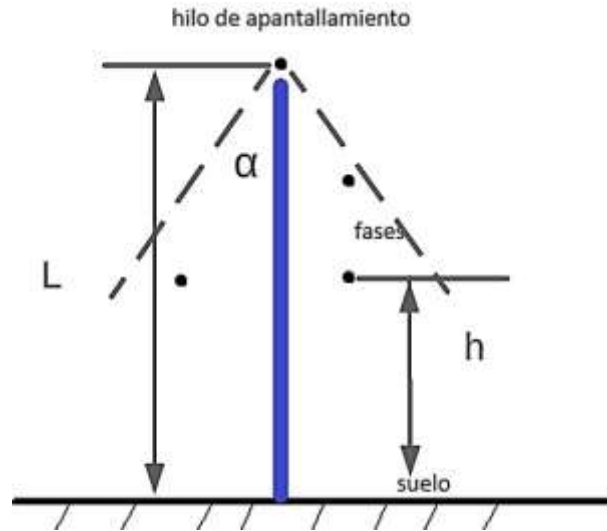


Fig. 28: Método geográfico para determinar el ángulo de apantallamiento

Donde:

L: la altura desde el suelo al hilo de guarda

h: la altura desde las fases al suelo.

Para determinar si las fases de la estructura están correctamente apantalladas nos ayudaremos con la inspección de campo verificando que cumpla todas las estructuras con las distancias desde la fase más cercana a la punta de la estructura hasta el hilo de guarda, esta medida de acuerdo al criterio de diseñador del circuito.

$$X \geq 1.20m \text{ ecu 7.}$$

Donde:

X: distancia desde la fase al hilo de guarda

En la ecuación 6 se hace referencia a la fase de mayor altura. Existe otra manera de verificar si el sistema de apantallamiento esta correctamente dimensionado de acuerdo con el trabajo de [18] y [19] en la norma IEEE Std. 1410 y la IEEE Std. 1243 mencionan dos tipos de fórmula para determinar esta distancia o comprobar que está correcta.

$$rc = 10 \cdot I^{0.65}.$$

ecu 8.

$$rg = (3.6 + 1.7 \ln(43 - yc)) \cdot I^{0.65} \quad \text{sí } yc < 40m$$

ecu 9.

$$rg = 5.5 \cdot I^{0.65} \quad \text{sí } yc > 40m$$

ecu 10.

Donde:

rc: Distancia crítica (m)

rg: Distancia critica a tierra

yc: Altura promedio de pantalla

I: corriente crítica de arqueo

2.4.Simulación o modelamiento del circuito de distribución

Los datos obtenidos en el método anterior permiten el diseño y simulación del sistema con el fin de conocer cuál es el comportamiento del alimentador ante fenómenos de descargas atmosféricas y poder someterlo de manera virtual a diferentes criterios y teorías con el fin de proponer métodos de mejora para evitar futuras interrupciones en el flujo eléctrico dentro del alimentador que se escogió como caso de estudio y si es necesario replicar estos métodos de mejoras en alimentadores de similares características dentro del bloque petrolero.

Criterios de modelamiento o simulación:

Tomando en cuenta los datos del estudio que se encuentra en el libro de CIGRE PASS, donde muestra la magnitud de la corriente en diferentes partes del planeta y el porcentaje de ocurrencia dependiendo de la magnitud de corriente escogemos la tabla. 7 datos de estudio de la zona de Colombia y Brasil ya que se encuentra muy cercanos al Ecuador y comparte parte de la selva amazónica.

Tabla 7. Porcentaje de ocurrencia del rayo zona Colombia Brasil.

Ocurrencia (%)	Magnitud de la corriente del rayo
100	10 (kA)
90	11.2 (kA)
80	11.8 (kA)
70	12 (kA)
60	12.5 (kA)
50	13 (kA)
40	13.6 (kA)
30	15 (kA)

20	16.4 (kA)
10	18 (kA)

Fuente: [20]

De acuerdo con la tabla 8. Se escoge los siguientes criterios de modelamiento, en las condiciones normales que se encuentra en circuito cuando el rayo cae en el hilo de guarda, aseverando que el sistema de apantallamiento se encuentra en buenas condiciones, en caso contrario realizar un modelamiento para cuando cae el rayo en la fase escogiendo la magnitud de la corriente de la tabla 5. En el caso de mayor ocurrencia.

Tabla 8. Criterios de simulación.

Código de simulación	Magnitud de corriente del rayo (kA)	Porcentaje de ocurrencia	Aterramiento del circuito (condiciones)
A10-100	10	100	Reales
A12-70	12	70	Reales
A15-30	15	30	Reales
A20-5	20	5	Reales
B10-100	10	100	Cada 3 estructuras
B12-70	12	70	Cada 3 estructuras
B15-30	15	30	Cada 3 estructuras
B20-5	20	5	Cada 3 estructuras
C10-100	10	100	Cada 2 estructuras
C12-70	12	70	Cada 2 estructuras
C15-30	15	30	Cada 2 estructuras
C20-5	20	5	Cada 2 estructuras

El criterio de modelamiento está en base a la necesidad basados en el aterramiento de todas las estructuras, con el fin de proponer métodos de mejoras con eficacia y eficiencia, para el modelamiento del circuito se realizará por medio del software ATP-Draw, ya que es un software muy completo y de libre acceso.

2.4.1. ATP-Draw

Por medio del simulador determinamos los modelos de estructuras aislamiento y generación para someterlos a fenómenos transitorios y determinar cuál es el comportamiento del alimentador sobre todo conocer si la coordinación de aislamiento es la adecuada para el alimentador, debido a que este recorre gran parte de zona boscosa con factores que pueden afectar la continuidad del flujo eléctrico.

Para la simulación de circuito lo dividimos en 5 partes, la generación y sub- estación, el aislamiento, el apantallamiento de las fases, el modelo de la estructura y por último el sistema de aterramiento eléctrico.

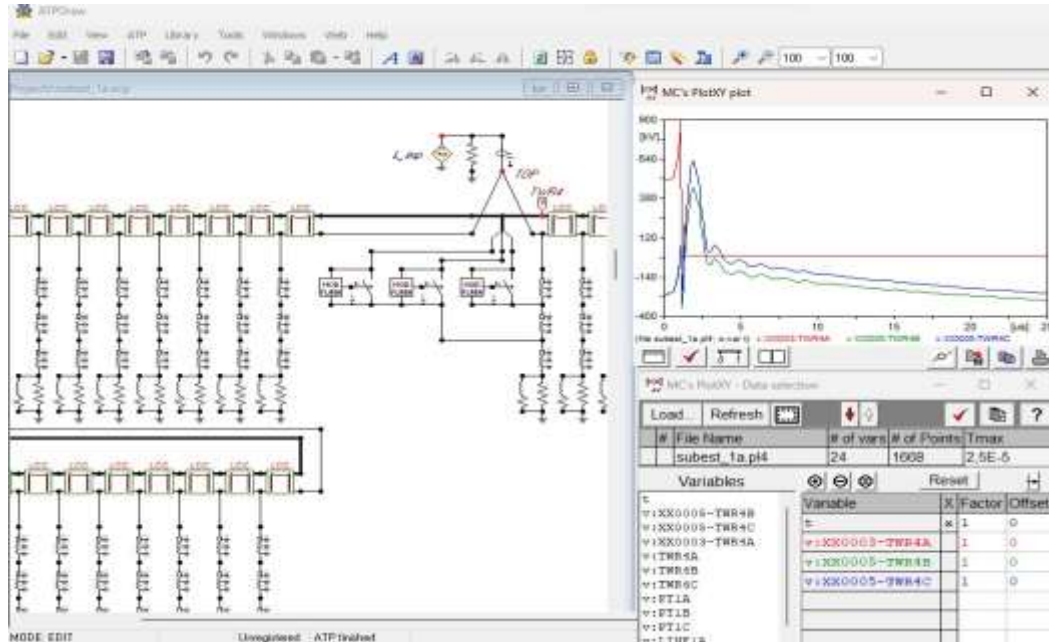


Fig. 29. Simulación de circuito eléctrico ATP-Draw

2.4.2. Generación y subestación

El circuito es alimentado por 3 generadores de gas/crudo mayores a 5 MW a 13.8 kV, compartiendo generación con los otros circuitos a una frecuencia eléctrica de trabajo de 60 Hz, en los datos de corto circuito y coordinación de protecciones tienen los siguientes tiempos para fallas monofásicas y trifásica simuladas en uno de los pozos datos proporcionados por el bloque petrolero.

Tabla 9. Coordinación de protecciones (tiempos).

