UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS

Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANÁLISIS DE LOS EFECTOS QUE PRODUCE LA VEGETACIÓN QUE CRECE EN LA RED AÉREA DE BAJA TENSIÓN EN LA CIUDAD DE LOJA

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECÁNICO

AUTOR: Juan Antonio Merino Michay.

DIRECTOR: Ing. Iván Coronel Villavicencio, Mg. Sc.

LOJA - ECUADOR

2021

CERTIFICACIÓN

Ing. Iván Coronel Villavicencio, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación denominado **"ANÁLISIS DE LOS EFECTOS QUE PRODUCE LA VEGETACIÓN QUE CRECE EN LA RED AÉREA DE BAJA TENSIÓN EN LA CIUDAD DE LOJA"**, previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, realizado por el egresado: Juan Antonio Merino Michay, la misma que cumple con la reglamentación, y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, 12 de marzo de 2020

Ing. Iván Coronel Villavicencio, Mg. Sc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TESIS

AUTORÍA

Yo, **JUAN ANTONIO MERINO MICHAY**, declaro ser el autor del presente trabajo de tesis previo a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, denominado **"ANÁLISIS DE LOS EFECTOS QUE PRODUCE LA VEGETACIÓN QUE CRECE EN LA RED AÉREA DE BAJA TENSIÓN EN LA CIUDAD DE LOJA"**, y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional- Biblioteca Virtual.

Autor: Juan Antonio Merino Michay

f)

Firma: Juan Antonio Merino Michay
C.I.0923609051

Cédula: 0990278516

Fecha: Loja, 17 de mayo de 2021.

CARTA DE AUTORIZACIÓN

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, **JUAN ANTONIO MERINO MICHAY**, declaro ser el autor de la tesis titulada **"ANÁLISIS DE LOS EFECTOS QUE PRODUCE LA VEGETACIÓN QUE CRECE EN LA RED AÉREA DE BAJA TENSIÓN EN LA CIUDAD DE LOJA"**, como requisito para optar por el grado de **INGENIERO ELECTROMECÁNICO**; autorizo al Sistema de Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que con fines académicos, muestren al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido, de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar su contenido, de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con la cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de una autorización, en la ciudad de Loja, a los dieciocho días del mes de mayo del dos mil veintiunos.

Firma: f) Juan Antonio Merino Michay C.I. 0923609051

Autor: Juan Antonio Merino Michay **Cédula:** 0923609051 **Teléfono:** 0990278516

Dirección: - La Banda **Correo Electrónico:** - jamerinom@unl.edu.ec

DATOS COMPLEMENTARIOS:

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio, Mg.Sc.

TRIBUNAL DE GRADO: Ing. Jorge Patricio Muñoz Vizhñan, Mg.Sc.

Ing. Carlos Raúl Barreto Calle, Mg.Sc.

BQ. Paola Maribel Castillo Veintimilla, Mg.Sc.

DEDICATORIA

A mis padres por haber hecho de mí una persona de bien, a mis hermanos por compartir los buenos y malos momentos.

Juan Merino

AGRADECIMIENTO

A los docentes que formaron parte de mi formación académica, de manera especial, agradezco al Ing. Iván Coronel Villavicencio, por la motivación y tiempo brindado para la culminación de este trabajo investigativo.

CONTENIDO

CERTIFICACIÓN I

AUTORÍA II

CARTA DE AUTORIZACIÓN III

DEDICATORIA IV

AGRADECIMIENTO V

CONTENIDO VI

ÍNDICE DE TABLAS IX

ÍNDICE DE FIGURAS XI

1. TEMA 1

2. RESUMEN 2

ABSTRACT 3

3. INTRODUCCIÓN 4

4. REVISIÓN DE LITERATURA 6

4.1. Energía Eléctrica en la Ciudad de Loja 6

4.2. Sistemas de Distribución Eléctrica 6

4.3. Líneas Aéreas Eléctricas 8

4.3.1. Líneas aéreas eléctricas de media y baja tensión. 9

4.4. Impacto Ambiental en las Líneas e Infraestructuras Eléctricas 11

4.4.1. Impactos ambientales potenciales 12

4.4.2. Control de la vegetación en los derechos de vía 12

4.4.3. Riesgos para la salud y la seguridad 12

4.4.4. Desarrollo inducido 13

4.4.5. Monitorización de las líneas de tendido eléctrico. 13

4.5. Aspectos ambientales que afectan a los sistemas de distribución aéreos. 13

4.6. Tipos de vegetación que crecen sobre las líneas de distribución de baja tensión producidas por los tipos de climas en la ciudad de Loja. 14

4.6.1. Tillandsia Recurvata 14

4.6.2 Tillandsia Usneoides 15

4.6.3 Tillandsia Straminea 16

4.7 Regulación Arconel 005/18 16

4.7.1. Aspectos generales 16

4.7.2. Atributos de calidad 21

4.7.3. Calidad de producto 22

4.7.4. Medición de la calidad de producto 27

5. MATERIALES Y MÉTODOS 32

5.1. Materiales 32

5.1.1 Hardware utilizado. 32

5.1.2 Software utilizado. 33

5.2. Métodos 34

5.2.1 Método investigativo. 34

5.2.2 Método de observación. 34

5.2.3 Método científico. 35

5.3 Metodología 35

5.3.1 Identificar la vegetación predominante que crece en las redes aéreas de baja tensión en la ciudad de Loja. 35

5.3.2 Determinar los efectos que produce la vegetación en los parámetros eléctricos en las redes aéreas de baja tensión. 36

5.3.3 Analizar los efectos que produce la vegetación en los parámetros mecánicos en las redes aéreas de baja tensión. 66

6. RESULTADOS 68

6.1 Efectos que produce la vegetación en los parámetros eléctricos en las redes aéreas de baja tensión. 68

6.1.1 Pruebas eléctricas en el transformador con vegetación 68

6.1.2 Pruebas eléctricas en el transformador sin vegetación 70

6.2 Efectos que produce la vegetación en los parámetros mecánicos en las redes aéreas de baja tensión. 72

6.2.1 Resistencia de materiales. 73

6.2.2. Resistencia Mecánica a la Tracción 74

6.2.3. Resistencia Eléctrica 75

6.2.4. Ensayos 75

7. DISCUSIÓN 80

8. CONCLUSIONES 81

9. RECOMENDACIONES 82

10. BIBLIOGRAFÍA 83

ANEXOS I. ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO FLUKE 1744 86

ANEXO II. MEDICIÓN Y FUNCIONES - FLYKE 1744 88

ANEXO III. PARÁMETROS APLICADOS PARA REALIZAR LAS MEDICIONES 91

ANEXOS IV. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL EQUIPO UTILIZADO. 93

ANEXOS V. ESTUDIO MORFOLÓGICO DE ESPECIES VEGETALES 94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites para el índice de nivel de voltaje 23
Tabla 2: Límites máximos de armónicos de voltaje (% del voltaje nominal) 25
Tabla 3: Muestra para evaluar la calidad de producto. 28
Tabla 4. Características de los equipos Fluke de la serie 1740. 37
Tabla 5. Características generales de los dos transformadores a medir. 40
Tabla 6. Eventos que se produjeron en L1 y L2. 43
Tabla 7. Incremento y caídas súbitas de tensión. 43
Tabla 8. Nivel de voltaje en la fase A 44
Tabla 9. Niveles de perturbaciones. 44
Tabla 10. Factor de potencia 45
Tabla 11. Distorsión de armónicos. 46
Tabla 12: Armónicos individuales (Impares multiplos de 3). 47
Tabla 13: Eventos que se produjeron en L1 y L2 49
Tabla 14: Incrementos de tensión, caídas súbitas de tensión e interrupciones. Fuente el autor (2019). 49
Tabla 15. Niveles de tensión. 50
Tabla 16: Niveles de perturbaciones (Flickers). 50
Tabla 17: Factor de potencia. 51
Tabla 18: Distrosión de armónicos. 52
Tabla 19: Armónicos individuales (Impares múltiplos de 3). 53
Tabla 20: Eventos que se produjeron en la L1 y L2, transformador sin vegetación. 55
Tabla 21: Incrementos de tensión, caídas súbitas de tensión e interrupciones. 55
Tabla 22: Niveles de tensión. 56
Tabla 23: Niveles de perturbaciones (Flickers). 56
Tabla 24: Factor de potencia. 58
Tabla 25: Distorsión de armónicos. 58
Tabla 26: Armónicos individuales (Impares múltiplos de 3). 59
Tabla 27: Eventos que se produjeron en L1 y L2. 61
Tabla 28: Incrementos de tensión, caidas spubitas de tensión e interrupciones. 61
Tabla 29: Niveles de tensión. 62
Tabla 30: Niveles de perturbaciones (Flickers). 62
Tabla 31: Factor de potencia. 63
Tabla 32: Distrosión de armónicos. 64

Tabla 33: Armónicos individuales (Impares múltiplos de 3). 65
Tabla 34. Tabla comparativa de mediciones del mes de febrero. 67
Tabla 35. Características generales del transformador con vegetación a medir. 69
Tabla 36. Características generales del transformador sin vegetación a medir. 71
Tabla 37. Conductores de Aluminio Desnudos con Alma de Acero (ACSR)..... 73
Tabla 38: Resistencia mecánica mínima de los coconductores 74
Tabla 39: Resistencia eléctrica mínima de los cconductores. 75
Tabla 40: Diámetro de los alambres de aluminio y acero. 77
Tabla 41: Pesos del mismo conductor para ensayo. 79

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Sistemas de distribución eléctrica para vivienda. 7
Figura 2. Redes de distribución en baja tensión en Loja. 9
Figura 3. Líneas aéreas de media y baja tensión 11
Figura 4. *Tillandsia recurvata* 15
Figura 5. *Tillandsia usneoides*. 15
Figura 6. *Tillandsia straminea* 16
Figura 7. Equipo de Medición 33
Figura 8. Interfaz del Software PQ Log. 34
Figura 9. Visualización de especies (fase de campo), Sector Nueva Granada. - Av. 8 de Diciembre 36
Figura 10. Esquema general de conexión para las mediciones 38
Figura 11. Conexión del Fluke 1744 al transformador. 39
Figura 12. Poste ubicado en la calle Ramón Pinto entre Azuay y Alonso de Mercadillo 40
Figura 13. Tendido eléctrico en el sector Zalapa. 41
Figura 14. Diagrama de barras indicativo de medidas de parámetros 42
Figura 15. Diagrama de barras indicativo de medidas de parámetros 45
Figura 16. Puntos máximos y mínimos de alcance de Flickers fase B 51
Figura 17. Puntos máximos y mínimos de alcance de Flickers, transformador sin vegetación. 57
Figura 18. Puntos máximos y mínimos de alcance de Flickers. 63
Figura 19. Poste con tendido eléctrico con vegetación. 70
Figura 20. Poste con tendido eléctrico sin vegetación. 71
Figura 21. Gráfico comparativo de parámetros eléctricos entre los dos transformadores. 72
Figura 22. Comparativo de la resistencia del cable 78

1. TEMA

ANÁLISIS DE LOS EFECTOS QUE PRODUCE LA VEGETACIÓN QUE CRECE EN LA RED AÉREA DE BAJA TENSIÓN EN LA CIUDAD DE LOJA.

2. RESUMEN

El presente trabajo de titulación está encaminado al análisis de los efectos que produce la vegetación que crece en la red aérea de baja tensión en la ciudad de Loja. La observación de la misma permitió conocer la realidad mediante la percepción directa de los objetos y fenómenos que yacen en las redes de distribución.

Se procedió a realizar las mediciones correspondientes en la parroquia Carigán en el sector de Zalapa de la ciudad de Loja, de las redes de distribución eléctricas de baja tensión, con el fin de detectar los problemas eléctricos y mecánicos en las redes, monitoreando los meses de diciembre y enero, las cuales fueron 95% similares y febrero el cual se pudo identificar que presentaba mayor problema, se procedió al muestreo con vegetación y sin vegetación.

Fundamental para el desarrollo de la investigación, se necesitó del equipo FLUKE 1744 el cual ayudo a compilar información sobre parámetros de medición de voltaje, intensidad y desbalance de carga y tensión necesarios para esta investigación.

Por último, se realizó un análisis técnico económico de todos los materiales a utilizarse para determinar los problemas de las redes eléctricas de baja tensión.

Palabras clave: Vegetación en red aérea, red aérea de baja tensión, redes eléctricas, seguridad de redes, energía eléctrica.

ABSTRACT

The present work of titling is aimed at the analysis of the effects produced by the vegetation that grows in the low voltage aerial network in the city of Loja.

The present titling work is aimed at analyzing the effects of the vegetation that grows in the low-tension air network in the city of Loja.

The corresponding measurements were carried out in the Carigán parish in the Zalapa sector of the city of Loja, of the low voltage electrical distribution networks, in order to detect the electrical and mechanical problems in the networks, monitoring since the months from December, January, which were 95% similar and February which could be identified as presenting a greater problem, the vegetation and without vegetation were sampled.

Critical to the research development, the FLUKE 1744 team was needed, which helped to compile information on voltage, intensity and load imbalance measurement parameters necessary for this investigation.

Finally, an economical technical analysis of all materials to be used to determine problems with low-voltage power grids was performed.

Key words: overhead network vegetation, low voltage overhead network, electrical networks, network security, electrical energy.

3. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es un producto, que se utiliza en la mayoría de equipos eléctricos, para que funcionen correctamente es necesario que la tensión provista esté dentro de un determinado intervalo del valor nominal. Una importante parte de los equipos que se utilizan actualmente, especialmente los dispositivos electrónicos y ordenadores, requieren una buena calidad de la energía; sin embargo, con frecuencia, estos mismos equipos causan una distorsión en la tensión que alimenta a la instalación, debido a sus características no lineales, por lo que, mantener una calidad de energía satisfactoria es una responsabilidad conjunta del proveedor y del usuario de la electricidad.

Para el usuario, lo importante es la calidad de energía disponible para sus equipos; sin embargo, el correcto funcionamiento de dichos equipos exige que el nivel de las perturbaciones electromagnéticas que llegue a ellos se mantenga por debajo de ciertos límites. Los equipos se pueden ver afectados por perturbaciones que procedan del suministro o de otros equipos presentes en la instalación, así como los propios equipos pueden afectar a la calidad de suministro.

La calidad de energía es la ausencia de interrupciones, sobretensiones, caídas de tensión, deformaciones producidas por armónicos en la red y variaciones de voltaje en la señal eléctrica suministrada al usuario. Esta calidad de energía se ha visto afectada por el incremento del número de cargas sensibles en los sistemas eléctricos, las mismas que son las llamadas cargas perturbadoras, de características normalmente no lineales. A pesar del vertiginoso avance de la electrónica en las últimas décadas, la ciencia y la tecnología modernas no han logrado diseñar y construir equipos y dispositivos electrónicos que sean compatibles electromagnéticamente, es decir, que tengan la capacidad de operar satisfactoriamente dentro de un ambiente electromagnético. Operar satisfactoriamente significa no interferir en otros equipos o dispositivos eléctricos o electrónicos y, en caso de ser interferido, no se degraden o fallen.

Según la estructura del proyecto, en el inciso (4) se indica el marco de referencia de la energía eléctrica en la ciudad de Loja, la vegetación en las líneas de distribución, su impacto ambiental y el ente regulatorio; el inciso (5) trata de materiales y métodos donde se describirá el cumplimiento de los objetivos, en el inciso (6) se muestran los resultados, en el (7) la discusión, las 6

conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos, se indican en los incisos 8, 9, 10, 11 respectivamente.

Con estos antecedentes, los objetivos en este trabajo de titulación son:

Objetivo general

- Analizar los efectos que produce la vegetación que crece en la red aérea de baja tensión en la ciudad de Loja.

Objetivos específicos

- Identificar la vegetación predominante que crece en las redes de baja tensión en la ciudad de Loja.
- Determinar los efectos que produce la vegetación en los parámetros eléctricos en las redes de baja tensión.
- Analizar los efectos que produce la vegetación en los parámetros mecánicos en las redes de baja tensión.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Energía Eléctrica en la Ciudad de Loja

La generación de energía eléctrica en Suramérica como servicio público empezó por el año 1886 en Perú en la ciudad de Lima, luego en Buenos Aires (Argentina) en el periodo 1892-1929

En cuanto a Ecuador la empresa eléctrica Luz y Fuerza, hoy Regional del Sur construyó su primera planta de energía eléctrica en el año 1897 en la ciudad de Loja.