TIPO DE FALLA	BARRA	BRANCH	CORRIENTE (A)	TIEMPO (s)
MONOFASICA	SWG-0015	LD-SHUARA	2390	0,06
	SWG-0015	INCOMING	2390	0,2
TRIFASICA	SWG-0015	LD-SHUARA	2390	0,129
	SWG-0015	INCOMING	2390	0,541

Fuente: [1]

2.4.3. Aislamiento

Los aisladores están dimensionados para tensiones de trabajo en su mayoría $\geq 25\text{kV}$ para el modelamiento se requiere el dato de la tensión de flameo crítico al impulso positivo y tensión de flameo crítico al impulso negativo, los datos de la tabla 8. Fueron obtenidos de la hoja de datos técnicos del fabricante. La IEC 60071-4 no sugiere 3 métodos para el modelamiento de los aisladores, la curva voltaje tiempo, el método de integración y el método de propagación de líder en este caso para la representación gráfica se escoge la curva donde se evidencia el comportamiento del voltaje con respecto al tiempo de cada aislador [21].

Tabla 10. Datos tensión de flameo crítico al impulso negativo y positivo de aisladores

Clase	Tensión de flameo crítico al impulso + (kV)	Tensión de flameo crítico al impulso - (kV)	Tipo
ANSI 55-4	110	140	PIN
ANSI 55-5	140	170	PIN
ANSI 56-1	150	190	PIN
ANSI 56-3	200	265	PIN
ANSI 52-1	100	100	SUSPENSION
ANSI 52-4	125	130	SUSPENSION
ANSI 52-9 A	100	90	SUSPENSION
ANSI 52-9 B	100	90	SUSPENSION

Los valores de tensión críticas permiten conocer cuál es el límite máximo de tensión que puede soportar un aislador antes de sufrir un flashover o un flameo inverso.

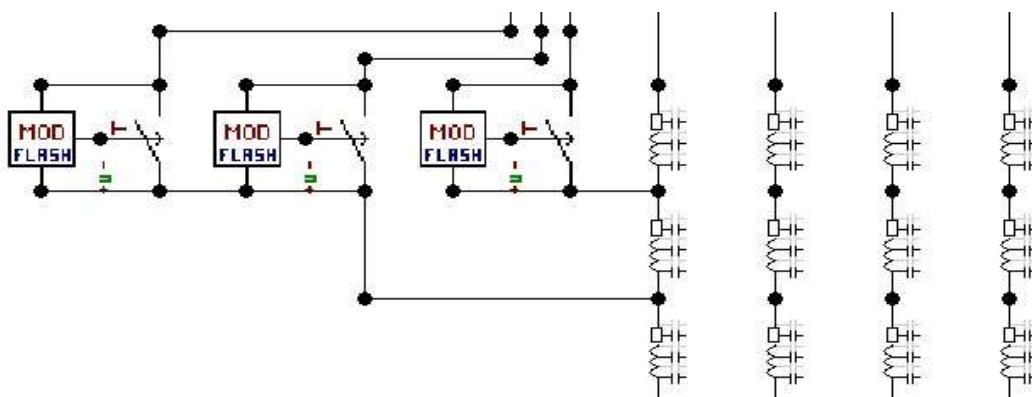


Fig. 30 Modelo de aisladores ATP-Draw

2.4.4. Apantallamiento

De acuerdo con la IEEE en su método simplificado para el desempeño del apantallamiento se considera como un modelo de método simple con una curva voltaje tiempo donde podemos modelar un flashover [22] o descarga como un interruptor que cierra el circuito. Para el apantallamiento se requiere los datos del número de fase, las longitudes de los aisladores (dato de tablas de fabricante) los nodos de conexión y el calibre del conductor, de igual manera para las fases figura 31.

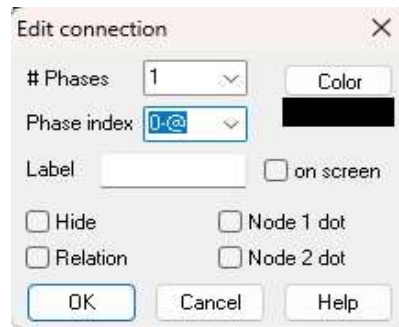


Fig. 31. Datos de apantallamiento en ATP-Draw

2.4.5. Modelo de las estructuras

En el software se realiza de acuerdo al tipo de estructura que se tiene y a las dimensiones geométrica para el caso de estudio se tiene diferentes tipos y geometría de estructuras ver en el capítulo 2.

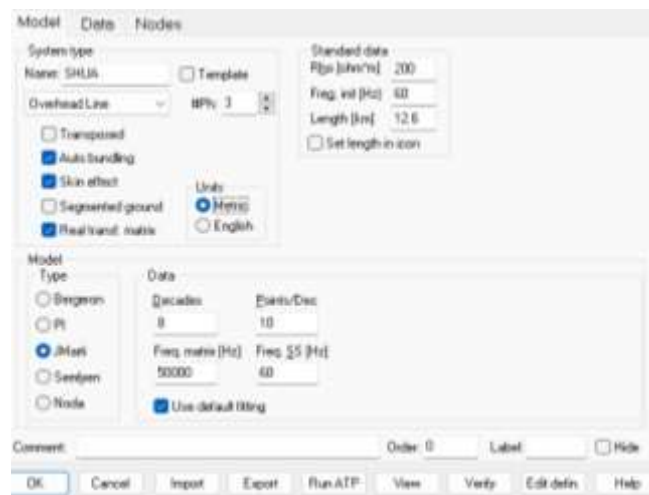


Fig. 32: Datos del circuito

En la Fig. 32 se colocan los parámetros del modelo de línea donde Rho es la resistencia estándar del terreno medida en $\text{ohm}\cdot\text{m}$ ($200 \Omega\cdot\text{m}$), su frecuencia (60Hz) y la distancia del circuito (12,6 km),

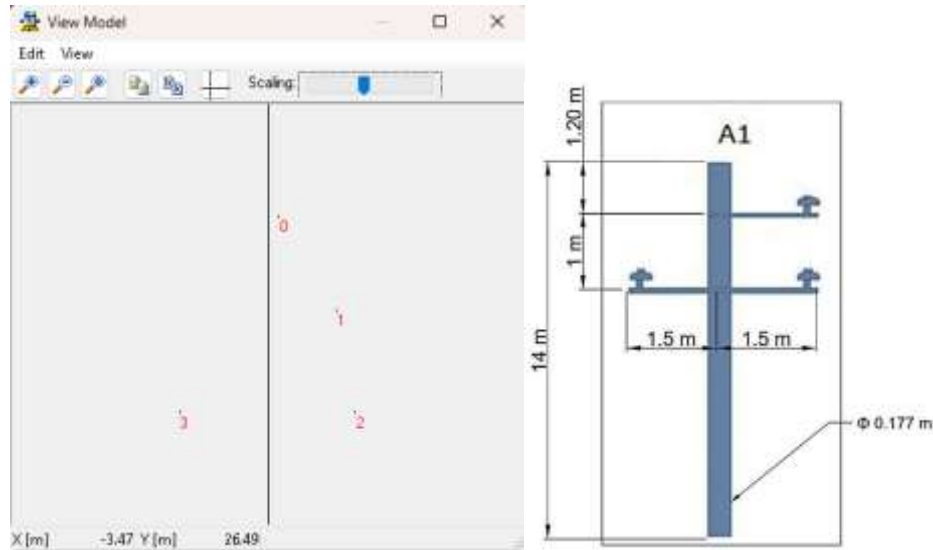


Fig. 33: Configuración geométrica de la estructura A1 en ATP-Draw

Además, modelamos la geometría de las estructuras dependiendo el tipo de estructura visto anteriormente, esto con el fin de ubicar en los ejes donde se encuentran ubicadas las fases y el hilo de guarda (Fig. 33), así mismo a la altura que se encuentran, recordar que las alturas son variables dependiendo el tipo de terreno, por lo general existe en su mayor parte entre 14m 16m y otras no muy usual mayor a 20m.

Tabla 11. Parámetros de modelamiento de la línea y estructura

#	Ph.no.	Rin	Rout	Resis	Horiz	Vtower	Vmid	Separ	Alpha	NB
		[cm]	[cm]	[ohm/km DC]	[m]	[m]	[m]	[cm]	[deg]	
1	1	0	0.13	0.114	1.5	15	15	1.9	0	1
2	2	0	0.13	0.114	1.5	14	14	1.9	0	1
3	3	0	0.13	0.114	-1.5	14	14	1.9	0	1
4	0	0.5	0.25	0.304	0.1	16.5	16.5	0	0	0

Este circuito está compuesto por 3 fases y un hilo de guarda con una distribución en los ejes de la estructura en la tabla 11 se muestra los parámetros de modelamiento de una estructura tipo A1

2.4.6. Aterramiento eléctrico

Para el modelamiento del aterramiento eléctrico se requiere los valores de la malla, aplicando el método estudiado anteriormente, se simulará el circuito en valores ideales y en los valores reales de acuerdo con el criterio de modelamiento impuesto por el autor Tabla 7.

Component: RESISTOR		
Attributes		
DATA	UNIT	VALUE
RES	Ohms	6

Fig. 34. Datos de resistencia ATP-Draw

2.5. Conclusiones Capítulo II

- La investigación de campo permite tener una observación directa pero principalmente real de parámetros que brinden una facilidad de simulación como el la obtención de datos de SPT, resistividad de suelo, datos geométricos de cada estructura, además de aportar información vital para la elaboración de una propuesta de mejora en el bloque petrolero, una de ellas es la inspección visual con drones ya que permite obtener es información del importante del estado de operación en loque se encuentra los aisladores
- Se determina un criterio de simulación parametrizado en diferentes aspectos como, la magnitud del rayo, el porcentaje de ocurrencia de acuerdo con [20] y un criterio del porcentaje de estructura aterrizadas más el estado actual del del circuito con el fin de observar el comportamiento del circuito ante diferentes situaciones por ejemplo, el código B10-100 (Tabla 7.) recomienda simular el circuito con una magnitud del rayo de 10 kA, un porcentaje de ocurrencia del 100% y someter al circuito con SPT cada 3 estructuras es decir el 25% de todo el circuito correctamente aterrizado con niveles de resistencias menor a 10 ohmios.
- Los criterios y recomendaciones de las normas utilizadas permiten tener un dimensionamiento y un punto de partida dentro de la investigación propuesta para este caso de estudio, este proyecto se acoge a recomendaciones publicadas por el Instituto de Ingeniero Eléctrico y Electrónicos (IEEE) y por la Comisión Electrotécnica Internacional, además de publicaciones realizadas en referencia a nuestra investigación.

CAPÍTULO III. VALIDACION DE LA PROPUESTA

3.1. Alimentador con mayores desconexiones en el campo:

Se determina el alimentador con más problema los últimos 4 años sin contar el presente año la cual ya entro en vigencia el estudio, donde se encuentra que el alimentador Shuara de acuerdo a las desconexiones por año es el que presenta mayores problemas de acuerdo a la curva que se evidencia en el gráfico.

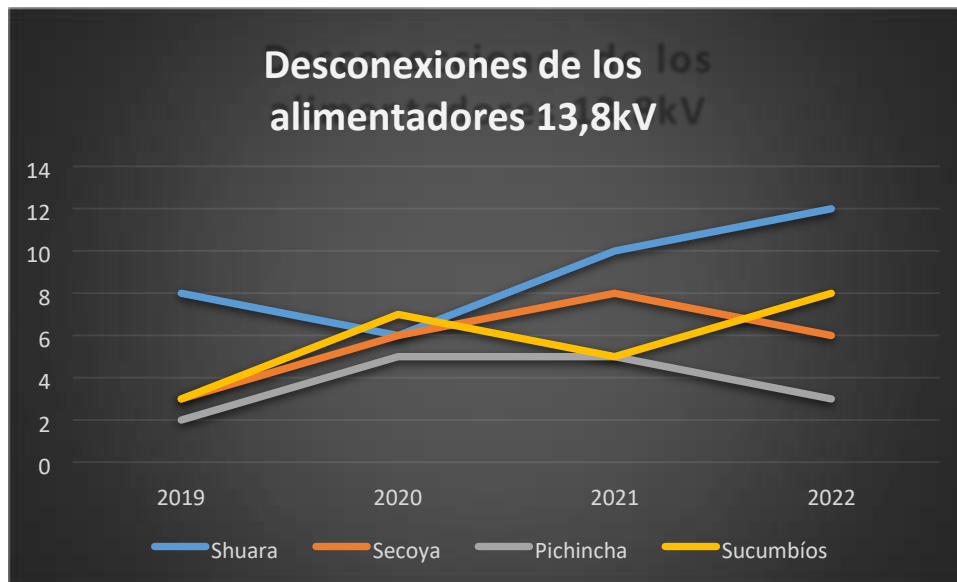


Fig. 35 Evaluación de desconexión en los alimentadores de distribución.

3.2. Evaluación de resultados de la inspección visual

Se realiza el recorrido de la línea dando como prioridad la troncal (circuito principal) y un ramal principal y se evidencia que el 21% de las estructuras se encuentra correctamente aterrizadas proporcionando el camino más fácil en caso de existir una descarga atmosférica en el hilo de guarda, esto incrementa la probabilidad que se produzca un flashover en caso de que exista una falla de aislamiento ya sea por impurezas o mala coordinación de aislamiento.



Fig. 36 Resultados de inspecciones de puesta a tierra

Los sobre vuelos realizados por todo el circuito, permitieron determinar el porcentaje de anomalías presentadas en los aisladores, así también el número de aisladores que han sufrido un flameo inverso durante el recorrido del circuito, además la cantidad de aisladores con fisuras y contaminados por la polución.

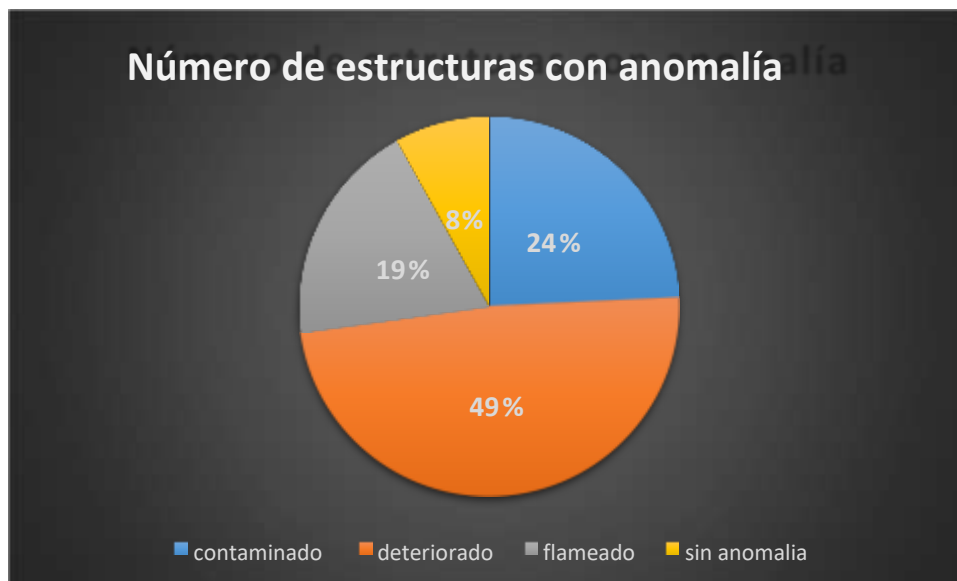


Fig. 37 Resultados de inspecciones de aisladores y herrajes

El 19 % de la cantidad de estructuras se encuentran flameadas, esto quiere decir que han sufrido fallas de aislamiento debido a descargas atmosféricas impactadas en hilo de guarda provocando un flashover, mandando abrir las protecciones del sistema, otro de los factores por el cual se produce este flameo en los aisladores es la falta de malla a tierra

ya que el 79% de las estructuras se encuentran sin aterrizar o mal aterrizadas (ver gráfica 2). Además, la polución existente en los aisladores provoca una disminución de las características de aislamiento en el circuito de distribución, esto debido a la contaminación del ambiente por la cercanía de la selva.

También existe fallas de apantallamiento en el circuito según nos refleja los resultados de la inspección visual, en el circuito se encuentra 11 estructura tipo H, en las cuales solo tiene apantallamiento en unos de sus lados logrando proteger a 2 de las 3 fases, esta anomalía representa el 8% de todas las estructuras inspeccionadas ver en la gráfica 4.



Fig. 38 Resultados del sistema de apantallamiento

Resultados del modelamiento. La evaluación de expertos consiste en obtener el aval de una persona que sea especialista (tenga un nivel de experticia probada) en el tema que certifique su validez y pertinencia en el campo de acción.

3.3. Evaluación de resultados de la simulación del circuito en estado real

Se realiza el modelado del circuito en estado real siguiendo el criterio de simulación propuesto en la tabla 8, el cual nos permite determinar el comportamiento del rayo dentro del circuito en una curva de tensión con respecto al tiempo, para este modelamiento se utiliza el programa de simulación de ATP-Draw

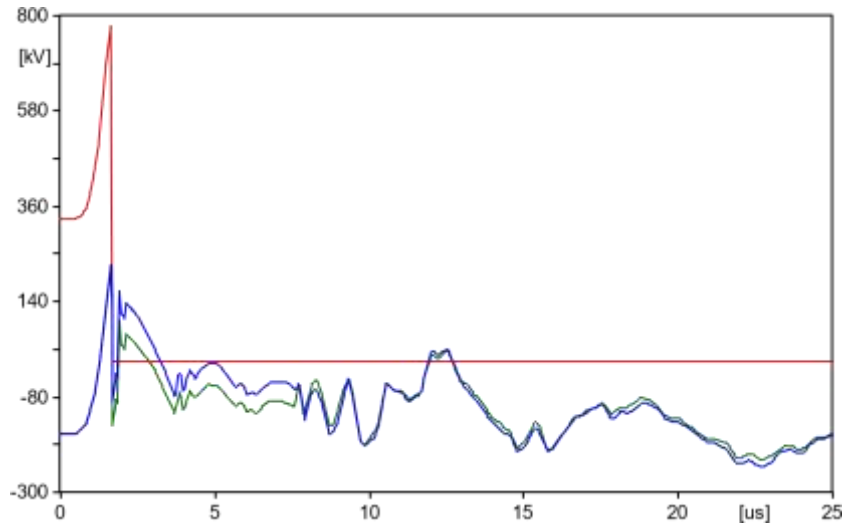


Fig. 39 Código de modelamiento A10-100

En las condiciones normales se simula un rayo de 10 kA en la estructura número 72 se evidencia que la fase B y C se provocaría un corto circuito dejando como resultado un flashover en estos aisladores y la apertura de la línea apagando los pozos petroleros.