La ciudad de Loja fue la primera del país y la tercera en Latinoamérica con servicio eléctrico (EERSSA, 2018).

Las instalaciones se encontraban en la parte Norte de la ciudad de Loja en la cuenca del Río Zamora, a la altura del actual Centro de Rehabilitación Social, con dos turbinas hidráulicas la producción de ambas era de 24 kilovatios.

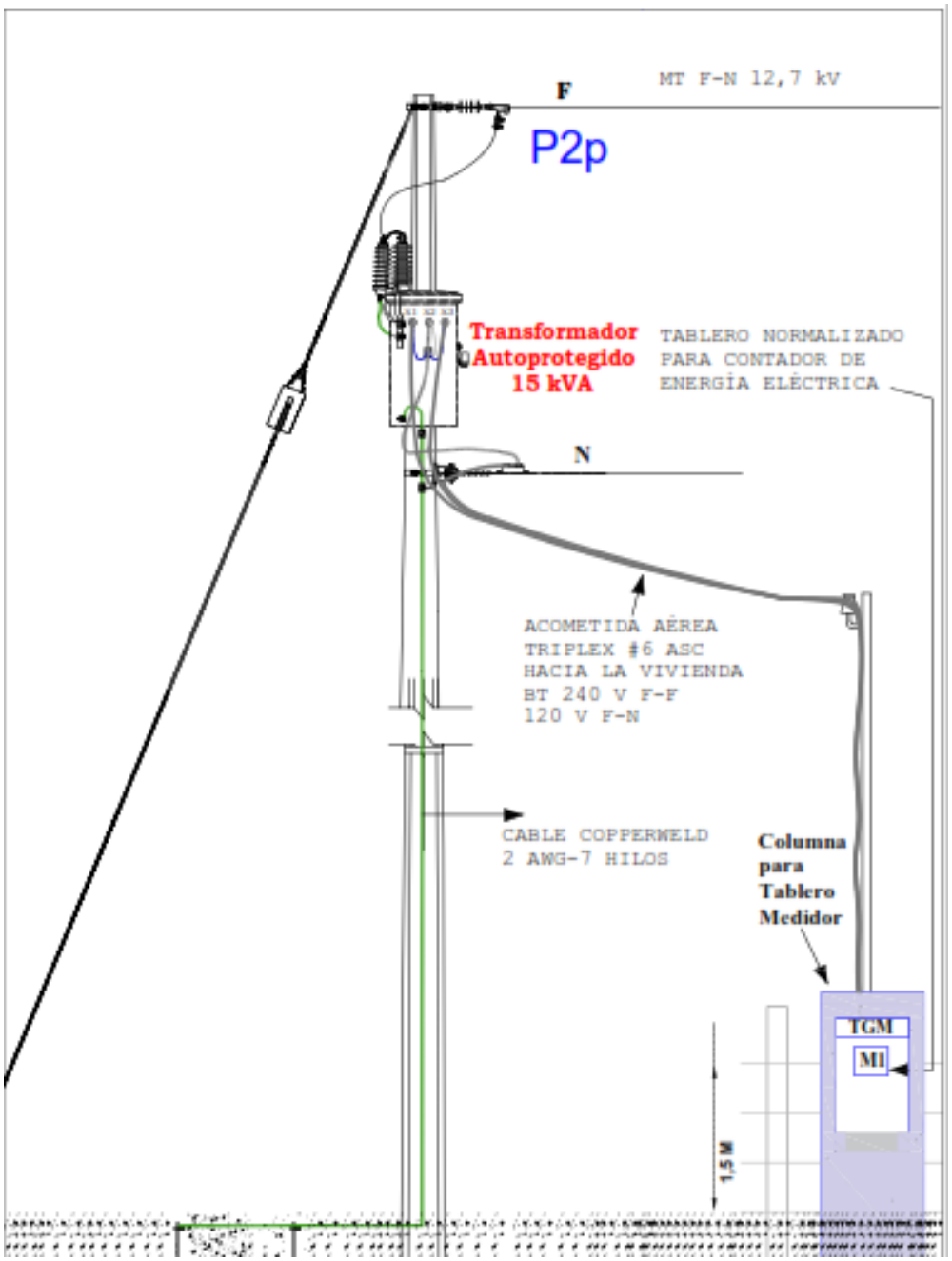
Esta empresa se convertirá a partir del 19 de marzo de 1973 en la Empresa Regional del Sur S.A (EERSSA), que actualmente brinda su servicio en las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y el cantón Gualaquiza de Morona Santiago.

4.2. Sistemas de Distribución Eléctrica

Estructura del sistema de potencia, en la industria de producción de energía eléctrica, la energía producida en las estaciones de generación es trasmitida por las líneas de alta tensión en grandes bloques en las áreas de consumo,

Es necesario distribuirla efectuando varios pasos de transformación, como se puede observar en la Figura 1.

Figura 1. *Sistemas de distribución eléctrica para vivienda.*



Fuente: Juárez, 1995

Juárez (1995) manifiesta que las líneas de subtransmisión presentan cargas grandes entre 50 y 100 MVA, con voltajes entre 30 y 115 kV., luego el voltaje es reducido por una subestación eléctrica de 5 a 15kV, de igual manera la carga se reduca entre 500 y 5000 kVA, el último paso es distribuir la energía.

La distribución de energía presenta variantes, entre estas se señalan:

- En las líneas de subtransmisión puede o no existir un nivel de voltaje.
- Existe la posibilidad de generación local en el área de consumo que inyecta energía en uno cualquiera de los sistemas descritos: subtransmisión o líneas primarias.

Los sistemas de distribución tienen una característica principal que consiste en poseer un gran número de elementos que manejan bloques de cargas pequeñas, hasta el extremo de los servicios residenciales que su consumo no supera a los kVA (Juárez, 1995).

EL sistema de potencia posee una estructura de árbol, donde el sistema de distribución conforma las ramificaciones finales (numerosas y de menor tamaño).

El costo del sistema de distribución suele llegar al 40% o 50% del costo del sistema de potencia, por el hecho de poseer pequeños elementos, pero en gran cantidad.

Aunque a su ves esto suele aumentar el tiempo de proceso de fabricación de los diferentes elementos que se van a utilizar en el sistema de distribución.

En la etapa de generación y transmisión las cargas son predecibles al tener una potencia considerable, sin embargo, en el sistema de distribución estás son impredecibles cuanto más de menor magnitud estas sean.

4.3. Líneas Aéreas Eléctricas

Corresponde al grupo de cables conductores que se encuentran en el aire a montados sobre postes a cierta altura del suelo (véase la Figura 2), con los aisladores necesarios entre los conductores y tierra.

Figura 2. Redes de distribución en baja tensión en Loja.

Fuente: El Autor

Las líneas eléctricas aéreas son la infraestructura utilizada para la transmisión y la distribución de energía eléctrica en distancias considerables. Consiste en varios conductores suspendidos por postes o torres, estructura que depende del peso del cable. Debido a que la mayor parte del aislamiento es otorgado por el aire, las líneas aéreas de alta tensión son el método más barato de transmisión de energía a grandes distancias (García Trasancos, p.69).

Como se mencionó en el anterior párrafo la estructura para suspender el cable depende del peso, es así, las torres de soporte de las líneas eléctricas de baja y media tensión están hechas de hormigón y para alta tensión son estructuras reticulares de acero, las líneas aéreas se usan para voltajes superiores a los 765.000 voltios (765kV) entre conductores (García Trasancos, p.69).

Para el caso de la red subterránea de la zona centro histórico de la ciudad de Loja, los cables están colocados dentro de tubería de policloruro de vinilo (PVC), de diámetro de 2, 3 y 4 pulgadas según sea el caso. (EERSSA, 2012)

4.3.1. Líneas aéreas eléctricas de media y baja tensión.

Las líneas de media y baja tensión proveen de energía eléctrica tanto a industrias como edificios, sectores comerciales y residenciales.

De igual manera alimentan a los transformadores de distribución del cual parten las líneas secundarias con tensión más reducidas, estas redes otorgan energía eléctrica a los pequeños

consumidores residenciales, edificios, oficinas, industrias pequeñas, etc., los cuales pueden ser aéreos o subterráneos.

El material del tendido aéreo son conductores desnudos de aluminio, y en alimentadores subterráneos se utiliza conductores aislados. (Gonzáles Gonzáles, Morante Benavides, & Vicuña Terán, 2015).

Criterios Homologados

Segùn el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (CONELEC, 2013), a causa del crecimiento de la cobertura del servicio eléctrico por el incremento de la demanda, el nivel de tensión para sistemas de distribución debe ser superior o igual a 13,8 kV, referente a las normativas de la IEC (p.4). No obstante, dada la diversidad de niveles de voltaje existentes en las redes de distribución eléctrica en nuestro país, se ha considerado definir los siguientes niveles de voltaje nominal:

- **Medio voltaje:**
  6.300 [V]
  13.800 GRDY / 7.967[V]
  22.000 GRDY / 12.700[V]
  22.860 GRDY / 13.200[V]
  34.500 GRDY / 19.920[V]
- **Bajo voltaje:**
  En redes monofásicas 120 / 240[V]
  En redes trifásicas 127 / 220[V]

Figura 3. *Líneas aéreas de media y baja tensión*

Fuente: Conhesa, 2014

4.4. Impacto Ambiental en las Líneas e Infraestructuras Eléctricas

Los sistemas de transmisión de energía eléctrica están conformados por la línea de transmisión, el derecho de vía, las playas de distribución, las subestaciones y los caminos de mantenimiento. La estructura de la línea de transmisión es la línea misma, los conductores, las torres y los soportes.

El voltaje y la capacidad de la línea de transmisión afectan el tamaño de las estructuras principales, ya que se requiere de unos cables de mayor diámetro, por tanto, mayor peso que necesitan una torre de mayor capacidad. Para medio y bajo voltaje el material a usar en los postes es de hormigón armado, sin embargo, para alta tensión se utilizan torres metálicas que puedan soportar el peso del cable por esa razón el espacio o derecho de vía a utilizar puede variar entre 20 a 500 metros de ancho, o más.

4.4.1. Impactos ambientales potenciales

Las líneas de transmisión eléctrica al encontrarse la mayor parte en medios terrestre como instalaciones lineales, afectan los recursos naturales, sociales y culturales, mientras más longitud estas presenten mayor es el impacto causado, por el espacio ocupado y por presentar efectos del campo electromagnético – EMF (Electromagnetic Field).

La edificación de nuevas estructuras para las líneas de transmisión causa la destrucción de la vegetación para el sitio del poste, torres y para la construcción de los caminos de mantenimiento.

Para darle mantenimiento a los equipos, postes, líneas, se requiere controlar la vegetación dentro del derecho de vía, esto se lo hace con algún insecticida o de forma mecánica.

Por otra parte, las líneas y las estructuras pueden albergar a nidos y servir como descanso para cualquier tipo de aves.

4.4.2. Control de la vegetación en los derechos de vía

Existe diversas técnicas controlar la cantidad y tipo de la nueva vegetación que se encuentra dentro del derecho de vía, los métodos de limpieza utilizados son selectivos sean estos mecánicos o herbicidas y son analizados en las evaluaciones ambientales del proyecto.

No se usa el rocío aéreo de herbicidas, este no es selectivo y es impreciso al introducir químicos al medio ambiente en altas cantidades, existe la posibilidad de contaminar las aguas superficiales, las cadenas alimenticias terrestres, así como exterminar las variedades deseables y envenenar la fauna.

4.4.3. Riesgos para la salud y la seguridad

Existe un elevado riesgo de electrocución cuando el tendido eléctrico se encuentra cerca a actividades humanas ya sea por su altitud o proximidad a edificios, sin embargo, las normalizaciones técnicas reducen este riesgo. Las torres y las líneas de transmisión pueden interrumpir la trayectoria de vuelo de las aeronaves utilizadas para actividades agrícolas.

Los campos electromagnéticos (EMF) son creados por las líneas de transmisión de energía eléctrica, cuya potencia depende de la longitud de las líneas, siendo inversamente proporcional, a menor distancia mayor campo electromagnético y a mayor distancia el EMF se reduce, científicamente no se ha comprobado problemas específicos para la salud, pero los resultados

sugieren que puede haber riesgos y tampoco se presentan normativas que regulen los EMF. (CDM, 2012)

4.4.4. Desarrollo inducido

Las líneas de transmisión impulsan el desarrollo, generalmente donde existe energía eléctrica son sitios ideales para construir viviendas y a su vez existen servicios públicos.

4.4.5. Monitorización de las líneas de tendido eléctrico.

El control obedece a los recursos ambientales y el nivel de afectación, asimismo se controla la edificación implantando normas respecto a la distancia para resguardar la seguridad y evitar riesgos innecesarios. El monitoreo es breve, máximo en semanas, siendo constante en los sitios donde la línea cruce por extensiones de agua o exista humedad, o junto a áreas terrestres naturales. El monitoreo incluye la inspección visual de los materiales que están siendo empleados, las praxis de edificación y las medidas de atenuación. Es transcendental y obligatorio mantener la vía para controlar la vegetación. La vegetación provoca atenuaciones considerados impactos potenciales negativos.

4.5. Aspectos ambientales que afectan a los sistemas de distribución aéreos.

Debido a su menor costo de inversión y operación generalmente los sistemas se diseñan de forma aérea más que subterráneos. Sin embargo, presentan bajos indicadores de confiabilidad para redes aéreas, debido que estos son afectados por la exposición a factores climáticos, el contacto con animales y el medio ambiente. Dentro de los aspectos ambientales que afectan el funcionamiento de los sistemas de distribución aéreos tenemos:

- El roce de la vegetación con líneas energizadas puede ocasionar cortocircuitos.
- El peso del follaje da origen al rompimiento de los cables, teniendo como secuela la activación de los sistemas de protección que sobrellevan a interrupciones en el servicio de energía eléctrica.

Además, la vegetación que se encuentra en la zona urbana presenta otros inconvenientes:

- Deterioros en las redes de distribución de energía subterránea, calles, aceras y sistemas de tubería de acueducto y alcantarillado debido a la expansión de las raíces en la profundidad.

- Inundación de los conductos de desagüe por obstrucción originado por las hojas que caen de los árboles esto causa perjuicios en las redes aéreas de teléfono y televisión.

Para evitar riesgos la proyección de la arborización y de los sistemas de energía deberían estar separados, sin embargo, en la actualidad es relevante resguardar el medio ambiente y la ampliación de la fauna urbana, por lo que los proveedores de energía eléctrica tienen que enfrentar nuevas dificultades, entre las que se encuentran:

- Otorgar y mantener un nivel de confiabilidad de la red eléctrica dentro de los parámetros exigidos por los usuarios y entes reguladores.
- Ejecutar mantenimientos de la vegetación sin desmejorar la integridad física de las especies.
- El mantenimiento de la vegetación que crece bajo las redes aéreas de distribución generalmente es trabajo de la compañía proveedora encargada de la operación.

4.6. Tipos de vegetación que crecen sobre las líneas de distribución de baja tensión producidas por los tipos de climas en la ciudad de Loja.

Las condiciones climáticas de la ciudad de Loja son idóneas para la familia de las epífitas, donde están incluidas las bromelias, cuyo desarrollo no requiere del suelo, estas buscan la mejor posición para conseguir energía solar, por tanto, se las puede observar en los cables de luz, postes de energía eléctrica, en las azoteas de los edificios e incluso en las cubiertas de las viviendas.

La subespecie Bromelias de la familia epífitas es muy diversa en las estribaciones andinas y se encuentra en los páramos desde Carchi hasta Loja, a continuación, se describen.

4.6.1. Tillandsia recurvata

Sus raíces crecen directamente hacia abajo dentro del córtex y salen al exterior cerca de la base del tallo, de la raíz se sostiene la planta (véase la Figura 4).

Sus tallos son cilíndricos, gruesos con forma de botella para acumular agua, de 2-4 cm. de largo y diámetro de 1.5-2.5 mm.

Figura 4. *Tillandsia recurvata*

Fuente: (Guerrero, 2019)

4.6.2 Tillandsia usneoides

Es muy similar al heno, está en toda América desde el sudeste de Estados Unidos (EE.UU). a Argentina, creciendo donde el clima sea tibio, y preferentemente alta humedad (véase la figura 5).

Figura 5. *Tillandsia* u*sneoides*.

Fuente: Flowers, 2008.