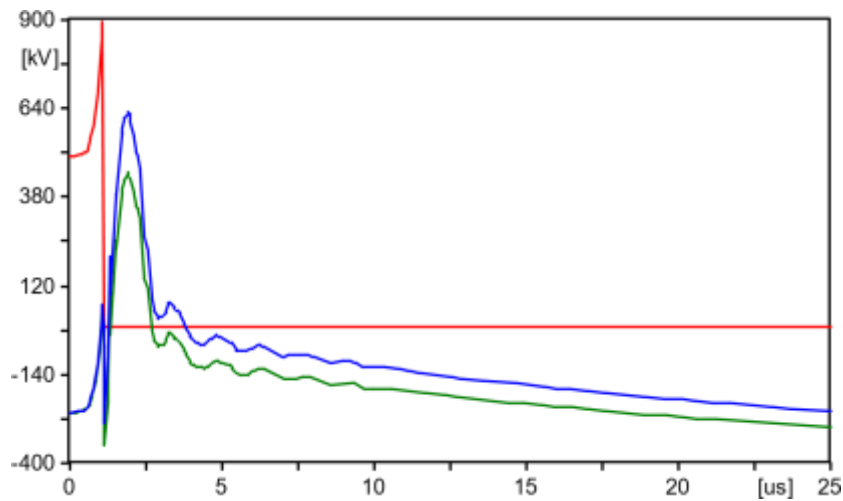


Fig. 40 Código de modelamiento A12-70

Con los modelamientos de código A12-70, A15-30 se tiene una gráfica muy similar a la gráfica 6, con el modelamiento de código A20-5 o mayor a ese se tiene como resultado de igual manera un cortocircuito, pero ahora en dos fases dejando abierto el circuito debido al actuar de las protecciones y aisladores debilitados con lo que respecta a sus características de aislamiento debido al flameo inverso provocado por la descarga atmosférica.

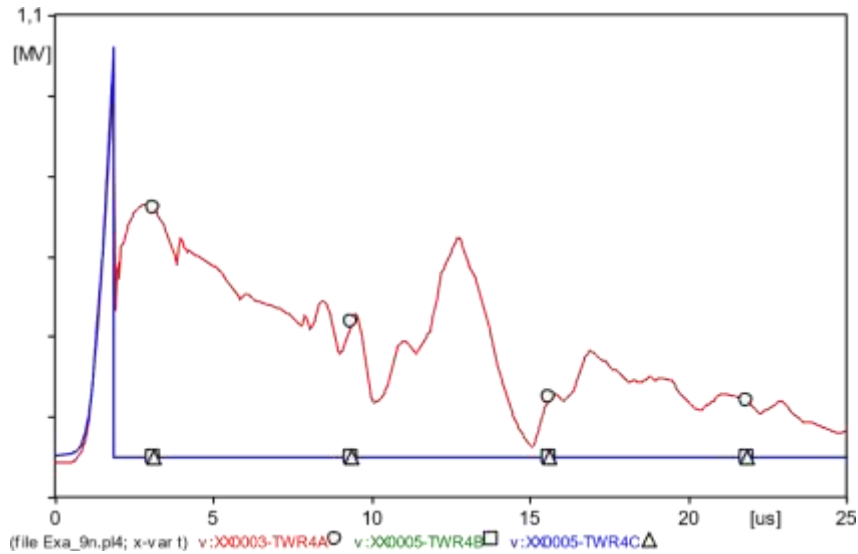


Fig. 41 Código de modelamiento A20-5

Este fue el modelamiento en condiciones reales como se encuentra actualmente dando como resultado que al momento de caer un rayo en el apantallamiento el circuito no cuenta con las protecciones necesarias para disipar las corrientes inducidas, en la gráfica 7 se evidencia como se mantiene el voltaje en las 3 fases sin que falle alguna por cortocircuito, esto en condiciones ideales de aislamiento aterramiento y apantallamiento.

3.4. Condiciones propuestas por el autor

Con el aterramiento pasando 1 estructura el sistema de distribución eléctrica soportaría un evento de descarga atmosférica en el sistema de apantallamiento

Si se utiliza aisladores ANSI 56-3 y 52-4 para suspensión y en estructuras de paso, además asimilando que todas las estructuras se encuentran con un sistema de apantallamiento optimo, el sistema soportaría y disiparía una descarga atmosférica de 20kA ver gráfica 8

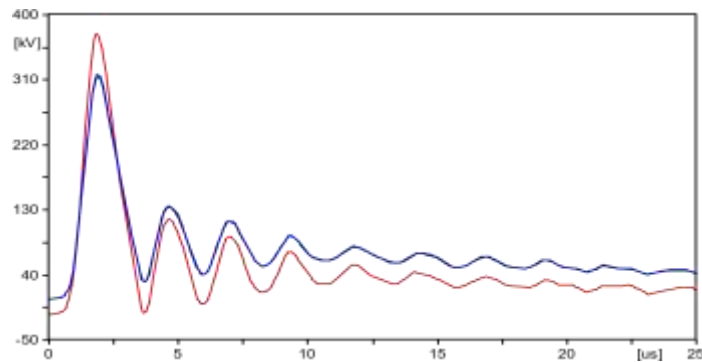


Fig. 42 Código de modelamiento C20-5

3.5. Propuestas de métodos de mejora

Con el fin de proponer métodos de mejora para evitar futuras interrupciones en el flujo eléctrico ante fenómenos tipo descargas atmosféricas en el alimentador Shuara, se determina lo siguiente:

- **Solución a la problemática por medio del diagrama de Pareto.-** dentro del alimentador Shuara existe un sin numero de problema en cada uno de los sistemas, en el Anexo 3 se detalla de forma individual esta problemáticas, en la tabla 12 se encuentra de manera resumida la frecuencia y el valor del porcentaje acumulado del número exacto de eventos obtenidos en la inspección visual aérea

Tabla 12. Resumen general de problemas por estructuras

Estructura con problema	Frecuencia	P. acumulado
Aterramiento deficiente	102	43%
Aisladores deteriorados	70	73%
Aisladores contaminados	37	88%
Aisladores flameados	28	100%

Por medio del método de Pareto, determinamos que logrando corregir el problema de aterramiento deficiente y reemplazando los aisladores contaminados, se logra reducir el índice de apertura por fenómeno tipo descargas atmosféricas en un 73%, volviendo al sistema de protección contra eventos transitorios mas eficiente

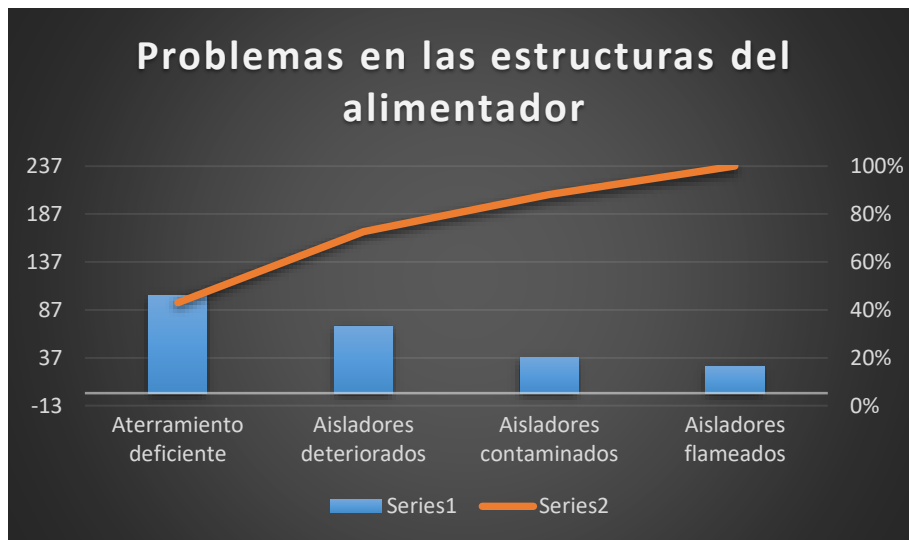


Fig. 43. Diagrama de Pareto circuito Shuara

- **Aislamiento.** - Homologar el sistema de aislamiento, en suspensión con aisladores ANSI 52-4 que soportan tensiones de flameo crítico al impulso negativo hasta de 130kV y tensiones de flameo crítico al impulso positivo hasta 125kV, esto con el fin de optimizar la coordinación de aislamiento y evitar interrupciones en el flujo de corriente debido a fallas transitorias productos de las descargas atmosféricas.
- **Aterramiento.** – Realizar el aterrizaje de las estructuras al menos pasando 1 estructura utilizando el mismo diseño de malla planteando dentro del bloque en forma de triadas con varillas verticales tratando de obtener como resultado valores de resistencias menores a 10Ω , en caso de no lograr ese valor de resistencias utilizar mejoradores de suelo que no contengan sal, ya que la sal es un alto corrosivo que con el pasar del tiempo afecta a las propiedades mecánicas de la malla, como consecuencia de ello también las propiedades eléctricas.
- **Apantallamiento.** – instalar en ambos lados de las estructuras tipo H hilos de guarda, permitiendo proteger por medio de su ángulo de apantallamiento a las 3 fases ya que se encuentra una fase expuesta a una directa descarga atmosférica
- **Mantenimiento.** – realizar mantenimientos periódicos exclusivamente en las limpiezas de aisladores devolviéndole a estos sus propiedades, para en trabajo eficiente seguir el manual de mantenimiento e instalaciones de puesta a tierra generada en el presente proyecto de investigación, con el fin de reducir los índices de interrupciones de flujo eléctricos por fenómenos transitorios tipo descargas atmosféricas.

3.6.Conclusiones del capítulo III

- La investigación realizada en campo, da a conocer que dentro de los 4 alimentadores que posee este bloque petrolero, el alimentador Shuara es el que posee un mayor índice de desconexiones durante los últimos años y que posee un bajo índice de estructura correctamente aterrizadas desde el hilo de guarda, debilitando el sistema de apantallamiento con un 92% de aisladores deteriorados con alguna anomalía, razones por la cuales se incrementa el número de interrupciones del flujo eléctrico en este lapso de tiempo
- Dentro de la investigación se propone criterios de simulación dándole una nomenclatura para poder clasificarlos, el código A10-100, A12-70, A15-30 y

A20-5 son criterios donde la magnitud del rayo tiende a variar desde 10 a 20 kA, en un estado real del circuito se obtiene como resultado en cada simulación el fenómeno flashover teniendo un flameo inverso en el aislador, es decir el circuito no está robustamente preparado para dispersar un fenómeno tipo descarga atmosférica caída tanto en el hilo de guarda como en cualquiera de las estructura (fig.5; fig.6; fig.7)

- La simulación código C20-5 permite soportar parcialmente la caída de la descarga atmosférica en el hilo de guarda disipándolo hacia la tierra en condiciones óptimas de aislamiento, aterramiento y apantallamiento.

CONCLUSIONES GENERALES

- De los 4 alimentadores que posee el bloque petrolero, el alimentador denominado Shuara es el de mayor incidencia a desconexiones debido a que 92% del número de estructura del circuito presenta al menos una novedad como lo es aisladores rotos flameados o con polución (anexo 4), más el aporta de la información de un índice alto (72%) de falta de un eficiente aterramiento, son las causales de determinar a este alimentador como caso de estudio
- La aplicación del criterio de simulación con su clasificación por códigos nos da como resultado que, el circuito en condiciones reales (A10-100, A12-70, A15-30 y A20-5) no logra disipar hacia tierra la corriente del rayo en sus diferentes magnitudes de amperaje, en el caso que este impacte directamente en la estructura o el sistema de apantallamiento
- De acuerdo con la simulación se te obtiene un eficiente aterramiento con valores menor $\leq 10 \Omega$ e instalados SPT pasando 1 estructura es decir más de 50% del circuito aterrizado al hilo de guarda, logra disipar parcialmente la corriente del rayo hacia tierra independiente mente de las magnitudes citadas en la investigación
- La corrección de problemas como sistemas de puesta a tierra deficiente y el cambio de aisladores a través de los métodos propuesto en manual de mantenimiento de esta investigación (Anexo 2), logra reducir el índice de apertura por fenómeno tipo descargas atmosféricas en un 73% volviendo al sistema de protección contra eventos transitorios más eficiente

RECOMENDACIONES

Realizar planes de mantenimiento constante como máximo cada 5 años evitando que la polución aumente en los aisladores debido a la alta contaminación ambiental y de igual forma realizar mantenimientos y elaboración de sistemas de puesta a tierra como mínimo cada pasando 1 estructura siguiendo el manual de mantenimiento (Anexo 2.)

REFERENCIAS

- [1] E. PETROECUADOR, *Coordinación de protecciones asociadas a campo Libertador (SEIF Lago Agrio*, 2022.
- [2] P. B. Libertador, *Tipos de Estructuras 13,8 kV*, 2013.
- [3] I. C. LTDA., *Inspección Visual, Termográfica y Ultrasónica de la línea de distribución Shuara*, Quito, 2023.
- [4] I. C. LTDA., *Procedimiento en líneas energizadas*, Sangolqui, 2021.
- [5] E. Harper, *Elementos de diseño de subestación eléctrica*, México : Limusa S.A, 2005.
- [6] ATPDraw, «ATPDraw.net,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.atpdraw.net/>. [Último acceso: 30 04 2022].
- [7] S. R. Castaño, *Redes de distribución de energía, Mnizales* : Universidad Nacional de Colombia, 2004.
- [8] P. F. S. Flores, «Repositorio Universidad Politécnica Nacional,» 2019. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17162/1/2016AJIEE-2.pd>. [Último acceso: 12 Diciembre 2022].
- [9] D. R. O. Jaramillo, «Repositorio Universidad de Antioquia,» 2020. [En línea]. Available: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/18589/6/OrtegaDario_2021_MetodoPstaTierra.pdf.. [Último acceso: 28 Mayo 2022].
- [10] S. J. P. Hidalgo, «Repositorio Digital EPN,» Abril 2012. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4633>. [Último acceso: 1 Julio 2023].
- [11] W. M. V. A. y. J. M. R. Serna, «SCIELO,» Febrero 2019. [En línea]. Available: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000100299>. [Último acceso: 12 Julio 2019].
- [12] B. G. C. y. J. L. Bonilla, «SCIELO,» 09 Septiembre 2013. [En línea]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052014000100007&lang=es#f1. [Último acceso: 18 Septiembre 2022].
- [13] L. G. y. L. Jiménez, «SCIELO,» Julio 2006. [En línea]. Available: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212006000300014&lang=e [Último acceso: 19 Septiembre 2022].
- [14] DJI, «DJI technology company,» [En línea]. Available: <https://www.dji.com/global/compan> [Último acceso: 03 Julio 2023].
- [15] Garmin, «Garmin,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.garmin.com/es-ES/p/669215>. [Último acceso: 23 Diciembre 2023].
- [16] INSERCRUZ. CIA.LTDA, «Inspección al alimentador Shuara,» INSERCRUZ, Lago Agrio, 2023.

- [17] Fluke, «Fluke en español,» Enero 2014. [En línea]. Available: <https://www.fluke.com/esmx/producto/comprobacion-electrica/conexion-a-tierra/fluke-1624>. [Último acceso: 18 Agosto 2023].
- [18] P. F. S. Flores, «DISEÑO ÓPTIMO DE APANTALLAMIENTO,» de *MEMORIAS XXVI JORNADAS EN ING. ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA*, 2016, pp. 24-30.
- [19] I. S. td.1410, *Guide for Improving the Lightning Performance of Electric Power Overhead Distribution Lines*, 2004.
- [20] CIGRE, «Lightning Protection of Overhead Lines,» Primera ed., Paris, CIGRE, 2002, pp. 16-20.
- [21] IEC 60071-4, «Insulation co-ordination - Part 4: Computational guide to insulation co-ordination and modelling of electrical networks,» DICIEMBRE 2014. [En línea]. [Último acceso: Agosto 1 2023].
- [22] IEEE Power Engineering Society, «A SIMPLIFIED METHOD FOR ESTIMATING LIGHTNING,» Vols. %1 de %2PAS-104, n° 4, pp. 919-932, 1985.
- [23] A. J. M. J. M. & B. L. Conejo, «Electricity Markets with Increasing Levels of Renewable Generation: Structure, Operation, Agent-Based Modeling, and Emerging Designs,» de *IEEE Transactions on Power Systems*, 2020, pp. 63-72.
- [24] J. W. L. C. Z. & E.-S. E. Liu, «Optimal Power Flow for Sustainable Energy Systems: Challenges, Developments, and Trends,» de *IEEE Transactions on Smart Grid*, 2020, pp. 2521-2537.
- [25] A. Z. A. & W. L. Botterud, «Optimal Power Flow for Systems With Dispersed Energy Storage,» de *IEEE Transactions on Power Systems*, 2021, pp. 934-943.
- [26] A. J. M. J. M. & C. C. A. Conejo, «Real-Time Optimization of Power Systems: Techniques, Applications, and Challenges,» de *IEEE Transactions on Power Systems*, 2021, pp. 2414-2423.
- [27] R. S.-M. S. G. F. D. & A.-L. O. Palma-Behnke, «Ancillary Services for the Integration of Renewable Generation: A Review,» de *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 2018, pp. 1500-1509.
- [28] A. K. D. M. A. & R. R. Brooke, «GAMS: A User's Guide (Version 25.2),» de *GAMS Development Corporation.*, 2017.
- [29] M. & B. S. Grant, «Graph implementations for nonsmooth convex programs. Recent Advances in Learning and Control (a tribute to M. Vidyasagar),» 2015, pp. 95-110.
- [30] IEEE, «FLIPHTML5,» 26 Enero 1997. [En línea]. Available: <https://online.fliphtml5.com/axoh/oosj/#p=1>. [Último acceso: 16 Diciembre 2022].
- [31] Electrotechnik, «ELEK SOFTWARE,» Diciembre 2022. [En línea]. Available: <https://elek.com.au/electricalsoftware/safegrid-earthing/>. [Último acceso: 16 Diciembre 2022].