4.6.3 Tillandsia straminea

Es una especie de planta epífita dentro del género Tillandsia, perteneciente a la familia de las bromeliáceas. Es originaria de Ecuador y Perú.

Generalmente crece encima de cactus y arbustos, con respecto a su tamaño se puede considerar entre mediano y grande ya que puede crecer hasta 60 cm, en ejemplares viejos se pueden presentar ramificaciones, como se observa en la Figura 6.

Figura 6. *Tillandsia straminea*

Fuente: Flowers, 2008.

4.7 Regulación Arconel 005/18

4.7.1. Aspectos generales

4.7.1.1. Objetivo

Establecer los indicadores, índices y límites de calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica; y, definir los procedimientos de medición, registro y evaluación a ser cumplidos por las empresas eléctricas de distribución y consumidores, según corresponda (Regulación Eléctrica, 2020).

4.7.1.2. Ámbito

La presente regulación es de cumplimiento obligatorio para las empresas eléctricas de distribución y para los consumidores regulados y no regulados conectados a la red de distribución (Regulación Eléctrica, 2020).

4.7.1.3. Siglas y acrónimos

ADMS	Sistema Avanzado de Gestión de Distribución (por sus siglas en inglés)
ARCONEL	Agencia de Regulación y Control de Electricidad
AV	Alto Voltaje
BV	Bajo Voltaje
CENACE	Operador Nacional de Electricidad
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional (por sus siglas en inglés)
LOSPEE	Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica
MV	Medio Voltaje
SGS	Suspensiones Generales del Servicio
SNI	Sistema Nacional Interconectado
SNT	Sistema Nacional de Transmisión

4.7.1.4. Definiciones

Alimentador de alta densidad: Es aquel alimentador primario de distribución que tiene una carga nominal instalada distribuida por kilómetro de línea mayor a 50 kVA/km.

Alimentador de baja densidad: Es aquel alimentador primario de distribución que tiene una carga nominal instalada distribuida por kilómetro de línea menor o igual a 50 kVA/km.

Área de servicio: Es el área geográfica definida en el título habilitante de una empresa eléctrica, en la cual ésta prestará el servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica y el servicio de alumbrado público general.

Armónicos: Son las ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz, originadas principalmente por las características no lineales de los equipos o cargas de un sistema eléctrico.

Barras de salida: Corresponde a las barras de alto voltaje o medio voltaje, situadas en el lado secundario del transformador o transformadores, en las subestaciones de distribución.

Calidad del servicio: Conjunto de atributos técnicos y comerciales inherentes a la prestación del servicio de energía eléctrica, y que constituyen las condiciones bajo las cuales dicha prestación debe desarrollarse. Se divide en calidad de producto, calidad del servicio técnico y calidad del servicio comercial.

Calidad del producto: Atributo de la calidad del servicio relacionado con la forma en la que las señales de voltaje son entregadas por la distribuidora, y que se caracteriza, entre otros, por el nivel de voltaje, perturbaciones rápidas de voltaje y armónicos.

Calidad del servicio comercial: Atributo de la calidad del servicio relacionado con la atención al consumidor final prestado por la distribuidora, y que se caracteriza, entre otros, con los tiempos de atención a nuevos suministros, resolución de reclamos, reposición del suministro, la adecuada facturación y la percepción de satisfacción por el servicio de energía eléctrica por parte de los consumidores.

Calidad del servicio técnico: Atributo de la calidad del servicio relacionado con la continuidad con la que se prestará el servicio de energía eléctrica, y que se caracteriza por la frecuencia y la duración de las interrupciones de suministro.

Centro de transformación: Es el conjunto de elementos de transformación, protección y seccionamiento utilizados para la distribución de energía eléctrica.

Consulta: Es la petición que realiza una persona a la distribuidora, indistintamente si es consumidor regulado o no regulado, a fin de que ésta le proporcione información o aclare alguna inquietud relacionada con la prestación del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica.

Consumidor o usuario final: Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación del servicio público de energía eléctrica, bien como propietario del inmueble en donde este se presta, o como receptor directo del servicio.

Consumidor regulado: Persona natural o jurídica que mantiene un contrato de suministro con la empresa eléctrica de distribución y que se beneficia con la prestación del servicio público de energía eléctrica.

Consumidor no regulado: Persona jurídica autorizada para conectar sus instalaciones a la red de distribución o transmisión, mediante la suscripción de un contrato de conexión, a fin de abastecer sus requerimientos de energía desde un generador y/o autogenerador. Esta persona jurídica puede ser un gran consumidor o un autogenerador con su o sus consumos propios.

Cuenta Contrato/Número de suministro: Códigos alfanuméricos utilizados por la empresa eléctrica de distribución para identificar a un consumidor del servicio eléctrico y de sus instalaciones.

Empresa eléctrica de distribución o distribuidora: Persona jurídica cuyo título habilitante le faculta realizar las actividades de distribución y comercialización de energía eléctrica y alumbrado público general, dentro de su área de servicio.

Esquema de alivio de carga (Desconexión de carga por baja frecuencia): mecanismo automático de desconexión de carga debido a un desbalance entre generación y demanda que ha causado disminución de la frecuencia por debajo de los límites definidos.

Fluctuaciones o variaciones de voltaje: Son perturbaciones en las cuales el valor eficaz del voltaje de suministro cambia con respecto al valor nominal.

Frecuencia de las interrupciones: Es el número de veces, en un periodo determinado, que se interrumpe el suministro de energía eléctrica a un consumidor.

Incumplimiento parcial: Es la infracción leve, el cual se refiere al incumplimiento de los límites establecidos en uno o varios índices y/o indicadores de calidad establecidos en regulación para un período de evaluación mensual o anual, según corresponda.

Incumplimiento reiterado: Es la infracción grave, el cual se refiere al incumplimiento repetitivo de los límites establecidos de uno o varios índices y/o indicadores establecidos en regulación para un período de evaluación mensual o anual, según corresponda.

Interrupción: Es el corte o suspensión del suministro de electricidad a los consumidores del área de servicio de la empresa eléctrica de distribución.

Lectura o medición: Acción con la que se obtiene el registro de consumo de energía eléctrica, y otros parámetros relacionados, desde el equipo de medición del consumidor.

Niveles de voltaje: Se definen los siguientes valores de niveles de voltaje:

Bajo voltaje: menor igual a 0,6 kV;

Medio voltaje: mayor a 0,6 KV y menor igual a 40 kV;

Alto voltaje grupo 1: mayor a 40 y menor igual a 138 kV; y,

Alto voltaje grupo 2: mayor a 138 kV.

Participantes del sector eléctrico: Son las personas jurídicas dedicadas a las actividades de generación, autogeneración, transmisión, distribución y comercialización, alumbrado público general, importación y exportación de energía eléctrica, así como las personas naturales o jurídicas que sean considerados como consumidores o usuarios finales.

Punto de entrega o conexión: Es la frontera de conexión entre las instalaciones de dos participantes del sector eléctrico; la cual separa las responsabilidades en cuanto a la propiedad, operación y mantenimiento de los activos.

Perturbación rápida de voltaje (flicker): Son las variaciones moderadas del voltaje de suministro (menos del 10% del voltaje nominal) que causan fluctuación en la luminosidad de las lámparas, a una frecuencia perceptible por el ojo humano.

Racionamiento: Es la suspensión programada del servicio de energía eléctrica debida a escasez de recursos energéticos de generación eléctrica para atender a la demanda.

Reclamo del consumidor: Acción interpuesta por el consumidor ante la empresa eléctrica distribuidora, con la finalidad de obtener un pronunciamiento sobre la inconformidad de los servicios públicos de energía eléctrica y del servicio de alumbrado público general.

Sistema de distribución: Comprende las líneas de subtransmisión, las subestaciones de distribución, los alimentadores primarios, los transformadores de distribución, las redes secundarias, las acometidas, el equipamiento de compensación, protección, maniobra, medición, control y comunicaciones, utilizados para la prestación del servicio de distribución de energía eléctrica. (Roja, 2018)

Suspensión General del Servicio: Son las interrupciones en el SNI, que, debido a maniobras u operaciones requeridas por el CENACE, tienen por objetivo garantizar la seguridad o estabilidad del sistema.

Transmisor de energía eléctrica: Persona jurídica que posee un título habilitante que le permite ejercer la actividad de transmisión de energía eléctrica.

Voltaje nominal: Es el voltaje de diseño de una red eléctrica.

Voltaje de suministro: Es el valor del voltaje del servicio que la distribuidora suministra en el punto de entrega al consumidor en un instante dado.

4.7.2. Atributos de calidad

4.7.2.1. Atributos de calidad de la distribuidora

La evaluación de la calidad de la prestación del servicio de energía eléctrica se efectuará considerando los siguientes índices e indicadores:

Calidad del producto:

- Nivel de voltaje
- Perturbaciones rápidas de voltaje (Flicker)
- Distorsión armónica de voltaje
- Desequilibrio de voltaje

Calidad del servicio técnico:

- Frecuencia de interrupciones a nivel global y por consumidor
- Duración de interrupciones a nivel global y por consumidor

Calidad del servicio comercial:

- Porcentaje de atención a nuevos suministros
- Porcentaje de errores en la facturación
- Tiempo promedio de resolución de reclamos
- Porcentaje de resolución de reclamos
- Porcentaje de restablecimiento de servicio
- Porcentaje de respuestas a consultas
- Satisfacción de consumidores

4.7.2.2 Aspecto de calidad del consumidor

El aspecto de calidad evaluado al consumidor se efectuará conforme el siguiente índice:

- Distorsión armónica de corriente

4.7.3. Calidad de producto

4.7.3.1. Nivel de voltaje

La calidad de nivel de voltaje en un punto del sistema de distribución se determinará con el siguiente índice:

$$\Delta V_k = \frac{V_k - V_N}{V_N} \times 100\ [\%]$$

Ec.1

Donde:

ΔV_k = Variación del voltaje de suministro respecto al voltaje nominal en el punto k.

V_k = Voltaje de suministro en el punto k, determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos.

V_N = Voltaje nominal en el punto k.

Límites

Las variaciones de voltaje admitidas son las siguientes:

Tabla 1: *Límites para el índice de nivel de voltaje*

Nivel de Voltaje	Rango admisible
Alto Voltaje (Grupo 1 y Grupo 2)	± 5.0 %
Medio Voltaje	± 6.0 %
Bajo Voltaje	± 8.0 %

Fuente: Regulación Arconel, 2018

Cumplimiento del índice de nivel de voltaje en el punto de medición

La distribuidora cumple con el nivel de voltaje en un punto de medición cuando el 95% o más de los registros de las variaciones de voltaje, en el período de evaluación de al menos siete (7) días continuos, se encuentran dentro del rango admisible.

4.7.3.2 Perturbación rápida de voltaje (Flicker)

Índice

Se evaluará mediante el índice de severidad por flicker de corta duración (P_{st}), el cual mide la severidad de las variaciones periódicas de amplitud de voltaje a corto plazo, con intervalos de medición de 10 minutos. El P_{st} se evalúa conforme la norma IEC 61000-4-15[1] (IEC 61000-4-15):

$$P_{st} = \sqrt{0{,}0314P_{0.1} + 0{,}0525P_1 + 0{,}0657P_3 + 0{,}28P_{10} + 0{,}08P_{50}}$$

Ec.2

[1] IEC 61000-4-15, Testing and measurement techniques – Flickermeter – Functional and design specifications

Donde:

P_{st}: Índice de severidad de flicker de corta duración.

$P_{0.1}, P_1, P_3, P_{10}, P_{50}$: Niveles de efecto flicker que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del intervalo de medición.

Límite:

El valor límite para el índice de severidad del flicker P_{st} en el punto de medición respectivo no debe superar la unidad.[2]

Cumplimiento del índice de flicker en el punto de medición

La distribuidora cumple con el índice de severidad por flicker en un punto de medición cuando el 95% o más de los valores registrados, en el período de evaluación no inferior a siete (7) días continuos, es menor al límite establecido.

4.7.3.3 Distorsión armónica de voltaje

Índices

Se evaluará la distorsión armónica individual de voltaje y la distorsión armónica total de voltaje, conforme los siguientes índices

$$V_{h,k} = \sqrt{\frac{1}{200}\sum_{i=1}^{200}(V_{h,i})^2} \times 100\ [\%] \qquad \textit{Ec. 3}$$

$$DV_{h,k} = \frac{V_{h,k}}{V_n} \times 100\ [\%] \qquad \textit{Ec. 4}$$

[2] Se considera el límite $P_{st} = 1$ como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestia el ojo humano en una muestra específica de población

$$TDH_k = \left[\frac{1}{V_n}\sqrt{\sum_{h=2}^{50}(V_{h,k})^2}\right] \times 100\ [\%] \qquad Ec.\ 5$$

Donde:

$V_{h,k}$	=	Armónica de voltaje h en el intervalo k de 10 minutos.[3]
$V_{h,i}$	=	Valor eficaz (rms) de la armónica de voltaje h (para $h = 2, 3, \ldots, 50$), medido cada 3 segundos ($i = 1, 2, \ldots, 200$).
$DV_{h,k}$	=	Factor de distorsión individual de voltaje de la armónica h (para $h = 2, 3, \ldots, 50$) en el intervalo k de 10 minutos.
THD_k	=	Factor de distorsión armónica total de voltaje.
V_n	=	Voltaje nominal en el punto de medición.

Límites

Los límites máximos de distorsión armónica individual de voltaje y distorsión armónica total de voltaje son los siguientes:

Tabla 2: *Límites máximos de armónicos de voltaje (% del voltaje nominal)*

Nivel de Voltaje	**Armónica individual (%)**	***THD* (%)**
Bajo Voltaje	5.0	8.0
Medio Voltaje	3.0	5.0
Alto Voltaje (Grupo 1)	1.5	2.5
Alto Voltaje (Grupo 2)	1.0	1.5

Fuente: Regulación Arconel 005/18.

[3] IEEE Std 519-2014, IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems

Cumplimiento de los índices de armónicos el punto de medición

La distribuidora cumple con el factor de distorsión armónica individual de voltaje y con el factor de distorsión armónica total de voltaje en un punto de medición, cuando el 95% o más de los valores registrados, en el período de evaluación de al menos siete (7) días continuos, son menores a los límites máximos establecidos.

4.7.3.4. Desequilibrio de voltaje

El desequilibrio de voltaje se evaluará en un punto del sistema de distribución se determinará con el siguiente índice:

$$Desequilibrio\ de\ Voltaje = \left|\frac{V^-}{V^+}\right| \times 100\ [\%]$$

Donde: *Ec. 6*

V^- : Componente de secuencia negativa de voltaje, determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos.

V^+ : Componente de secuencia positiva de voltaje, determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos.

Límite

El valor límite para el índice de desequilibro de voltaje en un punto de medición será de 2% para todos los niveles de voltaje.

Cumplimiento del índice de desequilibrio de voltaje

La distribuidora cumple con el índice de desequilibrio de voltaje en un punto de medición cuando el 95% o más de los valores registrados, en el período de evaluación no inferior a siete (7) días continuos, es menor al límite máximo establecido.

4.7.4. Medición de la calidad de producto

4.7.4.1. Implementación

Para la implementación de las campañas de medición, las distribuidoras deberán realizar las siguientes acciones:

Establecer un plan anual para las campañas de medición, que determine la cantidad y los puntos de la red donde se realizarán las mediciones;

Disponer e instalar los equipos de medida y/o analizadores de red necesarios que permita evaluar la calidad de producto, conforme la muestra establecida;

Medir (en todas las fases), registrar y almacenar los datos medidos;

Retirar el equipamiento de medición;

Calcular los índices relacionados con la calidad de producto; y,

Verificar el cumplimiento de los límites establecidos.

4.7.4.2. Periodicidad

Para cada mes, la medición, registro y almacenamiento de los valores en cada punto seleccionado se efectuará durante un período de evaluación no inferior a siete (7) días continuos, en intervalos de 10 minutos. Sin perjuicio de lo anterior, la distribuidora podrá utilizar los equipos de medida que registren mediciones en intervalos de 15 minutos, siempre y cuando estos equipos tengan la capacidad de registrar todas las variables necesarias para determinar los índices de calidad de producto.

4.7.4.3. Muestra a evaluarse

La muestra a evaluarse considerará la selección de puntos según la siguiente tabla:

Tabla 3: *Muestra para evaluar la calidad de producto*.

Grupo	Descripción	Cantidad	Tipo de muestreo
1	Barras de salida de subestaciones de distribución AV/MV	Todas las barras de salida de subestaciones de distribución AV/MV	Anual
2	Alto Voltaje (Grupo 1 y Grupo 2)	Todos los consumidores servidos en alto voltaje	Anual
3	Transformadores de distribución	0.15% del total de transformadores de distribución (No menos de 5)	Mensual
4	Medio Voltaje	0.5% del total de consumidores servidos en medio voltaje (No menos de 5)	Mensual
5	Bajo Voltaje	0.01% del total de consumidores servidos en bajo voltaje (No menos de 7)	Mensual

Fuente: Regulación Arconel 005/18.

Para todos los grupos antes citados se evaluará el cumplimiento de lo establecido en el numeral 8 respecto del nivel de voltaje. Para el efecto, los equipos y procedimientos deberán cumplir con la norma IEC 61000-4-11[4] e IEC 61000-4-30[5], o sus reformas.

Adicionalmente, para los grupos 2, 3 y 4, se evaluará:

- El cumplimiento de lo establecido en el numeral 9 respecto de las perturbaciones rápidas de voltaje (flicker). Para el efecto, los equipos y procedimientos deben cumplir con la norma IEC 61000-4-15[6] e IEC 61000-4-30, o sus reformas;

[4] IEC 61000-4-11: Testing and measurement techniques - Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests.
[5] IEC 61000-4-30: Power quality measurement methods
[6] IEC 61000-4-15: Testing and measurement techniques – Flickermeter – Functional and design specifications

- El cumplimiento de lo establecido en el numeral 10 respecto de los armónicos de voltaje. Para el efecto, los equipos y procedimientos deben cumplir con la norma IEC 61000-4-7[7] e IEC 61000-4-30, o sus reformas; y,
- El cumplimiento de lo establecido en el numeral 11 respecto del desequilibrio de voltaje. Para el efecto, los equipos y procedimientos deben cumplir con la norma IEC 61000-4-30, o sus reformas.

4.7.4.4. Puntos de medición

Para los consumidores seleccionados en BV, la toma de mediciones, registro y almacenamiento serán en los puntos más cercanos a los puntos de entrega.

En el caso de los puntos seleccionados en MV y AV, las mediciones, registro y almacenamiento deberán realizarse en los puntos de entrega de MV y AV de aquellos consumidores respectivamente.

Para los transformadores de distribución seleccionados, las mediciones se efectuarán en los bornes de bajo voltaje.

La distribuidora deberá prever un porcentaje de puntos adicionales, los cuales deberán ser utilizados como puntos de medición en caso los puntos seleccionados originalmente presenten impedimentos para realizar las mediciones correspondientes.

4.7.4.5. Criterios generales para la selección de puntos

Para la selección de los puntos de medición, las distribuidoras deberán considerar los siguientes criterios:

- La cantidad de puntos de selección en MV y BV deberán dividirse equitativamente a todos los alimentadores, de tal manera que éstos presenten al menos un punto seleccionado durante el año.
- El total de puntos de selección en MV y BV deben dividirse en forma equitativa considerando la cantidad de los consumidores tanto urbanos y rurales.

[7] IEC 61000-4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto

- La muestra anual deberá ser aleatoria.
- La selección de puntos de medición en MV y BV no deberán repetirse entre las campañas de medición ni entre los planes anuales de campañas de medición, hasta dentro de un período de cinco (5) años.
- La selección de puntos de medición en AV deberá considerar que a final de año todos los consumidores en AV sean evaluados.

4.7.4.6. Entrega del plan anual de campañas de medición

La distribuidora deberá entregar al ARCONEL hasta el último día laborable del mes de noviembre de cada año, el plan anual de campañas de medición del año subsiguiente (enero a diciembre). El plan deberá contener, al menos, lo siguientes aspectos:

- Descripción de la metodología utilizada por la distribuidora para la selección de los puntos a evaluar;
- Descripción de la muestra mensual a evaluarse, así como el detalle de los puntos seleccionados en cada campaña de medición.

Para el caso de los puntos seleccionados se debe indicar el alimentador al cual se conecta y la ubicación del punto seleccionado;

- Identificación de los puntos de selección adicionales de medición;
- Detalle y especificaciones de los equipos a utilizarse en las campañas de medición;
- Cronograma de ejecución de las campañas de medición; y,
- Responsables y datos de contacto del plan.

La ARCONEL dispondrá de un término máximo de veinte (20) días para realizar observaciones al plan. En caso la ARCONEL no se pronunciare en el término establecido, la distribuidora procederá a implementar el plan. En caso la ARCONEL realice observaciones, la distribuidora deberá actualizar el referido documento y remitir a la ARCONEL dentro de un término máximo de diez (10) días. La distribuidora no podrá implementar el plan sin que las observaciones por parte de la ARCONEL hayan sido subsanadas.

4.7.4.7. Informe de resultados

La distribuidora deberá entregar a la ARCONEL hasta el día veinte (20) de cada mes, un informe con los resultados obtenidos de la campaña de medición realizada en el mes precedente. El informe deberá contener, al menos, los siguientes aspectos:

- Descripción de los puntos seleccionados en la campaña de medición del mes;
- Identificación de las barras de salida de subestaciones de distribución AV/MV objeto de medición del mes;
- Detalle de los períodos de evaluación, variables medidas y equipos utilizados;
- Observaciones detectadas en la campaña de medición, así como la justificación de puntos de selección no medidos, cuando corresponda;
- Cálculo de los índices de la calidad de producto, conforme lo establecido en los numerales 8, 9, 10, 11;
- Identificación de los puntos en los cuales se obtuvieron incumplimiento a los límites establecidos para la calidad de producto; y,
- Acciones y cronograma de ejecución por parte de la distribuidora para subsanar los incumplimientos de la calidad de producto en los puntos que correspondan.

4.7.4.8. Control

La ARCONEL, en el ejercicio de sus atribuciones, realizará el control de la implementación del plan de campañas de medición, así como la ejecución de las campañas de medición y acciones relacionadas con la medición de la calidad del producto y su posterior análisis.

Adicionalmente la RESOLUCIÓN Nro. ARCONEL-018/18 establece las franjas de servidumbre para las líneas de medio y alto voltaje, estas franjas se han establecido para prevenir y reducir afectaciones a la confiabilidad de dichas instalaciones; por ello se han definido distancias mínimas de seguridad entre las redes eléctricas y las edificaciones, de esta manera se puede prevenir riesgos de contacto y acercamiento de las personas salvaguardando su integridad física. (ARCONEL, 2018, pág. 6)

En función de la tensión de las líneas de transmisión los anchos de franjas de servidumbre establecidos son:

- 69 kV ancho de franja 16 m
- 138 kV ancho de franja 20 m
- 230 kV ancho de franja 30 m
- 500 kV ancho de franja 60 m

En la misma resolución la ARCONEL también establece las distancias mínimas de la línea a la vegetación desde el conductor más bajo hacia la parte superior de la vegetación o cultivo en edad adulta, se debe considerar los siguientes valores:

- Voltajes iguales o inferiores a 69 kV, d= 4 m
- Voltaje superior a 69 kV hasta 230 kV, d= 6 m
- Voltajes mayores a 230 kV, d= 9 m.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

Para llevar a cabo el presente trabajo de titulación, en base a la información mencionada en la sección anterior, se procedió a realizar las mediciones para poder analizar los efectos que la vegetación produce en el tendido eléctrico los cables de baja tensión para ello se requiere un Hardware y software con alto rendimiento para obtener datos precisos, a continuación, se detalla cada uno de ellos.

5.1.1 Hardware utilizado.

- Computadora con sistema operativo Windows estándar.
- Fluke de la serie 1740: Equipo de medición que registra y analiza el voltaje trifásico, la calidad de energía eléctrica parámetro denominado potencia, flicker y armónicos, ayudan a descubrir problemas intermitentes difíciles de detectar relacionados con la calidad de la electricidad (véase la Figura 7).

Figura 7. *Equipo de Medición*

Fuente: El Autor

La precisión en cuanto a la medida de voltaje cumple con la norma IEC61000-4-3 clase A, con un margen de error del 0.1%. La alimentación eléctrica es de 88 V a 265 V en corriente alterna.

Las sondas se conectan al registrador mediante un solo enchufe. Luego el equipo detecta, modifica la escala y alimenta las sondas utilizando la potencia de línea proveniente de las tensiones medidas, poseen doble aislamiento como protección contra descargas eléctrica.

5.1.2 Software utilizado.

- PQ Log*:* Se utiliza para la realización de descarga de información o de las muestras de las mediciones, es un software propietario y solamente se lo puede adquirir con la compra del equipo, su medición se basa en la norma EN50160, analiza los datos al crear resúmenes estadísticos, realiza gráficos y tablas, en la Figura 8 se muestra la interfaz de este software.

Figura 8. *Interfaz del Software PQ Log.*

Fuente: El Autor

- *Software Microsoft Excel:* Esta herramienta de cálculo se utiliza para leer las tablas que son exportadas desde el Software PQ Log, y a su vez permite realizar cálculos para determinar índices de calidad.

5.2. Métodos

Para la ejecución del trabajo de titulación se requiere aplicar tres tipos de métodos para lograr los objetivos planteados, se describen a continuación.

5.2.1 Método investigativo.

Este método se utilizó para buscar y recopilar información necesaria para crear la fundamentación teórica acerca de la importancia que representa el análisis de los efectos que causa la vegetación en los cables de tensión baja.

5.2.2 Método de observación.

Este método ayudó a realizar la observación, análisis y clasificación de los hechos para lograr una solución a la problemática presentada. La observación permitió conocer la realidad mediante la percepción directa de los objetos y fenómenos, es decir las redes de baja distribución con vegetación en las mismas.

5.2.3 Método científico.

La aplicación de este método se lo utilizó al momento de realizar diversas pruebas de mediciones con el equipo, con la finalidad de analizar la información obtenida.

5.3 Metodología

Para el desarrollo de la presente tesis se plantearon tres fases relacionadas a los objetivos específicos establecidos que consisten en: identificar el tipo de vegetación predominante en las redes de baja tensión en la ciudad, el segundo objetivo consiste en determinar los efectos que produce la vegetación identificada, y por último se realiza un análisis de estos efectos que produce la incidencia de la vegetación en los parámetros mecánicos en las redes aéreas de baja tensión de la ciudad de Loja.

5.3.1 Identificar la vegetación predominante que crece en las redes aéreas de baja tensión en la ciudad de Loja.

La identificación de especies se realizó mediante la búsqueda de información bibliográfica y criterios de un ingeniero ambiental, mediante lo cual se elaboró un pequeño estudio morfológico que sustenta el tipo de especies presentes en el tendido eléctrico de la ciudad de Loja.

El estudio morfológico se realizó mediante dos fases: fase de campo y fase de laboratorio, en la primera se visitó lugares en los cuales se observa vegetación en las redes aéreas de baja tensión, sin embargo, debido a la ubicación de las mismas y normas de seguridad no se puede tomar muestras de la vegetación en estos sectores.

Lo cual se realizó identificación *in situ* y se procedió a fotografiar las especies, las mismas que en la fase laboratorio fueron comparadas con especies que según la literatura predominan en los cableados eléctricos.

Figura 9. *Visualización de especies (fase de campo), Sector Nueva Granada. - Av. 8 de Diciembre.*

Fuente: El Autor

5.3.2 Determinar los efectos que produce la vegetación en los parámetros eléctricos en las redes aéreas de baja tensión.

Se determina si existe alguna variación en los parámetros eléctricos en dos casos; el primero con vegetación y el segundo sin vegetación para posteriormente analizar y determinar los efectos de la vegetación en las redes aéreas de baja tensión.

Para establecer los efectos se requiere elegir un equipo de medición, la marca fluke presenta 3 productos al mercado en la serie 1740, se tiene el 1744, el 1743 y el 1745, que satisfacen las necesidades básicas, intermedias y altas de registro de la electricidad, en la siguiente tabla se muestra algunas características generales de los instrumentos de medición.

Tabla 4. *Características de los equipos Fluke de la serie 1740.*

Características	***Fluke 1743***	***Fluke 1744***	***Fluke 1745***
-Mide Voltaje, corriente, potencia aparente, potencia reactiva, factor de potencia, energía, parpadeo, eventos de voltaje y distorsión armónica total.	X	X	X
-Mide armónicos de voltaje y corriente hasta la quincuagésima, desequilibrio y señalización de la línea de suministro.		X	X
-Resistente al polvo y al agua	IP65 estanco	IP65 estanco	IP50
-Pantalla	LED	LED	LED + LCD
-Sistema de alimentación de funcionamiento continúo.	3 segundos	3 segundos	5 horas
-Dimensiones (Alto, ancho y profundidad)	170 mm x 125 mm x 55 mm	170 mm x 125 mm x 55 mm	282 mm x 216 mm x 74 mm

Fuente: El Autor

Como se puede observar en la tabla 4 todos los instrumentos difieren de ciertas características, el fluke 1743 es el instrumento de medición más básico no mide armónicos, en el 1744 y 1745 la única diferencia es en la pantalla y el sistema de alimentación; el 1745 tiene una pantalla de cristal líquido, los resultados de medición se presentan en los dos instrumentos, solamente que en el 1745 la calidad de visualización es mejor, en cuanto al sistema de alimentación, el 1745 presenta una

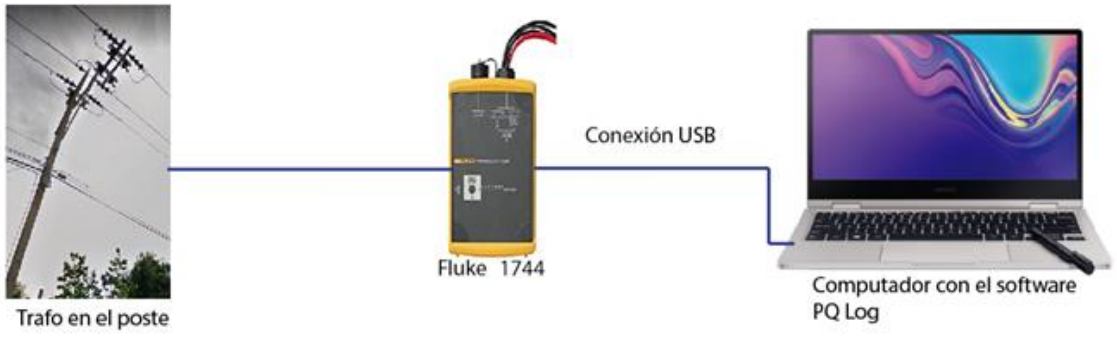
batería interna con duración de 5 horas. Estos dos parámetros no son relevantes, ambos instrumentos otorgan las mismas mediciones, sin embargo, el 1745 es costoso. Por tanto, el equipo de medición a usarse es el Fluke 1744. En general este equipo tiene las siguientes funcionalidades:

- Tiene la opción de información en tiempo real si se encuentra conectado en línea, la actualización se realiza cada 10 minutos.
- Dotado de una memoria interna que permite guardar información por algunas semanas.
- Otorga datos de tensión corriente y armónicos.
- La transferencia de datos hacia un computador es desde un conector tipo DB9 hacia el puerto USB de la computadora.

5.3.2.1 Conexión del equipo de medición Fluke 1744 al transformador monofásico de baja tensión.

El esquema de conexión general al Fluke 1744 se indica en la Figura 12, donde se observa que el equipo se conecta al transformador que existe en el poste, luego los datos se leerán con el Software PQ Log instalado en la computadora con Sistema Operativo Windows, mediante una conexión USB.