[32] E. Orbea, «El Estudiante Electromecánico,» 2017. [En línea]. Available: elestudianteelectromecanico.blogspot.com/2015/09/mapa-isoceraunico-del-ecuador.html. [Último acceso: 17 Diciembre 2022].

[33] J. L. Ortiz, «GAMMA,» 15 Abril 2012. [En línea]. Available: <https://www.gamma.com.co/puesta-a-tierrade-lineas-de-transmision/>. [Último acceso: 26 Enero 2023].

ANEXOS

1. EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS



MEDICIONES DE SISTEMAS A TIERRA



ESTADO DE LAS ESTRUCTURAS



ESTADOS DE LOS AISLADORES

2. MANUAL DE MANTENIMIENTOS E INSTALACION DE SISTAMAS A TIERRA

INSTRUCTIVO 1.	INSTRUCTIVO PARA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE SISTEMA PUESTA A TIERRA.	VERSIÓN: 01
Construcción e instalación de sistema puesta a tierra.		
Objetivo:		
Proporcionar las instrucciones, coordinaciones y metodología construcción e instalación de sistema puesta a tierra, aplicando método de trabajo a distancia, aplicando criterios de seguridad garantizando la continuidad y la calidad del servicio.		
Alcance:		
Este instrumento es de aplicación en el trabajo diario como parte de los programas de mejoramiento continuo que inicia con las condiciones pre tarea, post tarea y ejecución operacionales y termina con el informe de finalización de trabajo		

RESPONSABLE	ETAPA DEL PROCESO	DESCRIPCIÓN
EQUIPO DE TRABAJO	EJECUCIÓN y PLANEACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Para cumplir con este instructivo, debe haberse cumplido todas las actividades y normas de seguridad previo a la ejecución, actividades dispuestas en procedimientos de trabajo con tensión
TÉCNICOS	EJECUCIÓN	<p>Construcción de malla tierra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realice la limpieza de la zona eliminando vegetación u otro material en donde se va construir la malla tierra en una superficie plana. • Tomando como referencia la base inferior del poste, marce una línea guía con un flexómetro con medidas de 2m x 2m x 2m para formar una triada. • Cabe una zanga sobre la línea guía a una profundidad mínima de 60cm. • En los vértices de la triada cabe un hueco de aprox. 0,4 a 0,6 m de profundidad. • Clave las varillas copperweld en los huecos de los vértices de la triada, asegúrese de dejar una altura de 5cm de varilla desde el nivel de piso de la zanja. • Rellene los huecos con tierra negra, agua y material de mejoramiento GEM. • Suelde con un molde exotérmico cable-varilla, el cable cobre en las varillas copperweld, y con un molde exotérmico cable-cable suelde las puntas del cable cobre dejando un chicote en el lado del poste. <p>Bajante a tierra.</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Instale una polea en la parte inferior del poste en una posición adecuada y pase el cable aluminio en la polea. • Desde la parte superior del poste descienda un cabo de servicio • En la punta del cabo de la parte inferior amarre un comelón mordaza y sujete el cable aluminio con el comelón mordaza a una distancia de 2 m, el chicote de cable que queda después del comelón mordaza asegúrelo o envuélvalo en el mismo cabo de servicio. • Asegure con estobos en el poste la trayectoria por donde va pasar el cable aluminio para evitar que este se aproxime a la línea energizada. • Asegúrese de tener el equipo, material y herramienta necesario para la conexión del cable en el hilo de guarda, limpie la zona donde va a conectar siempre de la central de generación. • Desde la parte superior del poste jale el cabo de servicio para izar el cable aluminio con ayuda de su compañero en el poste. • Cuando el cable llegue a la parte superior del poste desenvuelva el chicote del cabo de servicio, no saque la mordaza o comelón, y conecte la punta del chicote en la zona antes limpiada. • Deje un laso desde el conector hacia poste y, segure el cable aluminio contra el poste con cinta de acero. • Saque la mordaza o comelón y envíelo abajo, utilice el mismo para jalar el cable aluminio juntamente con un tecele. • Descienda asegurando el cable aluminio contra el poste con cinta de acero Eriband cada 2m. • Conecte el cable aluminio en la malla tierra con conector ranura paralela Cu/Al. • Realice las mediciones con equipos (MEGGER, TELUROMETRO). • Tapar con la zanja una vez culminado la toma de medidas.
TÉCNICOS	EJECUCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las actividades pos-tarea y demás procesos luego de la ejecución establecidos en

el procedimiento para mantenimiento de líneas energizadas

Evidencia Fotográfica



Imagen 1. ZANJA



Imagen 2. CLAVADO DE VARILLA



Imagen 3. SUELDA DE CABLE EN VARILLA



Imagen 5. SUELDA CABLE-VARILLA



Imagen 4. SUELDA CABLE-CABLE



Imagen 6. REGULADO DE CABLE ALUMINIO. Imagen 7. TOMA DE MEDIDAS CON EQUIPO.

INSTRUCTIVO 2.	INSTRUCTIVO PARA MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURA ELÉCTRICA 13.8 KV SIMPLE A1, A2, LIMPIEZA DE AISLADORES TIPO PIN, LIJADO Y PINTADO DE ESTRUCTURA, APLICANDO MÉTODO DE TRABAJO A DISTANCIA.	VERSIÓN: 01
<p>Mantenimiento de estructura eléctrica 13.8 kV simple A1, A2, limpieza de aisladores tipo pin, aisladores de suspensión tipo cadena, lijado y pintado de estructura, instalación de bajante a tierra, aplicando método de trabajo a distancia.</p> <p>Objetivo:</p> <p>Proporcionar las instrucciones, coordinaciones y metodología para mantenimiento de estructura eléctrica 13.8 kV simple A1, A2, limpieza de aisladores tipo pin, aisladores de suspensión tipo cadena, lijado y pintado de estructura, aplicando método de trabajo a distancia, aplicando criterios de seguridad garantizando la continuidad y la calidad del servicio.</p> <p>Alcance:</p> <p>Este instrumento es de aplicación en el trabajo diario como parte de los programas de mejoramiento continuo que inicia con las condiciones pre-tarea, post tarea y ejecución operacionales y termina con el informe de finalización de trabajo.</p>		
RESPONSABLE	ETAPA DEL PROCESO	DESCRIPCIÓN
EQUIPO DE TRABAJO	EJECUCIÓN y PLANEACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Para cumplir con este instructivo, debe haberse cumplido todas las actividades y normas de seguridad previo a la ejecución, actividades dispuestas en procedimientos de trabajo con tensión
		<ul style="list-style-type: none"> • Aproximarse al punto de trabajo • Cubrir las líneas energizadas y elementos que puedan generar un riesgo por diferencia de

TÉCNICOS	EJECUCIÓN	<p>potencial con pértigas aisladas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuando se encuentre en la zona de peligro procure realizar las actividades de manera horizontal evitando provocar movimientos involuntarios, tenga siempre latente las distancias de seguridad. • Humedecer el poste metálico y cruceta metálica para lijar con cepillo y lana de acero • Utilizar pértiga aislada con cepillo de acero para lijar las partes cercanas a elementos con tensión, aprox. 30 cm. • Lave es aislador tipo pin del hilo de guarda con escoba y hurbia. • En caso de una estructura con brazo aislado estanor, humedézcalo y lije ligeramente con lana de acero hasta aprox. 30 cm alejada del elemento con tensión y, lave con abundante agua todo el brazo utilizando pértiga aislada con escoba o hurbia. • Lavar el aislador tipo pin o el aislador de suspensión, de la línea energizada utilizando pértiga aislada con escoba y hurbia. • Verificar que no se forme hilo de agua sobre la pértiga aislada cuando este lavando el aislador tipo pin. • Realizar la misma operación de los 2 últimos pasos en las siguientes fases • Limpiar el poste y la cruceta metálica lijada con agua y tela pañal o tela absorbente. • Realice instalación sistema puesta a tierra • Pinte el poste empezando desde la parte superior, utilice pértiga aislada y brocha aislada con cinta autofundente y cinta aislante para pintar las partes cercanas a elementos con tensión, aprox. 30 cm en la cruceta. • Retirar equipo de segunda zona desde la fase superior hacia la inferior.
TÉCNICOS	EJECUCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las actividades pos-tarea y demás procesos luego de la ejecución establecidos en el procedimiento para mantenimiento de líneas energizadas
Evidencia Fotográfica		



Imagen 9. COLOCACIÓN DE PROTECTORES EN ESTRUCTURA A1.



Imagen 8. COLOCACION DE PROTECTORES EN ESTRUCTURA A2.



Imagen 10. LIJADO DE ESTRUCTURA A1



Imagen 11. LAVADO DE AISLADORES TIPO PIN



Imagen 12. PINTADO DE ESTRUCTURA A1 Y A2

INSTRUCTIVO 3	INSTRUCTIVO PARA MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURA ELÉCTRICA 13.8 KV B1, B2, B3, LIMPIEZA DE AISLADORES DE SUSPENSION TIPO POLIMERO O TIPO CADENA, LIJADO Y PINTADO DE ESTRUCTURA, APLICANDO MÉTODO DE TRABAJO A DISTANCIA.	VERSION: 01
<p align="center">Mantenimiento de estructura eléctrica 13.8 kV B1, B2, B3, limpieza de aisladores de suspensión tipo polímero o tipo cadena, lijado y pintado de estructura, instalación de bajante a tierra, aplicando Método de Trabajo A Distancia.</p> <p align="center">Objetivo:</p> <p>Proporcionar las instrucciones, coordinaciones y metodología mantenimiento de estructura eléctrica 13.8 kV B1, B2, B3, limpieza de aisladores de suspensión tipo polímero o tipo cadena, lijado y pintado de estructura, aplicando Método de Trabajo A Distancia, aplicando criterios de seguridad garantizando la continuidad y la calidad del servicio.</p> <p align="center">Alcance:</p> <p>Este instrumento es de aplicación en el trabajo diario como parte de los programas de mejoramiento continuo que inicia con las condiciones pre-tarea, post tarea y ejecución operacionales y termina con el informe de finalización de trabajo.</p>		
RESPONSABLE	ETAPA DEL PROCESO	DESCRIPCIÓN
		<ul style="list-style-type: none"> • Para cumplir con este instructivo, debe haberse cumplido todas las actividades y normas de seguridad previo a la ejecución, actividades dispuestas en procedimientos de

EQUIPO DE TRABAJO	EJECUCIÓN y PLANEACIÓN	trabajo con tensión
TÉCNICOS	EJECUCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Aproximarse al punto de trabajo • Cubrir las líneas energizadas y elementos que puedan generar un riesgo por diferencia de potencial con pértigas aisladas. • Cuando se encuentre en la zona de peligro procure realizar las actividades de manera horizontal evitando provocar movimientos involuntarios, tenga siempre latente las distancias de seguridad. • Humedecer el poste metálico para lijar con cepillo y lana de acero. • Utilizar pértiga aislada para lavar los aisladores de suspensión tipo polímero o cadena con escoba y hurbia. • Verificar que no se forme hilo de agua sobre la pértiga aislada cuando este lavando el aislador de suspensión. • Limpiar el poste y la cruceta metálica lijada con agua y tela pañal o tela absorbente. • Realice instalación sistema puesta a tierra • Pinte el poste metálico empezando desde la parte superior, Utilice brocha aislada con cinta autofundente y cinta aislante para pintar. • Retirar equipo de segunda zona desde la fase superior hacia la inferior.
TÉCNICOS	EJECUCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las actividades pos-tarea y demás procesos luego de la ejecución establecidos en el procedimiento para mantenimiento de líneas energizadas

Evidencia Fotográfica



Imagen 14. REALICE LA ACTIVIDAD DE MANERA HORIZONTAL.



Imagen 13. COLOCACION DE PROTECCIONES CON PERTIGA ESTRUCTURA B2.



Imagen 16. MANERA DE PROTECCION EN ELEMENTOS CON TENSION EN ESTRUCTURA B3



Imagen 15. REALICE LAS ACTIVIDADES GUARDANDO DISTANCIA DE SEGURIDAD ESTRUCTURA B3.

INSTRUCTIVO 4	INSTRUCTIVO PARA MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURA ELÉCTRICA 13.8 KV DOBLE C8, C8/S, LIMPIEZA DE AISLADORES DE SUSPENSIÓN TIPO POLÍMERO O TIPO CADENA, AISLADORES TIPO PIN, AISLADORES LINE-POST, LIJADO Y PINTADO DE ESTRUCTURA, APLICANDO MÉTODO DE TRABAJO A DISTANCIA.	VERSION: 01
<p align="center">Mantenimiento de estructura eléctrica 13.8 kV doble C8, C8/S, limpieza de aisladores de suspensión tipo polímero o tipo cadena, aisladores tipo pin, aisladores line-post, lijado y pintado de estructura, instalación de bajante a tierra, aplicando Método de Trabajo a Distancia.</p> <p align="center">Objetivo:</p> <p>Proporcionar las instrucciones, coordinaciones y metodología mantenimiento de estructura eléctrica 13.8 kV doble C8, C8/S, limpieza de aisladores de suspensión tipo polímero o tipo cadena, aisladores tipo pin, aisladores line-post, lijado y pintado de estructura, aplicando método de trabajo a distancia, aplicando criterios de seguridad garantizando la continuidad y la calidad del servicio.</p> <p align="center">Alcance:</p> <p>Este instrumento es de aplicación en el trabajo diario como parte de los programas de mejoramiento continuo que inicia con las condiciones pre-tarea, post tarea y ejecución operacionales y termina con el informe de finalización de trabajo.</p>		
RESPONSABLE	ETAPA DEL PROCESO	DESCRIPCIÓN
EQUIPO DE TRABAJO	EJECUCIÓN y PLANEACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Para cumplir con este instructivo, debe haberse cumplido todas las actividades y normas de seguridad previo a la ejecución, actividades dispuestas en procedimientos de trabajo con tensión
TÉCNICOS	EJECUCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Aproximarse al punto de trabajo • Cubrir las líneas energizadas, puentes y elementos que puedan generar un riesgo por diferencia de potencial con pértigas aisladas. • Con la pértiga de gatillo retráctil enganche en el lazo, aléjelo y amarre la pértiga aislada con un estrobo en una parte fija, del lado de donde usted vaya a ascender a la parte superior de la cruceta. En el caso de la estructura C8. • Cuando se encuentre en la zona de peligro procure realizar las actividades de manera horizontal evitando provocar movimientos involuntarios, tenga siempre latente las distancias de seguridad. • Para ascender a la parte superior de la cruceta entre, el aislador de suspensión y la cruceta

		<p>realice acciones seguras juntamente con la ayuda de su compañero para sacar y colocar la faja de posicionamiento, sacar y ubicar las trepadoras en pociones donde a usted le dificulte. Mantenga la distancia segura al momento de realizar el ascenso. Esto aplica para estructura C8 y C8/S.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedecer el poste y la cruceta metálica para lijar con cepillo y lana de acero. • Utilizar pértiga aislada con cepillo de acero para lijar las partes cercanas a elementos con tensión, aprox. 30 cm. • Lave los aisladores de suspensión tipo polímero o cadena, aislador tipo pin, con escoba y hurbia utilizando pértiga aislada. • Lave los seccionadores, aisladores tipo pin o aisladores line-post, con escoba y hurbia utilizando pértiga aislada, en caso de estructura C8/S. • Verificar que no se forme hilo de agua sobre la pértiga aislada cuando este lavando el aislador de suspensión y seccionadores. • Limpiar el poste y la cruceta metálica lijada con agua y tela pañal o tela absorbente. • Realice instalación sistema puesta a tierra • Pinte el poste empezando desde la parte superior, utilice pértiga aislada y brocha aislada con cinta autofundente y cinta aislante para pintar las partes cercanas a elementos con tensión, aprox. 30 cm en la cruceta. • Retirar equipo de segunda zona desde la fase superior hacia la inferior.
TÉCNICOS	EJECUCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las actividades pos-tarea y demás procesos luego de la ejecución establecidos en el procedimiento para mantenimiento de líneas energizadas

Evidencia Fotográfica



Imagen 17. COLOCACIÓN DE PROTECCIONES



Imagen 19. ASCENSO A LA PARTE SUPERIOR DE LA CRUCETA.



Imagen 18. ALEJAMIENTO DE LAZO CON PÉRTIGA.



Imagen 20. LIJADO DE POSTE Y CRUCETA METALICA.



Imagen 21. LAVADO DE AISLADORES SE SUSPENSION.



Imagen 22. LAVADO DE SECCIONADORES Y AISLADORES LINE-POST.



Imagen 23. PINTADO DE POSTE Y CRUCETA.