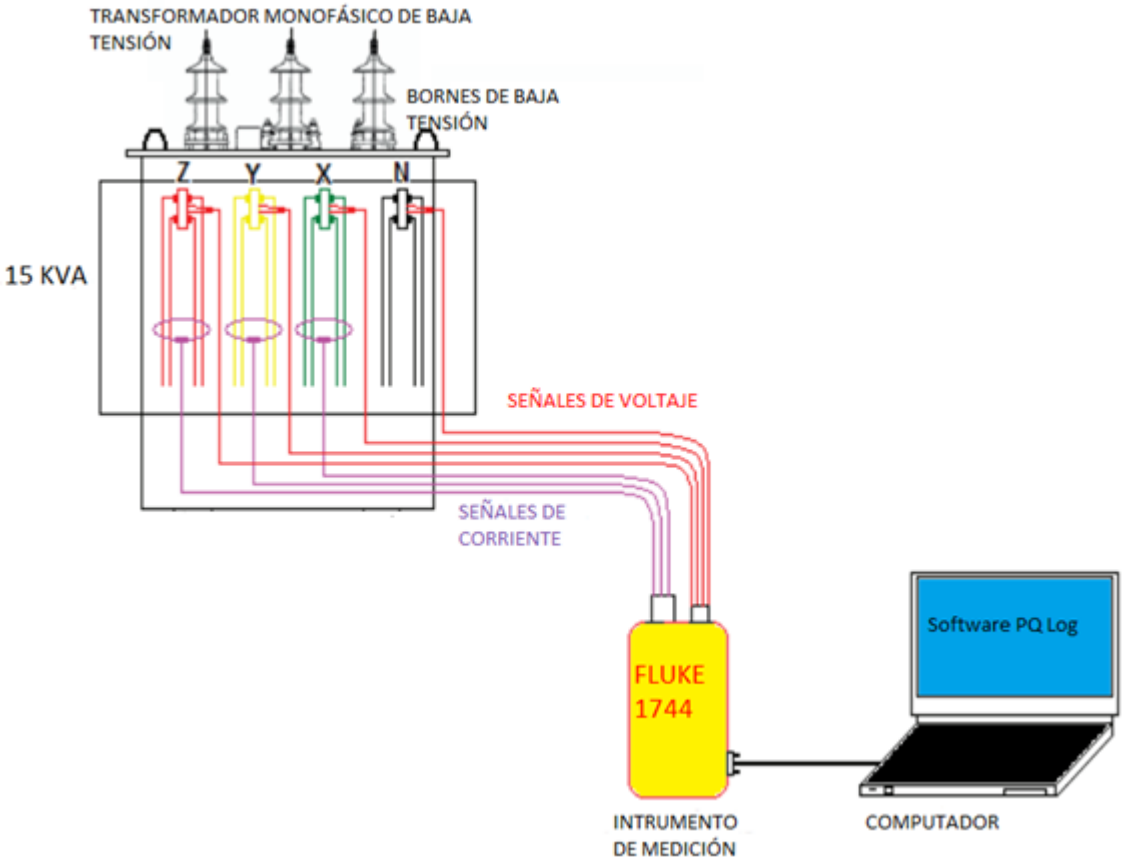
Figura 10. *Esquema general de conexión para las mediciones*



Fuente: El Autor

El equipo de medición Fluke 1744 fue conectado en los bornes del lado de baja tensión del transformador, cada borne tiene 4 alimentadores que se conectan a las barras para energizar a los circuitos. El Fluke requiere señales de voltaje y corriente de cada fase y neutro (véase la Figura 11).

Figura 11. *Conexión del Fluke 1744 al transformador.*



Fuente: El Autor

La medición de los diferentes parámetros que permite el equipo Fluke 1744 ayuda a analizar la calidad de electricidad.

El tiempo que permaneció instalado el equipo de medición fue durante 7 días por tres meses; diciembre del 2019, enero del 2020 y febrero del 2020, según la regulación del ARCONEL 005/18, al final se obtiene un total 1008 muestras.

El fluke 1744 fue instalado en dos transformadores; el primero con vegetación en la red de baja tensión y el segundo sin vegetación, en la tabla 5 se muestra características generales de los transformadores.

Tabla 5. *Características generales de los dos transformadores a medir.*

	TRANSFORMADOR SIN VEGETACIÓN.	TRANSFORMADOR CON VEGETACIÓN.
Ubicación	Vía a Zalapa	Vía a Zalapa
Número de trafo	13448	14241
Potencia	15kVA	15kVA
Número de poste	140114	145498

Fuente: El Autor

Como se puede observar en la tabla 5 las mediciones se realizaron en el tendido de la red eléctrica en Zalapa, los transformadores se alimentan desde el sector Motupe. Para elegir el lugar donde se colocará el equipo de medición es necesario verificar que exista una vegetación considerable en el tendido eléctrico.

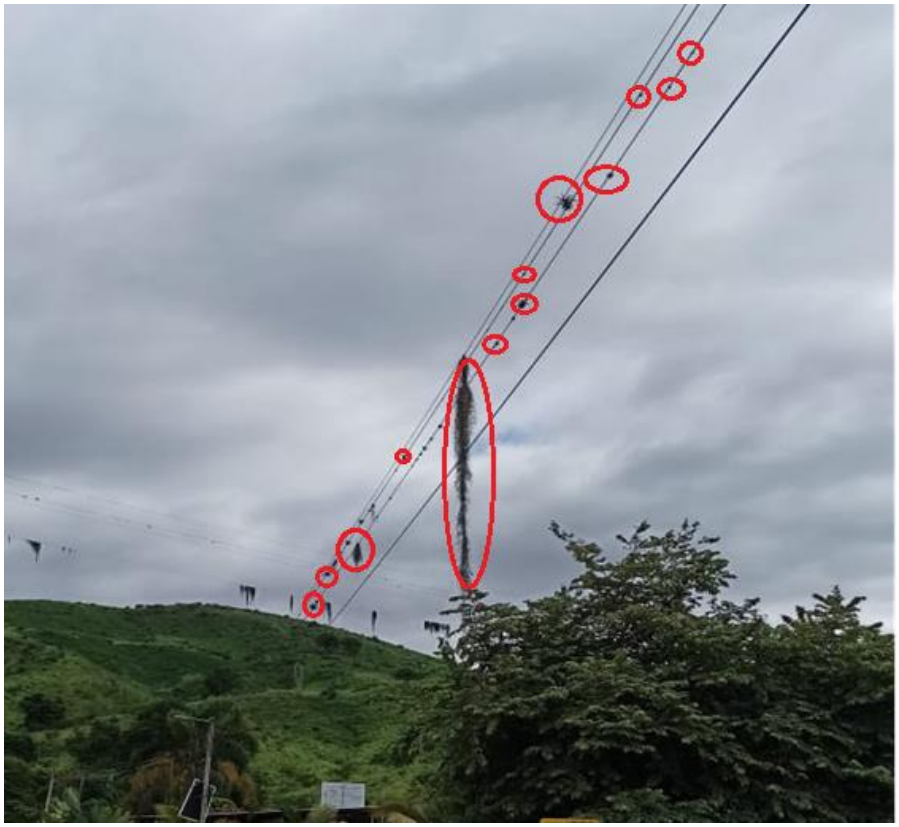
En la figura 12 se muestra un poste eléctrico ubicado en la calle Ramón Pinto entre Azuay y Alonso de Mercadillo que corresponde a la parte central de Loja, en este caso se puede observar que la vegetación en el tendido eléctrica es mínima.

Figura 12. *Poste ubicado en la calle Ramón Pinto entre Azuay y Alonso de Mercadillo*

Fuente: El Autor

La figura 12 muestra que no se puede realizar ningún análisis en los sectores centrales o urbanos de la Ciudad de Loja, puesto que, según varios autores consultados en la recolección de información bibliográfica debe existir una considerable cantidad de vegetación en el tendido eléctrico. Sin embargo, en la parte rural (véase la Figura 13) en la vía a Zalapa se puede observar que el tendido eléctrico presenta mayor cantidad de vegetación, por tanto, las mediciones se realizan en ese sector.

Figura 13. *Tendido eléctrico en el sector Zalapa.*



Fuente: El Autor

Una vez seleccionado el equipo de medición y el sector, se procede a tomar los datos en el transformador cuyos cables presenten vegetación y en el transformador sin vegetación.

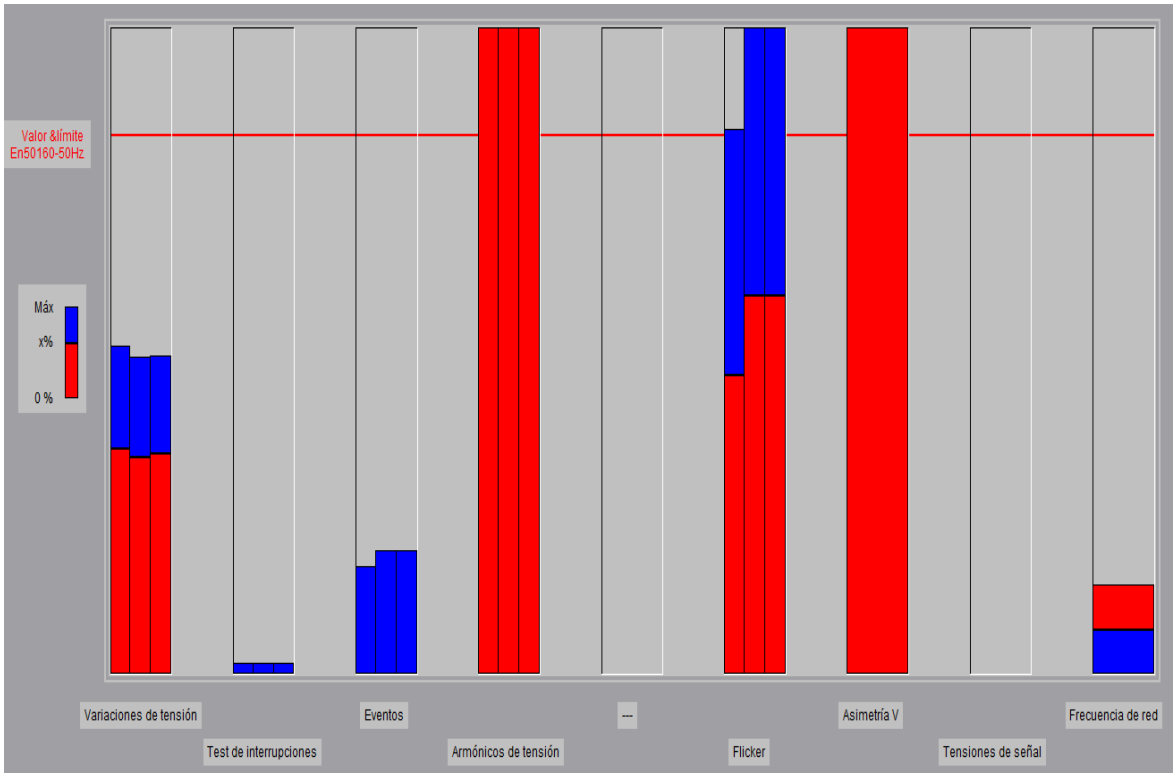
El software de análisis PQ log entrega las tablas con características de la medición y otros parámetros adicionales, tanto para el transformador 1 y 2 que se indican a continuación.

5.3.2.2 Mediciones eléctricas en el transformador para redes aéreas con vegetación

El Factor de Utilización (FU) del transformador es del **42.66%**, calculado con respecto a la capacidad nominal, donde la demanda máxima registrada en el período de medición es **6.40kVA**. se registra 454 muestras de incumplimiento con respecto al incremento de voltaje en la fase (A) y 387 muestras en la fase (B).

También en la medición se registra incumplimiento en distorsión armónica del 16,37% en la fase (A) y 16,87% en la fase (B) como lo indica la Figura 14, en la que se observa un valor límite establecido por el estándar de medición. El transformador tiene puesta a tierra y desbalance de carga del 41,76% y 0,18 en voltaje.

Figura 14. *Diagrama de barras indicativo de medidas de parámetros*



Fuente: El Autor

Eventos de la tensión A

El equipo de calidad registra según la Tabla 6, los siguientes eventos en la línea de tensión A.

Tabla 6. *Eventos que se produjeron en L1 y L2.*

Parámetros			Valor máximo			Valor x%		
	Unidad	En50160-50Hz.gwd	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Variaciones de tensión		127V					Valor 95%	
Máximo 100% / 95%	% [Vn]	+10 / +10	5.31	5.00	5.02	3.83	3.72	3.73
Mínimo 100% / 95%	% [Vn]	-15 / -10	-4.03	-4.65	-4.65	-3.77	-3.75	-3.75
Test de interrupciones < 0%	Número	100	1	1	1		-	
Eventos	Número	100	1	2	2		-	
Armónicos de tensión							Valor 95%	
3. armónicos 100% / 95%	% [Vh1]	5 / 5	6.71	6.91	6.91	6.20	6.25	6.25
Armónicos de corriente	A			No			Valor 95%	
Flicker Plt 100% / 95%	Plt	1 / 1	1.012	1.483	1.484	0.502	0.708	0.708
Asimetría V 100% / 95%	%	2 / 2		sin definir				
Tensiones de señal	% [Vn]			No			Valor 99%	
Frecuencia		60 Hz					Valor 99.5%	
Máximo 100% / 99.5%	%	+4 / +1		0.33			0.17	
Mínimo 100% / 99.5%	%	-6 / -1		-0.33			-0.17	

Fuente: El Autor

Como se muestra en la Tabla 6 la línea de tensión 1 tenemos 0 swells (incrementos súbitos de tensión), 1 sags (caídas súbitas de tensión) y 1 interrupciones de servicio menor a 3 minutos.

Tabla 7. *Incremento y caídas súbitas de tensión.*

Archivo Logger Análisis Eventos Preferencias Ventana ?

Lx L1 L2 L3

Fase L1	< 20 ms	20...< 100 ms	100...< 500 ms	0.5...< 1 s	1...< 3 s	3...< 20 s	20...< 60 s	>= 1 min
Surge > 10.00%								
Dip > 10.00%								
10...< 15 %			1					
15...< 30 %								
30...< 60 %								
60...< 99 %								
Interrupción						1		

Registro de eventos a partir e -10.00 / +10.00% de tensión nominal

Dip según recomendación de UNIPEDE

Número de subidas (Surge)	0
Número de caídas (Dip)	1
Número de interrupciones cortas (<3 min)	1
Número de interrupciones largas (>=3 min)	0
Número de interrupciones (Interruption)	1
Total de eventos e interrupciones	2
Total de eventos permitidos	100
Total de interrupciones permitidas	100

Fuente: El Autor

- Nivel de voltaje en la fase A

El nivel de voltaje de la tensión A , se observa en la Tabla 8, el voltaje medio es 128,76 V este voltaje se lo calcula sacando un promedio de todos los voltajes medios, también vemos el promedio del voltaje mínimo que es 121,88 V y el voltaje máximo que es 134,71, según la regulación del ARCONEL 005/18 de las 1008 muestras tenemos que no existen valores promedios de tensión por debajo de <104,4V; pero existen 454 muestras superiores al voltaje nominal que son >129,6, que representan el 45,04% superando el 8% permitido.

Se recomienda revisar el tap del transformador.

Tabla 8. *Nivel de voltaje en la fase A*

NIVEL DE VOLTAJE					
Límite nivel de tensión				V = 128,76V	
-8%	< 104,40	8%	> 129,60	Mínimo	Máximo
Muestras que no cumplen con el límite				121,88	134,71
0		454		08/02/2020,18:50	06/02/2020,06:30
0,00%	100,00%	45,04%	54,96%		

Fuente: El Autor

- Flicker de la tensión A

En la tabla (9) se muestra las perturbaciones rápidas de voltaje o llamadas FLICKER en la medición que se realizó se muestra 8 muestras que superan el límite que no representan problemas por este tipo a la red de distribución de baja tensión.

El Pst promedio es 0,23 p.u. no supera la unidad (1) se puede observar el mínimo es 0,00 y el máximo 1,50

El transformador no tiene problema de perturbaciones rápidas de voltaje

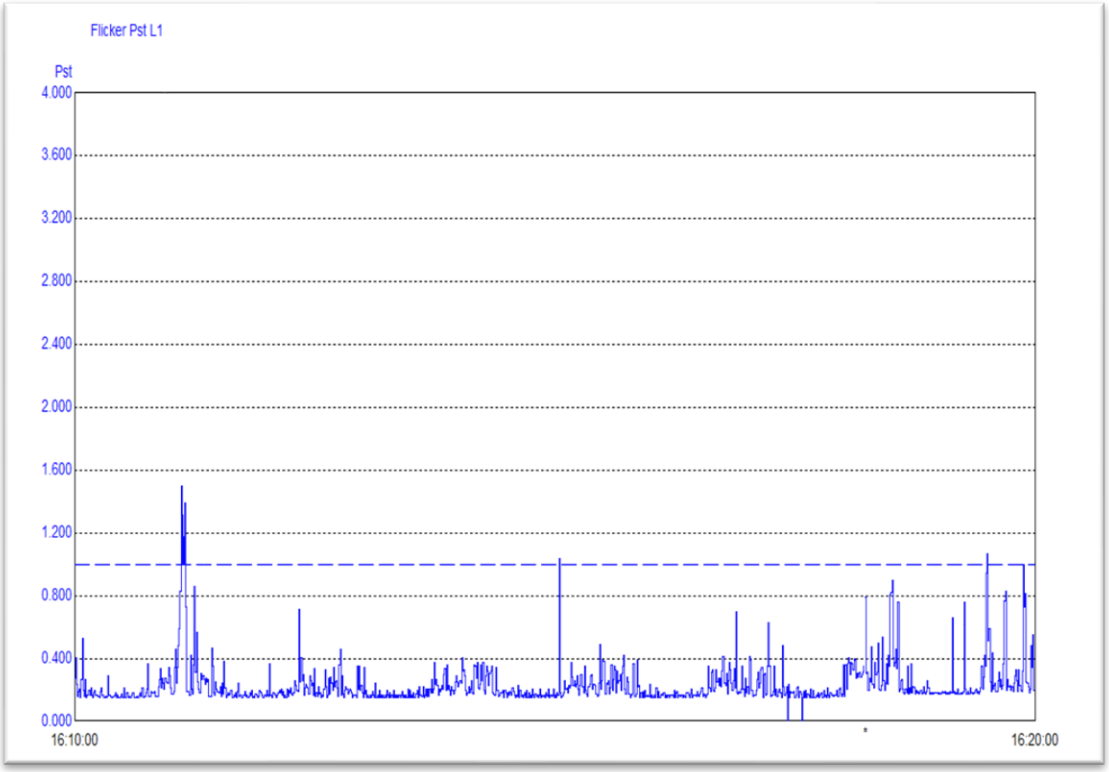
Tabla 9. *Niveles de perturbaciones.*

NIVEL DE SEVERIDAD DE FLICKER			
Límite P_{st}	No. Muestras mayores al límite	Pst = 0,23 p.u.	
1 p.u.	8	Mínimo	Máximo
>1 p.u.	<1 p.u.	0,00	1,50
0,79%	99,21%	09/02/2020,21:10	05/02/2020,11:00

Fuente: El Autor

Dados los resultados obtenidos en la línea 1, se constató que en la red de distribución elegida no existen presencia de flicker según el porcentaje que pide el ARCONEL. En la figura 15 se indican los puntos máximos y mínimo de alcance de los Flickers, se observa que la mayoría de fluctuaciones no superan la línea límite de 1 Pst que pide ARCONEL.

Figura 15. *Diagrama de barras indicativo de medidas de parámetros*



Fuente: El Autor

- Factor potencia de la tensión A.

Tabla 10. *Factor de potencia*

ENERGÍA: A	Smin 7%	FLA 14,23%	FU 42,66%	FACTOR DE POTENCIA			
106,79kWh	1,05kVA	2,13kVA	6,40kVA	F.P. = 0,83			
Período:	Fecha Inicia	04/02/2020 16:20		Min↓	Máx↓	Min↑	Máx↑
	Fecha Final:	11/02/2020 16:20		0,450	0,984		
	Total Horas:	168h	0min	05/02/2020 11:00	09/02/2020 15:20		

Fuente: El Autor

El consumo promedio del transformador es de 106,79 kWh, es el resultado de la potencia activa promedio por el tiempo de horas de la medición.

El factor de potencia promedio es de 0,83 donde se muestra en la tabla en qué fecha y hora hubieron caídas e incrementos del F.P.

El (FU) o factor de utilización es la suma de las dos fases, es decir potencia de la fase B por la intensidad Máxima B, y la potencia de la fase A por la intensidad Máxima A.

Para sacar el porcentaje se multiplica por el 100% dividido para la capacidad nominal del transformador.

- Distorsión armónica de la tensión A

Tabla 11. *Distorsión de armónicos.*

DISTORSIÓN ARMÓNICA					
Limite THDv	Muestras mayores al límite		THDV = 4.30%		
5%	165		Mínimo	Máximo	
>5%		<5%	3.21	7.53	
16.37%		83.63%	9/02/2020 11:20	9/02/2020 20:20	

Fuente: El Autor

En la tabla (11) se muestra la distorsión armónicos en la medición 165 muestras eran mayor a lo permitido que es el 5% esto equivale que en la medición el 16,37% son armónicos que superan el 5% y el 83,63% son armónicos por debajo del 5%.

La THDv promedio en la medición es de 4,30%. Esta medición registra incumplimiento en distorsión armónica del 16.36% en la fase (a).

- Armónicos individuales de la tensión A

Tabla 12: *Armónicos individuales (Impares múltiplos de 3).*

ARMÓNICAS INDIVIDUALES						
Orden	Límite	Promedio	Clasificación	# M > Lím	% > Límite	% < Límite
3	5.00	3.04	ARMÓNICAS IMPARES MULTIPLOS DE 3	121	12.00%	88.00%
9	1.50	0.97		0	0.00%	100.00%
15	0.30	0.08		0	0.00%	100.00%
21	0.20	0.00		0	0.00%	100.00%
27	0.20	0.00		0	0.00%	100.00%
33	0.20	0.00		0	0.00%	100.00%
39	0.20	0.00		0	0.00%	100.00%
5	6.00	2.60	ARMÓNICAS IMPARES NO MULTIPLOS DE 3	0	0.00%	100.00%
7	5.00	0.76		0	0.00%	100.00%
11	3.50	0.29		0	0.00%	100.00%
13	3.00	0.06		0	0.00%	100.00%
17	2.00	0.01		0	0.00%	100.00%
19	1.50	0.01		0	0.00%	100.00%
23	1.50	0.00		0	0.00%	100.00%
25	1.50	0.00		0	0.00%	100.00%
29	1.32	0.00		0	0.00%	100.00%
31	1.25	0.00		0	0.00%	100.00%
35	1.13	0.00		0	0.00%	100.00%
37	1.08	0.00		0	0.00%	100.00%
2	2.00	0.00	ARMÓNICAS IMPARES	0	0.00%	100.00%
4	1.00	0.00		0	0.00%	100.00%
6	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
8	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
10	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
12	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
14	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
16	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
18	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
20	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
22	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
24	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
26	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
28	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
30	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
32	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
34	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
36	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
38	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
40	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%

Fuente: El Autor

Los porcentajes de THD de voltaje resumidos en la Tabla 12 alcanzan valores muy elevados; a partir de lo cual se determina que la distorsión armónica registrada en los puntos de medición es una propagación del tercer armónico en el ramal de alimentador al que están conectados los transformadores bajo análisis.

Se debe tener en cuenta, que el transformador es monofásico a tres hilos con neutro (ramal del alimentador monofásico), por lo tanto, el neutro siempre lleva corriente, aunque ambos circuitos lleven la misma carga, si están desequilibradas el neutro lleva la misma corriente que el circuito más cargado. En un sistema que básicamente consiste en cargas monofásicas la corriente de desbalance circula por el neutro; por lo tanto, según las normatividades el neutro se debe dimensionar a la máxima corriente de desbalance posible y debido a esto es recomendable que el conductor neutro se lo dimensione al menos al mismo tamaño de las fases o incluso la sección del neutro trifásico tiene que ser el doble que el de la fase.

El desbalance de cargas no es el único factor que provoca una alta corriente por el neutro, también lo hacen las cargas no lineales que demandan corrientes no sinusoidales, las cuales generan armónicos en el sistema, dentro de estos equipos están las fuentes conmutadas, centros de cómputo, luminarias fluorescentes compactas, etc., este tipo de cargas hacen que se produzcan importantes corrientes por el neutro del sistema, inclusive en algunos casos supera la corriente de fase.

Los armónicos de tercer orden son de secuencia cero y circulan por el neutro; de tal manera que su eliminación puede llevarse a cabo a través de una correcta puesta a tierra. La presencia del THDv en lo transformadores bajo análisis es una consecuencia del tercer armónico y por lo tanto una eficiente puesta a tierra los eliminará.

El tercer armónico registrado en las mediciones que incumplen con este indicador son una consecuencia de las cargas conectadas en el ramal y la falta una eficiente puesta a tierra que permita la eliminación de la perturbación.

- Eventos de la tensión B

El equipo de calidad registra según la Tabla 13, lo siguientes eventos en la línea de tensión B.

Tabla 13: *Eventos que se produjeron en L1 y L2*

Archivo Logger Análisis Preferencias Ventana ?

Parámetros			Valor máximo			Valor x%		
	Unidad	En50160-50Hz.gwd	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Variaciones de tensión		127V					Valor 95%	
Máximo 100% / 95%	% [Vn]	+10 / +10	5.31	5.00	5.02	3.83	3.72	3.73
Mínimo 100% / 95%	% [Vn]	-15 / -10	-4.03	-4.65	-4.65	-3.77	-3.75	-3.75
Test de interrupciones < 0%	Número	100	1	1	1		-	
Eventos	Número	100	1	2	2		-	
Armónicos de tensión							Valor 95%	
3. armónicos 100% / 95%	% [Vh1]	5 / 5	6.71	6.91	6.91	6.20	6.25	6.25
Armónicos de corriente	A			No			Valor 95%	
Flicker Plt 100% / 95%	Plt	1 / 1	1.012	1.483	1.484	0.502	0.708	0.708
Asimetría V 100% / 95%	%	2 / 2		sin definir				
Tensiones de señal	% [Vn]			No			Valor 99%	
Frecuencia		60 Hz					Valor 99.5%	
Máximo 100% / 99.5%	%	+4 / +1		0.33			0.17	
Mínimo 100% / 99.5%	%	-6 / -1		-0.33			-0.17	

Fuente: El Autor

La Tabla 14 muestra que en la línea de tensión 2 tenemos 0 swells (incrementos súbitos de tensión), 2 sags (caídas súbitas de tensión) y 1 interrupción de servicio menor a 3 minutos.

Fuente: **Tabla 14:** *Incrementos de tensión, caídas súbitas de tensión e interrupciones.*

Archivo Logger Análisis Eventos Preferencias Ventana ?

Lx L1 L2 L3

Fase L2	< 20 ms	20...< 100 ms	100...< 500 ms	0.5...< 1 s	1...< 3 s	3...< 20 s	20...< 60 s	>= 1 min
Surge > 10.00%								
Dip > 10.00%								
10...< 15 %	1		1					
15...< 30 %								
30...< 60 %								
60...< 99 %								
Interrupción						1		

Registro de eventos a partir e -10.00 / +10.00% de tensión nominal

Dip según recomendación de UNIPEDE

Número de subidas (Surge)	0
Número de caídas (Dip)	2
Número de interrupciones cortas (<3 min)	1
Número de interrupciones largas (>=3 min)	0
Número de interrupciones (Interruption)	1
Total de eventos e interrupciones	3
Total de eventos permitidos	100
Total de interrupciones permitidas	100

Fuente: El Autor

- Nivel de voltaje de la tensión B

Tabla 15. *Niveles de tensión.*

NIVEL DE VOLTAJE					
Límite nivel de tensión				V = 128.30V	
-8%	< 104.40	8%	> 129.60	Mínimo	Máximo
Muestras que no cumplen con el límite				121.09	134.39
0		387		08/02/2020,18:50	06/02/2020,06:30
0.00%	100.00%	38.39%	61.61%		

Fuente: El Autor

Como muestra la Tabla (15) el voltaje medio es 128,30 V este voltaje se lo calcula sacando un promedio de todos los voltajes medios, también vemos el promedio del voltaje mínimo que es 121,09 V y el voltaje máximo que es 134,39, según la regulación del ARCONEL 005/18 de las 1008 muestras tenemos que no existen valores promedios de tensión por debajo de <104,4V, pero existen 387 muestras superiores al voltaje nominal que son >129,6, que representan el 38,39% superando el 8% permitido.

Se recomienda revisar el tap del transformador.

- Flicker de la tensión B

Tabla 16: *Niveles de perturbaciones (Flickers).*

NIVEL DE SEVERIDAD DE FLICKER				
Límite P_{st}	No. Muestras mayores al límite		Pst = 0,29 p.u.	
1 p.u.	21		Mínimo	Máximo
>1 p.u.		<1 p.u.	0,15	2,50
2,08%		97,92%	06/02/2020 10:50	06/02/2020 13:10

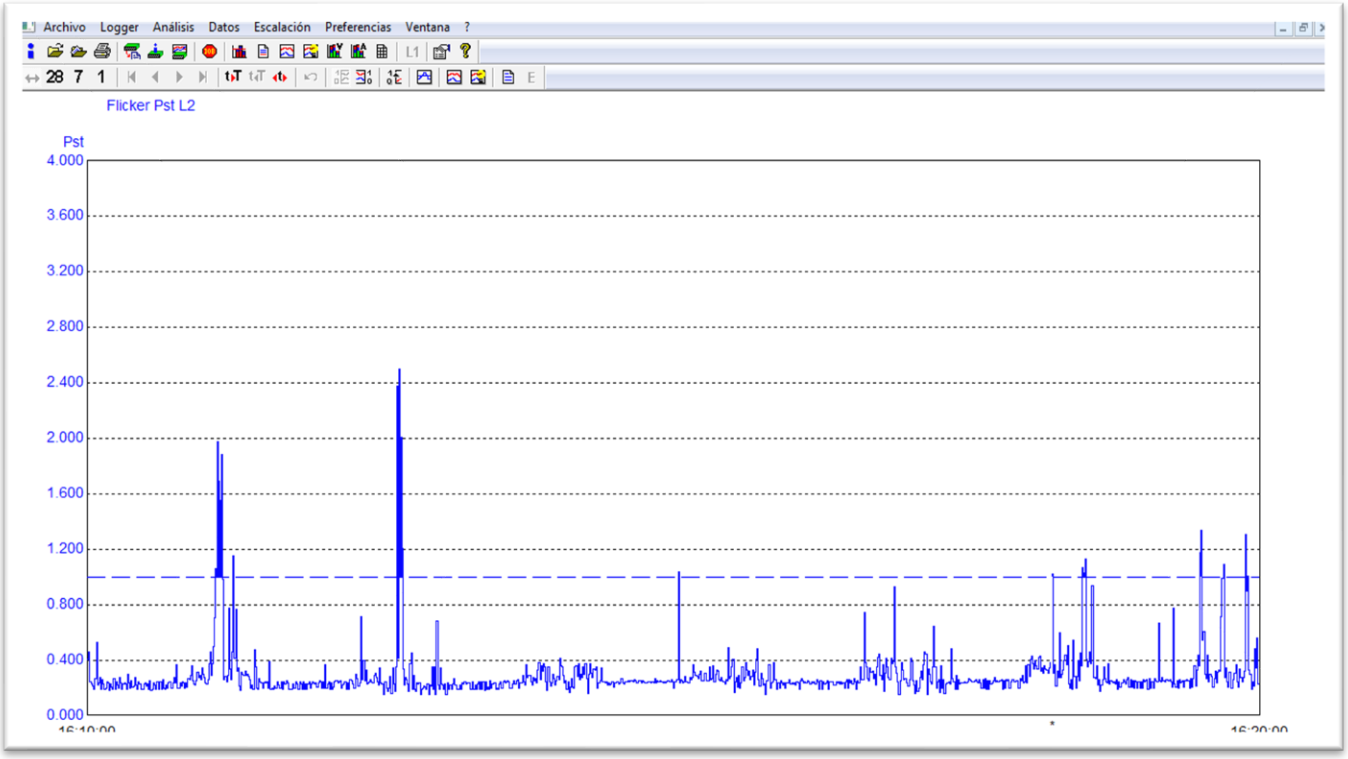
Fuente: El Autor

Como se muestra en la tabla (16) son las perturbaciones rápidas de voltaje o llamadas FLICKER en la medición que se realizó se muestra 21 muestras que superan el límite que no representan problemas por este tipo a la red de distribución de baja tensión.

El Pst promedio es 0,29 p.u. no supera la unidad (1) se puede observar el mínimo es 0,15 y el máximo 2,50.

El transformador no tiene problema de perturbaciones rápidas de voltaje.

Figura 16. *Puntos máximos y mínimos de alcance de Flickers fase B*



Fuente: El Autor

- Factor potencia de la tensión B

Tabla 17: *Factor de potencia.*

ENERGÍA: B	Smin 7%	FLA 14,23%	FU 42,66%	FACTOR DE POTENCIA			
186,12kWh	1,05kVA	2,13kVA	6,40kVA	F.P. = 0,82			
Período:	Fecha Inicial:	04/02/2020 16:20		Min↓	Máx↓	Min↑	Máx↑
	Fecha Final:	11/02/2020 16:20		0,577	0,950	---	---
	Total Horas:	168h	0min	05/02/2020 11:40	05/02/2020 8:50	---	---

Fuente: El Autor

El consumo promedio del transformador es de 186,12 kWh, es el resultado de la potencia activa promedio por el tiempo de horas de la medición.