3. Data de investigación

N°	CÓDIGO	TIPO	SPT	MEDIDAS W	ANOMALÍA	NOTA
1	2SCYSHA-3	B2	SI	7	contaminado	ARRANQUE
2	2SCYSHA-4	B2	SI	5	contaminado	
3	2SCYSHA-5	B2	SI	2	deteriorado	
4	2SCYSHA-6	A1	NO	350	flameado	
5	2SCYSHA-7	A1	NO	303	deteriorado	
6	2SCYSHA-8	C8	NO	346	deteriorado	
7	2SCYSHA-9	C8	NO	338	flameado	
8	2SCYSHA-10	A1	NO	346	deteriorado	
9	2SCYSHA-11	C8	NO	354	deteriorado	
10	2SCYSHA-12	C8	NO	322	deteriorado	
11	2SCYSHA-13	A1	SI	90	deteriorado	
12	2SCYSHA-14	A1	NO	332	contaminado	
13	2SCYSHA-15	A1	NO	346	flameado	
14	2SCYSHA-16	C8/S	NO	256	deteriorado	
15	2SHASHA-17	A1	SI	8	deteriorado	
16	2SHASHA-18	A1	NO	323	deteriorado	
17	2SHASHA-19	C8	NO	312	deteriorado	
18	2SHASHA-20	B2	NO	319	deteriorado	
19	2SHASHA-21	A1	NO	314	flameado	
20	2SHASHA-22	B2	NO	326	contaminado	
21	2SHASHA-23	B2	NO	333	contaminado	
22	2SHASHA-24	A1	NO	339	contaminado	
23	2SHASHA-25	A1	NO	313	contaminado	
24	2SHASHA-26	A1	NO	315	contaminado	
25	2SHASHA-27	C8	SI	9	contaminado	
26	2SHASHA-28	H/C8	NO	332	contaminado	DERIVACION
27	2SHASHA-29	H	SI	3	contaminado	
28	2SHASHA-30	A1	NO	315	contaminado	
29	2SHASHA-31	A1	NO	321	contaminado	
30	2SHASHA-32	A1	NO	314	contaminado	
31	2SHASHA-33	B1	NO	314	flameado	
32	2SHASHA-34	B3	NO	321	deteriorado	
33	2SHASHA-35	A1	NO	315	deteriorado	
34	2SHASHA-36	C8	NO	314	deteriorado	

35	2SHASHA-37	A1	NO	320	deteriorado	
36	2SHASHA-38	A1	NO	313	contaminado	
37	2SHASHA-39	B2	NO	313	contaminado	
38	2SHASHA-40	A2	SI	3	deteriorado	
39	2SHASHA-41	H	NO	336	flameado	
40	2SHASHA-42	H	NO	316	contaminado	
41	2SHASHA-43	A1	NO	302	contaminado	
42	2SHASHA-44	A1	NO	330	contaminado	
43	2SHASHA-45	H	NO	332	contaminado	
44	2SHASHA-46	C8/C8	NO	307	deteriorado	DERIVACION
45	2SHASHA-47	C8	NO	309	deteriorado	
46	2SHASHA-48	H	SI	3	deteriorado	
47	2SHASHA-49	A1	NO	300	deteriorado	
48	2SHASHA-50	H	SI	4	deteriorado	
49	2SHASHA-51	C8	SI	3	deteriorado	
50	2SHASHA-52	B3	NO	285	flameado	
51	2SHASHA-53	A1	NO	283	contaminado	
52	2SHASHA-54	B2	SI	6	deteriorado	
53	2SHASHA-55	A1	NO	285	contaminado	
54	2SHASHA-56	B2	NO	288	contaminado	
55	2SHASHA-57	C8	SI	5	contaminado	
56	2SHASHA-58	A1	NO	292	deteriorado	
57	2SHASHA-59	C8	SI	5	deteriorado	
58	2SHASHA-60	B2	NO	288	deteriorado	
59	2SHASHA-61	C8	NO	301	contaminado	
60	2SHASHA-62	B3	NO	283	flameado	
61	2SHASHA-63	A1	SI	3	deteriorado	
62	2SHASHA-64	A1	NO	306	flameado	
63	2SHASHA-65	A1	NO	326	deteriorado	
64	2SHASHA-66	A1	NO	313	flameado	
65	2SHASHA-67	H	SI	3	flameado	
66	2SHASHA-68	A1	NO	288	flameado	
67	2SHASHA-69	A1	SI	4	flameado	
68	2SHASHA-70	A1	NO	266	flameado	
69	2SHASHA-71	B2	NO	253	deteriorado	
70	2SHASHA-72	A1	NO	272	deteriorado	

71	2SHASHA-73	A1/C8	NO	277	flameado	
72	2SHASHA-74	A1	NO	281	flameado	
73	2SHASHA-75	A1	SI	3	flameado	
74	2SHASHA-76	A1	NO	293	flameado	
75	2SHASHA-77	A1	NO	299	flameado	
76	2SHASHA-78	A1	NO	296	deteriorado	
77	2SHASHA-79	A1	NO	297	deteriorado	
79	2SHASHA-81	A1	NO	295	flameado	
80	2SHASHA-82	B2	NO	303	flameado	
81	2SHASHA-83	A1/C8	SI	5	deteriorado	
82	2SHASHA-84	C8	SI	6	contaminado	
83	2SHASHA-85	H/S	SI	6	contaminado	
84	2SHASHA-86	A1/C8	NO	294	contaminado	
85	2SHASHA-87	B2	NO	290	deteriorado	
86	2SHASHA-88	A1	NO	286	contaminado	
87	2SHASHA-89	A1	NO	292	contaminado	
88	2SHASHA-90	A1	NO	301	contaminado	
89	2SHASHA-91	A1	NO	299	deteriorado	
90	2SHASHA-92	A1	NO	306	deteriorado	
91	2SHASHA-93	A1	NO	312	deteriorado	
92	2SHASHA-94	A1	NO	316	deteriorado	
93	2SHASHA-95	B2	NO	309	deteriorado	
94	2SHASHA-96	A1	NO	311	deteriorado	
95	2SHASHA-97	A1/C8	SI	4	contaminado	
96	2SHASHA-98	B2	NO	318	contaminado	
97	2SHASHA-99	A1/S	SI	6	deteriorado	
98	2SHASHA-100	A1	NO	306	deteriorado	
99	2SHASHA-101	A1	SI	6	deteriorado	
100	2SHASHA-102	A1	NO	323	deteriorado	
101	2SHASHA-103	B2	SI	3	contaminado	
102	2SHASHA-104	A1	SI	3	contaminado	
103	2SHASHA-105	A1	NO	302	flameado	
104	2SHASHA-106	B2	SI	4	deteriorado	
105	2SHASHA-107	A1/C8	SI	3	deteriorado	
106	2SHASHA-107-1	A1	NO	322	flameado	
107	2SHASHA-107-2	B3	SI	3	deteriorado	

108	2SHASHA-107-3	C8S	NO	283	deteriorado	AISLADORES ANSI 55-5
109	2SCYSHA-86-1	C8/S	SI	6	deteriorado	
110	2SCYSHA-86-2	C8	NO	225	deteriorado	
111	2SCYSHA-86-3	B2	NO	246	flameado	
112	2SCYSHA-86-4	A1	NO	253	deteriorado	AISLADORES ANSI 55-5
113	2SCYSHA-86-5	A1	NO	229	flameado	
114	2SCYSHA-86-6	A1	NO	230	deteriorado	
115	2SCYSHA-86-7	B2	NO	226	deteriorado	
116	2SCYSHA-86-8	C8/S	NO	231	deteriorado	
117	2SCYSHA-86-9	B2	NO	242	deteriorado	
118	2SCYSHA-86-10	C8	NO	240	deteriorado	
119	2SCYSHA-86-11	A1	NO	244	deteriorado	
120	2SCYSHA-86-12	A1	NO	244	deteriorado	
121	2SCYSHA-86-13	B2	NO	248	flameado	
122	2SCYSHA-86-14	B2	NO	252	deteriorado	
123	2SCYSHA-86-15	C8	SI	26	deteriorado	
124	2SCYSHA-86-16	B2	NO	323	deteriorado	
125	2SCYSHA-86-17	C8/C8	NO	242	deteriorado	
126	2SCYSHA-86-18	C8/C8	NO	239	deteriorado	
127	2SCYSHA-86-19	B2	NO	237	deteriorado	
128	2SCYSHA-86-20	A1	NO	242	deteriorado	
129	2SCYSHA-86-21	B2	NO	237	contaminado	
130	2SCYSHA-86-22	B2	NO	240	flameado	AISLADOR ANSI DS-15
131	2SCYSHA-86-23	A2	SI	18	flameado	
132	2SCYSHA-86-24	H	NO	257	deteriorado	
133	2SCYSHA-86-25	H	NO	253	deteriorado	
134	2SCYSHA-86-26	B2	NO	248	deteriorado	
135	2SCYSHA-86-27	B2	NO	129	deteriorado	
136	2SCYSHA-86-28	DOBLEC8	SI	5	contaminado	

4. Informe de inspección visual

El siguiente informe consta con fotografía evidenciales del estado de los elementos eléctricos que conforma el circuito por medio de la inspección aérea