El factor de potencia promedio es de 0,82 donde se muestra en la Tabla 17 en qué fecha y hora hubieron caídas e incrementos del F.P.

El (FU) o factor de utilización es la suma de las dos fases, es decir potencia de la fase B por la intensidad Máxima B, y la potencia de la fase A por la intensidad Máxima A. Para sacar el porcentaje se multiplica por el 100% dividido para la capacidad nominal del transformador.

- **Distorsión armónica de la tensión B**

Tabla 18: *Distorsión de armónicos.*

DISTORSIÓN ARMÓNICA				
Limite THDv	**Muestras mayores al límite**		**THDV = 4.43%**	
5%	**0**	170	**Mínimo**	**Máximo**
>5%		<5%	3.41	7.60
16.87%		**83.13%**	5/02/2020 12:40	5/02/2020 20:00

Fuente: El Autor

En la siguiente Tabla 18 se muestra la distorsión armónicos en la medición 170 muestras eran mayor a lo permitido que es el 5% esto equivale que en la medición el 16,87% son armónicos que superan el 5% y el 83,13% son armónicos por debajo del 5%.

La THDv promedio en la medición es de 4,43%. Esta medición registra incumplimiento en distorsión armónica del 16.36% en la fase (b).

➢ Armónicos individuales de la tensión B

Tabla 19: *Armónicos individuales (Impares múltiplos de 3).*

ARMÓNICAS INDIVIDUALES						
Orden	Límite	Promedio	Clasificación	# M > Lím	% > Límite	% < Límite
3	5.00	3.16	ARMÓNICAS IMPARES MULTIPLOS DE 3	130	12.90%	87.10%
9	1.50	0.97		0	0.00%	100.00%
15	0.30	0.10		0	0.00%	100.00%
21	0.20	0.03		0	0.00%	100.00%
27	0.20	0.01		0	0.00%	100.00%
33	0.20	0.00		0	0.00%	100.00%
39	0.20	0.00		0	0.00%	100.00%
5	6.00	2.60	ARMÓNICAS IMPARES NO MULTIPLOS DE 3	0	0.00%	100.00%
7	5.00	0.81		0	0.00%	100.00%
11	3.50	0.33		0	0.00%	100.00%
13	3.00	0.07		0	0.00%	100.00%
17	2.00	0.06		0	0.00%	100.00%
19	1.50	0.04		0	0.00%	100.00%
23	1.50	0.02		0	0.00%	100.00%
25	1.50	0.00		0	0.00%	100.00%
29	1.32	0.00		0	0.00%	100.00%
31	1.25	0.00		0	0.00%	100.00%
35	1.13	0.00		0	0.00%	100.00%
37	1.08	0.00		0	0.00%	100.00%
2	2.00	0.00	ARMÓNICAS IMPARES	0	0.00%	100.00%
4	1.00	0.00		0	0.00%	100.00%
6	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
8	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
10	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
12	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
14	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
16	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
18	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
20	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
22	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
24	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
26	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
28	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
30	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
32	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
34	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
36	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
38	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
40	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%

Fuente: El Autor

Los porcentajes de THD de voltaje resumidos en la Tabla 19 alcanzan valores muy elevados; a partir de lo cual se determina que la distorsión armónica registrada en los puntos de medición es

una propagación del tercer armónico en el ramal de alimentador al que están conectados los transformadores bajo análisis.

Se debe tener en cuenta, que el transformador es monofásico a tres hilos con neutro (ramal del alimentador monofásico), por lo tanto, el neutro siempre lleva corriente, aunque ambos circuitos lleven la misma carga, si están desequilibradas el neutro lleva la misma corriente que el circuito más cargado. En un sistema que básicamente consiste en cargas monofásicas la corriente de desbalance circula por el neutro; por lo tanto, según las normatividades el neutro se debe dimensionar a la máxima corriente de desbalance posible y debido a esto es recomendable que el conductor neutro se lo dimensione al menos al mismo tamaño de las fases o incluso la sección del neutro trifásico tiene que ser el doble que el de la fase.

El desbalance de cargas no es el único factor que provoca una alta corriente por el neutro, también lo hacen las cargas no lineales que demandan corrientes no sinusoidales, las cuales generan armónicos en el sistema, dentro de estos equipos están las fuentes conmutadas, centros de cómputo, luminarias fluorescentes compactas, etc., este tipo de cargas hacen que se produzcan importantes corrientes por el neutro del sistema, inclusive en algunos casos supera la corriente de fase.

Los armónicos de tercer orden son de secuencia cero y circulan por el neutro; de tal manera que su eliminación puede llevarse a cabo a través de una correcta puesta a tierra. La presencia del THDv en lo transformadores bajo análisis es una consecuencia del tercer armónico y por lo tanto una eficiente puesta a tierra los eliminará.

El tercer armónico registrado en las mediciones que incumplen con este indicador son una consecuencia de las cargas conectadas en el ramal y la falta una eficiente puesta a tierra que permita la eliminación de la perturbación.

5.3.2.3 Mediciones eléctricas en el transformador para redes aéreas sin vegetación

Eventos de la tensión A

El equipo de calidad registra según la Tabla (20), con 12 eventos o interrupciones.

Tabla 20: *Eventos que se produjeron en la L1 y L2, transformador sin vegetación.*

Parámetros			Valor máximo			Valor x%		
	Unidad	En50160-50Hz.gwd	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Variaciones de tensión		127V					Valor 95%	
Máximo 100% / 95%	% [Vn]	+10 / +10	-0.41	-0.54	-0.53	-0.41	-0.54	-0.53
Mínimo 100% / 95%	% [Vn]	-15 / -10	-10.98	-11.61	-11.62	-8.21	-8.62	-8.64
Test de interrupciones < 0%	Número	100	1	1	1		-	
Eventos	Número	100	11	21	21		-	
Armónicos de tensión							Valor 95%	
3. armónicos 100% / 95%	% [Vh1]	5 / 5	7.81	7.81	7.81	7.01	7.01	7.01
Armónicos de corriente	A			No			Valor 95%	
Flicker Plt 100% / 95%	Plt	1 / 1	0.774	0.811	0.812	0.565	0.629	0.628
Asimetría V 100% / 95%	%	2 / 2		100.00			100.00	
Tensiones de señal	% [Vn]			No			Valor 99%	
Frecuencia		60 Hz					Valor 99.5%	
Máximo 100% / 99.5%	%	+4 / +1		0.33			0.17	
Mínimo 100% / 99.5%	%	-6 / -1		-0.33			-0.17	

Fuente: El Autor

En la línea de tensión 1 tenemos 0 swells (incrementos súbitos de tensión), 11 sags (caídas súbitas de tensión) y 1 interrupciones de servicio menor a 3 minutos.

Tabla 21: *Incrementos de tensión, caídas súbitas de tensión e interrupciones.*

Archivo Logger Análisis Eventos Preferencias Ventana ?

Lx L1 L2 L3

Fase L1	< 20 ms	20...< 100 ms	100...< 500 ms	0.5...< 1 s	1...< 3 s	3...< 20 s	20...< 60 s	>= 1 min
Surge > 10.00%								
Dip > 10.00%								
10...< 15 %		1	4		1			5
15...< 30 %								
30...< 60 %								
60...< 99 %								
Interrupción						1		

Registro de eventos a partir e -10.00 / +10.00% de tensión nominal

Dip según recomendación de UNIPEDE

Número de subidas (Surge)	0
Número de caídas (Dip)	11
Número de interrupciones cortas (<3 min)	1
Número de interrupciones largas (>=3 min)	0
Número de interrupciones (Interruption)	1
Total de eventos e interrupciones	12
Total de eventos permitidos	100
Total de interrupciones permitidas	100

Fuente: El Autor

- **Nivel de voltaje de la tensión A**

Tabla 22: *Niveles de tensión.*

NIVEL DE VOLTAJE					
Límite nivel de tensión				V = 122,00V	
-8%	< 104,40	8%	> 129,60	Mínimo	Máximo
Muestras que no cumplen con el límite				113,06	126,48
0		0		09/02/2020,18:40	06/02/2020,06:00
0,00%	100,00%	0,00%	100,00%		

Fuente: El Autor

Como muestra la Tabla (22) el voltaje medio es 122,00 V este voltaje se lo calcula sacando un promedio de todos los voltajes medios, también vemos el voltaje mínimo que es 113,06 V y el voltaje máximo que es 126,48, según la regulación del ARCONEL 005/18 de las 1008 muestras tenemos que no existen valores promedios de tensión por debajo de <104,4V, ni superiores al voltaje nominal que son >129,6. Se concluye que el transformador se encuentra dentro de los parámetros.

- **Flicker de la tensión A**

Tabla 23: *Niveles de perturbaciones (Flickers).*

NIVEL DE SEVERIDAD DE FLICKER			
Límite P_{st}	No. Muestras mayores al límite	Pst = 0,33 p.u.	
1 p.u.	1	Mínimo	Máximo
>1 p.u.	<1 p.u.	0,15	1,01
0,09%	99,91%	08/02/2020,21:20	08/02/2020,04:50

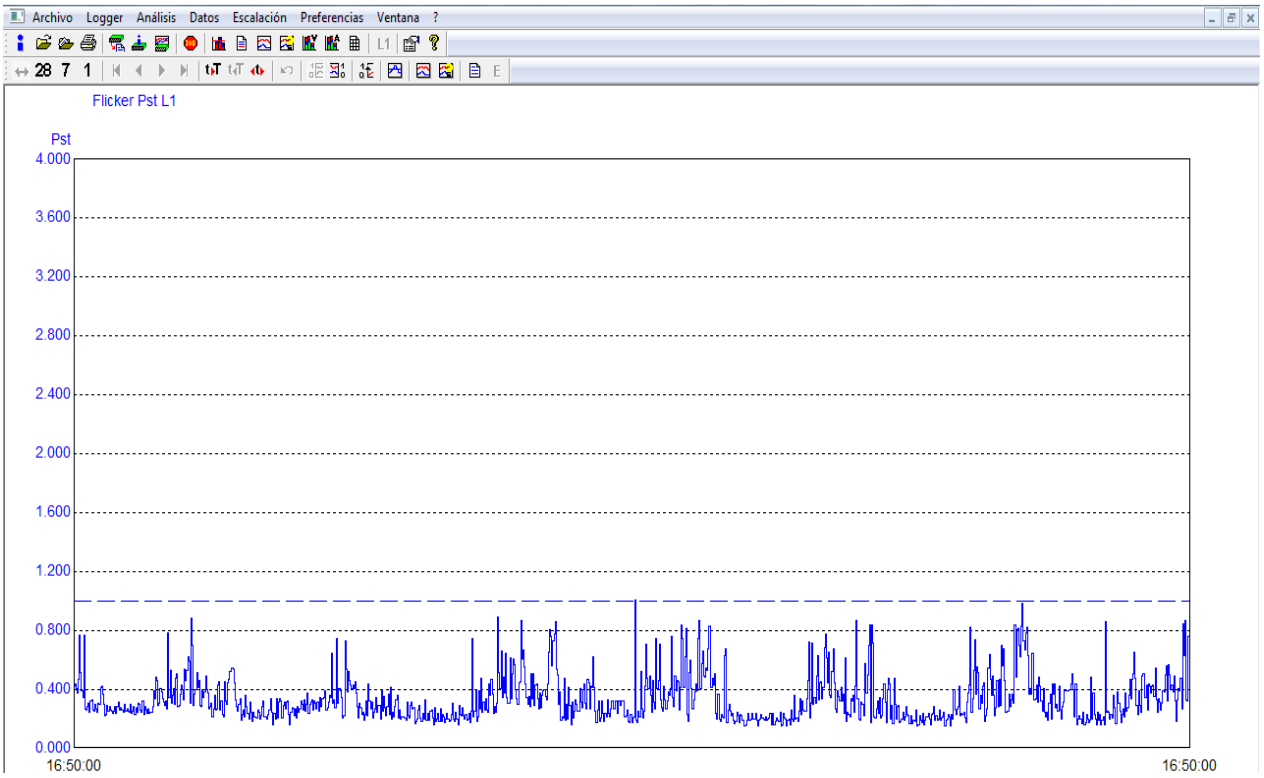
Fuente: El Autor

Como se muestra en la Tabla (23) son las perturbaciones rápidas de voltaje o llamadas FLICKER en la medición que se realizó se identifica 1 muestra que supera el límite que no representan problemas por este tipo a la red de distribución de baja tensión.

El Pst promedio es 0,33 p.u. no supera la unidad (1) se puede observar el mínimo es 0,15 y el máximo 1,01. Se concluye que el transformador no tiene problema de perturbaciones rápidas de voltaje.

Dados los resultados obtenidos en la línea 1 donde el parpadeo no superó el límite admisible, se indagó la situación de la instalación sobre el cual se realizaron las mediciones: se constató que en la red de distribución elegida no existen presencia de flicker, pero no afectan a la red ni al transformador según el porcentaje que pide el ARCONEL.

Figura 17. *Puntos máximos y mínimos de alcance de Flickers, transformador sin vegetación.*



Fuente: El Autor

5.3.1.4. Factor potencia de la tensión A

Tabla 24: *Factor de potencia.*

ENERGÍA: A	Smin 7%	FLA 14,23%	FU 57,13%	FACTOR DE POTENCIA			
200,97kWh	1,01kVA	2,06kVA	8,27kVA	F.P. = 0,86			
Período:	Fecha Inicial:	04/02/2020 16:20		Min↓	Máx↓		
	Fecha Final:	11/02/2020 16:20		0,721	0,994		
	Total Horas:	168h	0min	05/02/2020 11:00	09/02/2020 15:20		

Fuente: El Autor

El consumo promedio del transformador es de 200,97 kWh, es el resultado de la potencia activa promedio por el tiempo de horas de la medición, El factor de potencia promedio es de 0,86 donde se muestra en la tabla en qué fecha y hora hubieron caídas e incrementos del F.P.

El (FU) o factor de utilización es la suma de las dos fases, es decir potencia de la fase B por la intensidad Máxima B, y la potencia de la fase A por la intensidad Máxima A. Para sacar el porcentaje se multiplica por el 100% dividido para la capacidad nominal del transformador.

5.3.1.5. Distorsión armónica de la tensión A

Tabla 25: *Distorsión de armónicos.*

DISTORSIÓN ARMÓNICA					
Limite THDv	Muestras mayores al límite		THDV = 4.54%		
5%	174		Mínimo	Máximo	
>5%		<5%	3.33	8.16	
17.26%		82.74%	10/02/2020,10:30	10/02/2020,19:40	

Fuente: El Autor

En la Tabla (25) se muestra la distorsión armónicos en la medición 174 muestras eran mayor a lo permitido que es el 5% esto equivale que en la medición el 17,26% son armónicos que superan el 5% y el 82,74% son armónicos por debajo del 5%. La THDv promedio en la medición es de 4,54%. Esta medición registra incumplimiento en distorsión armónica del 17,26% en la fase (a).

6.3.1.6. Armónicos individuales de la tensión A

Tabla 26: *Armónicos individuales (Impares múltiplos de 3).*

ARMÓNICAS INDIVIDUALES						
Orden	Límite	Promedio	Clasificación	# M > Lím	% > Límite	% < Límite
3	5.00	3.25	ARMÓNICAS IMPARES MULTIPLOS DE 3	138	13.69%	86.31%
9	1.50	0.44		0	0.00%	100.00%
15	0.30	0.04		0	0.00%	100.00%
21	0.20	0.01		0	0.00%	100.00%
27	0.20	0.00		0	0.00%	100.00%
33	0.20	0.00		0	0.00%	100.00%
39	0.20	0.00		0	0.00%	100.00%
5	6.00	2.45	ARMÓNICAS IMPARES NO MULTIPLOS DE 3	0	0.00%	100.00%
7	5.00	0.52		0	0.00%	100.00%
11	3.50	0.13		0	0.00%	100.00%
13	3.00	0.09		0	0.00%	100.00%
17	2.00	0.03		0	0.00%	100.00%
19	1.50	0.01		0	0.00%	100.00%
23	1.50	0.00		0	0.00%	100.00%
25	1.50	0.00		0	0.00%	100.00%
29	1.32	0.00		0	0.00%	100.00%
31	1.25	0.00		0	0.00%	100.00%
35	1.13	0.00		0	0.00%	100.00%
37	1.08	0.00		0	0.00%	100.00%
2	2.00	0.00	ARMÓNICAS IMPARES	0	0.00%	100.00%
4	1.00	0.00		0	0.00%	100.00%
6	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
8	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
10	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
12	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
14	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
16	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
18	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
20	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
22	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
24	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
26	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
28	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
30	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
32	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
34	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
36	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
38	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
40	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%

Fuente: El Autor

Los porcentajes de THD de voltaje resumidos en la tabla alcanzan valores muy elevados; a partir de lo cual se determina que la distorsión armónica registrada en los puntos de medición es una propagación del tercer armónico en el ramal de alimentador al que están conectados los transformadores bajo análisis.

Se debe tener en cuenta, que el transformador es monofásico a tres hilos con neutro (ramal del alimentador monofásico), por lo tanto, el neutro siempre lleva corriente, aunque ambos circuitos lleven la misma carga, si están desequilibradas el neutro lleva la misma corriente que el circuito más cargado. En un sistema que básicamente consiste en cargas monofásicas la corriente de desbalance circula por el neutro; por lo tanto, según las normatividades el neutro se debe dimensionar a la máxima corriente de desbalance posible y debido a esto es recomendable que el conductor neutro se lo dimensione al menos al mismo tamaño de las fases o incluso la sección del neutro trifásico tiene que ser el doble que el de la fase.

El desbalance de cargas no es el único factor que provoca una alta corriente por el neutro, también lo hacen las cargas no lineales que demandan corrientes no sinusoidales, las cuales generan armónicos en el sistema, dentro de estos equipos están las fuentes conmutadas, centros de cómputo, luminarias fluorescentes compactas, etc., este tipo de cargas hacen que se produzcan importantes corrientes por el neutro del sistema, inclusive en algunos casos supera la corriente de fase.

Los armónicos de tercer orden son de secuencia cero y circulan por el neutro; de tal manera que su eliminación puede llevarse a cabo a través de una correcta puesta a tierra. La presencia del THDv en lo transformadores bajo análisis es una consecuencia del tercer armónico y por lo tanto una eficiente puesta a tierra los eliminará.

El tercer armónico registrado en las mediciones que incumplen con este indicador son una consecuencia de las cargas conectadas en el ramal y la falta una eficiente puesta a tierra que permita la eliminación de la perturbación.

6.3.1.7. Eventos de la tensión B

Tabla 27: *Eventos que se produjeron en L1 y L2.*

Parámetros			Valor máximo			Valor x%		
	Unidad	En50160-50Hz.gwd	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Variaciones de tensión		127V					Valor 95%	
Máximo 100% / 95%	% [Vn]	+10 / +10	-0.41	-0.54	-0.53	-0.41	-0.54	-0.53
Mínimo 100% / 95%	% [Vn]	-15 / -10	-10.98	-11.61	-11.62	-8.21	-8.62	-8.64
Test de interrupciones < 0%	Número	100	1	1	1		-	
Eventos	Número	100	11	21	21		-	
Armónicos de tensión							Valor 95%	
3. armónicos 100% / 95%	% [Vh1]	5 / 5	7.81	7.81	7.81	7.01	7.01	7.01
Armónicos de corriente	A			No			Valor 95%	
Flicker Plt 100% / 95%	Plt	1 / 1	0.774	0.811	0.812	0.565	0.629	0.628
Asimetría V 100% / 95%	%	2 / 2		100.00			100.00	
Tensiones de señal	% [Vn]			No			Valor 99%	
Frecuencia		60 Hz					Valor 99.5%	
Máximo 100% / 99.5%	%	+4 / +1		0.33			0.17	
Mínimo 100% / 99.5%	%	-6 / -1		-0.33			-0.17	

Fuente: El Autor

Tabla 28: *Incrementos de tensión, caidas spubitas de tensión e interrupciones.*

Archivo Logger Análisis Eventos Preferencias Ventana ?

Lx L1 L2 L3

Fase L2	< 20 ms	20...< 100 ms	100...< 500 ms	0.5...< 1 s	1...< 3 s	3...< 20 s	20...< 60 s	>= 1 min
Surge > 10.00%								
Dip > 10.00%								
10...< 15 %		1	1		2	3	1	12
15...< 30 %								
30...< 60 %								
60...< 99 %								1
Interrupción						1		

Registro de eventos a partir e -10.00 / +10.00% de tensión nominal

Dip según recomendación de UNIPEDE

Número de subidas (Surge)	0
Número de caídas (Dip)	21
Número de interrupciones cortas (<3 min)	1
Número de interrupciones largas (>=3 min)	0
Número de interrupciones (Interruption)	1
Total de eventos e interrupciones	22
Total de eventos permitidos	100
Total de interrupciones permitidas	100

Fuente: El Autor

En la línea de tensión 2 tenemos 0 swells (incrementos súbitos de tensión), 21 sags (caídas súbitas de tensión) y 1 interrupciones de servicio menor a 3 minutos.

6.3.1.8. Nivel de voltaje de la tensión B

Tabla 29: *Niveles de tensión.*

NIVEL DE VOLTAJE					
Límite nivel de tensión				V = 121.73V	
-8%	< 104.40	8%	> 129.60	Mínimo	Máximo
Muestras que no cumplen con el límite				112.26	126.32
0		0		4/02/2020 18:50	2/02/2020 06:30
0.00%	100.00%	0.00%	100.00%		

Fuente: El Autor

Como muestra la siguiente tabla (29) el voltaje medio es 121,73 V este voltaje se lo calcula sacando un promedio de todos los voltajes medios, también vemos el promedio del voltaje mínimo que es 112,26 V y el voltaje máximo que es 126,32., según la regulación del ARCONEL 005/18 de las 1008 muestras tenemos que no existen valores promedios de tensión por debajo de <104,4V, ni superiores al voltaje nominal que son >129,6.

6.3.1.9. Flicker de la tensión B

Tabla 30: *Niveles de perturbaciones (Flickers).*

NIVEL DE SEVERIDAD DE FLICKER			
Límite P_{st}	No. Muestras mayores al límite	Pst = 0,44 p.u.	
1 p.u.	2	Mínimo	Máximo
>1 p.u.	<1 p.u.	0,16	1,03
0,19%	99,81%	10/02/2020,02:30	08/02/2020,04:50

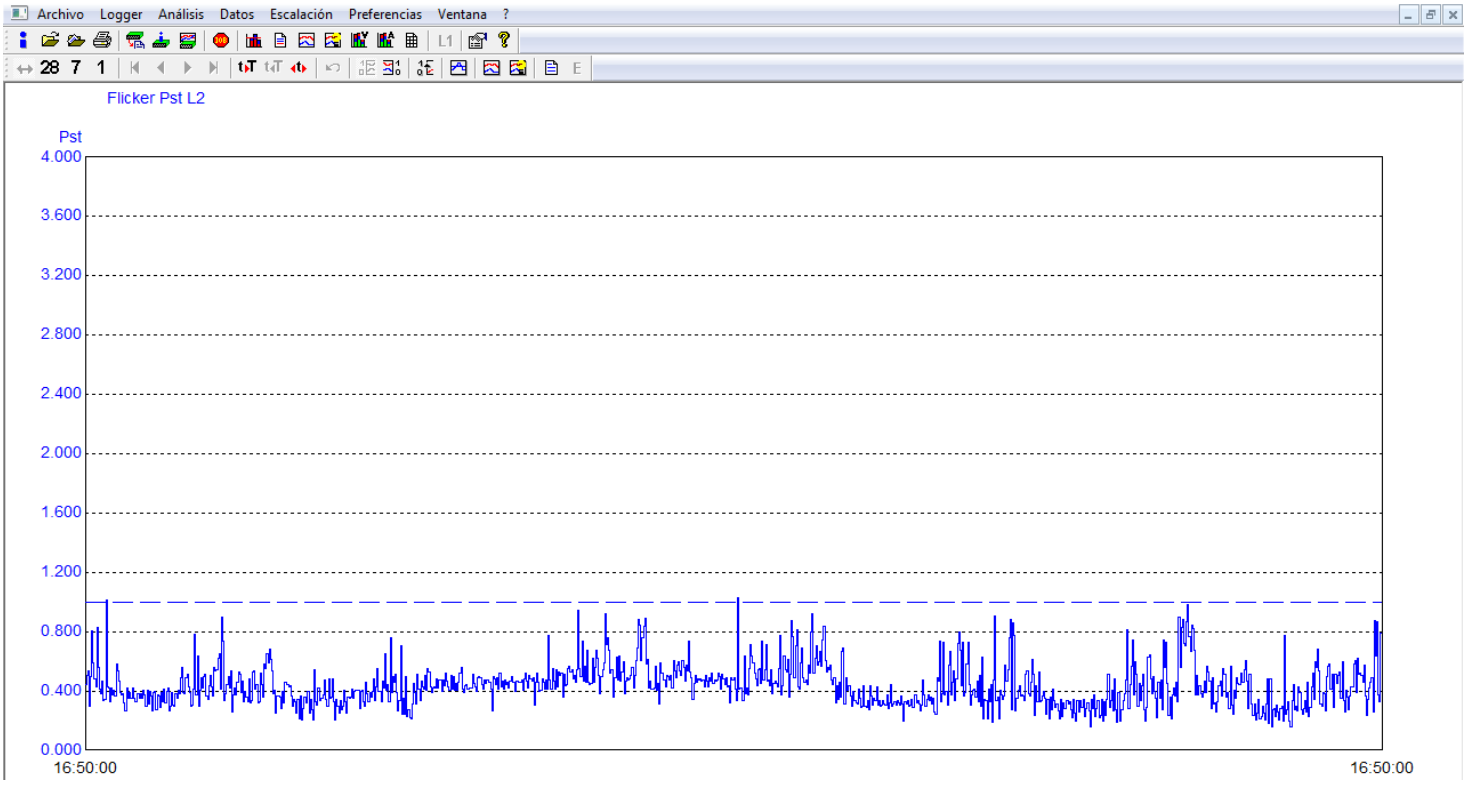
Fuente: El Autor

Como se muestra en la siguiente Tabla (30) son las perturbaciones rápidas de voltaje o llamadas FLICKER en la medición que se realizó se visualiza 2 muestras que superan el límite que no representan problemas por este tipo a la red de distribución de baja tensión.

El Pst promedio es 0,44 p.u. no supera la unidad (1) se puede observar el mínimo es 0,16 y el máximo 1,03.

El transformador no tiene problema de perturbaciones rápidas de voltaje.

Figura 18. *Puntos máximos y mínimos de alcance de Flickers.*



Fuente: El Autor

6.3.1.10. Factor potencia de la tensión B

Tabla 31: *Factor de potencia.*

ENERGÍA: B	Smin 7%	FLA 14,23%	FU 57,13%	FACTOR DE POTENCIA			
230,59kWh	1,01kVA	2,06kVA	8,27kVA	F.P. = 0,85			
Período:	Fecha Inicial:	04/02/2020 16:20		Min↓	Máx↓		
	Fecha Final:	11/02/2020 16:20		0,676	0,996		
	Total Horas:	168h	0min	05/02/2020 11:40	05/02/2020 8:50		

Fuente: El Autor

El consumo promedio del transformador es de 230,59 kWh, es el resultado de la potencia activa promedio por el tiempo de horas de la medición.

El factor de potencia promedio es de 0,85 donde se muestra en la tabla en qué fecha y hora hubieron caídas e incrementos del F.P.

El (FU) o factor de utilización es la suma de las dos fases, es decir potencia de la fase B por la intensidad Máxima B, y la potencia de la fase A por la intensidad Máxima A.

Para sacar el porcentaje se multiplica por el 100% dividido para la capacidad nominal del transformador.

6.3.1.11. Distorsión armónica de la tensión B

Tabla 32: *Distrosión de armónicos.*

DISTORSIÓN ARMÓNICA				
Limite THDv	**Muestras mayores al límite**		**THDV = 4.43%**	
5%	**177**		**Mínimo**	**Máximo**
>5%		<5%	3.26	8.14
17.56%		**82.44%**	10/02/2020,10:30	10/02/2020,19:30

Fuente: El Autor

En la tabla 32 se muestra la distorsión armónicos en la medición 177 muestras eran mayor a lo permitido que es el 5% esto equivale que en la medición el 17,56% son armónicos que superan el 5% y el 82,44% son armónicos por debajo del 5%.

La THDv promedio en la medición es de 4,43%. Esta medición registra incumplimiento en distorsión armónica del 17,56% en la fase (b).

6.3.1.12. Armónicos individuales de la tensión B

Tabla 33: *Armónicos individuales (Impares múltiplos de 3).*

ARMÓNICAS INDIVIDUALES						
Orden	Límite	Promedio	Clasificación	# M > Lím	% > Límite	% < Límite
3	5.00	3.16	ARMÓNICAS IMPARES MULTIPLOS DE 3	130	12.90%	87.10%
9	1.50	0.97		0	0.00%	100.00%
15	0.30	0.10		0	0.00%	100.00%
21	0.20	0.03		0	0.00%	100.00%
27	0.20	0.01		0	0.00%	100.00%
33	0.20	0.00		0	0.00%	100.00%
39	0.20	0.00		0	0.00%	100.00%
5	6.00	2.60	ARMÓNICAS IMPARES NO MULTIPLOS DE 3	0	0.00%	100.00%
7	5.00	0.81		0	0.00%	100.00%
11	3.50	0.33		0	0.00%	100.00%
13	3.00	0.07		0	0.00%	100.00%
17	2.00	0.06		0	0.00%	100.00%
19	1.50	0.04		0	0.00%	100.00%
23	1.50	0.02		0	0.00%	100.00%
25	1.50	0.00		0	0.00%	100.00%
29	1.32	0.00		0	0.00%	100.00%
31	1.25	0.00		0	0.00%	100.00%
35	1.13	0.00		0	0.00%	100.00%
37	1.08	0.00		0	0.00%	100.00%
2	2.00	0.00	ARMÓNICAS IMPARES	0	0.00%	100.00%
4	1.00	0.00		0	0.00%	100.00%
6	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
8	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
10	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
12	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
14	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
16	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
18	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
20	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
22	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
24	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
26	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
28	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
30	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
32	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
34	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
36	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
38	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%
40	0.50	0.00		0	0.00%	100.00%

Fuente: El Autor

Los porcentajes de THD de voltaje resumidos en la tabla 33 alcanzan valores muy elevados; a partir de lo cual se determina que la distorsión armónica registrada en los puntos de medición es

una propagación del tercer armónico en el ramal de alimentador al que están conectados los transformadores bajo análisis.

Se debe tener en cuenta, que el transformador es monofásico a tres hilos con neutro (ramal del alimentador monofásico), por lo tanto, el neutro siempre lleva corriente, aunque ambos circuitos lleven la misma carga, si están desequilibradas el neutro lleva la misma corriente que el circuito más cargado. En un sistema que básicamente consiste en cargas monofásicas la corriente de desbalance circula por el neutro; por lo tanto, según las normatividades el neutro se debe dimensionar a la máxima corriente de desbalance posible y debido a esto es recomendable que el conductor neutro se lo dimensione al menos al mismo tamaño de las fases o incluso la sección del neutro trifásico tiene que ser el doble que el de la fase.

El desbalance de cargas no es el único factor que provoca una alta corriente por el neutro, también lo hacen las cargas no lineales que demandan corrientes no sinusoidales, las cuales generan armónicos en el sistema, dentro de estos equipos están las fuentes conmutadas, centros de cómputo, luminarias fluorescentes compactas, etc., este tipo de cargas hacen que se produzcan importantes corrientes por el neutro del sistema, inclusive en algunos casos supera la corriente de fase.

Los armónicos de tercer orden son de secuencia cero y circulan por el neutro; de tal manera que su eliminación puede llevarse a cabo a través de una correcta puesta a tierra. La presencia del THDv en lo transformadores bajo análisis es una consecuencia del tercer armónico y por lo tanto una eficiente puesta a tierra los eliminará.

El tercer armónico registrado en las mediciones que incumplen con este indicador son una consecuencia de las cargas conectadas en el ramal y la falta una eficiente puesta a tierra que permita la eliminación de la perturbación.

5.3.3 Analizar los efectos que produce la vegetación en los parámetros mecánicos en las redes aéreas de baja tensión.

La Tabla 34 muestra una comparativa de ciertos parámetros mecánicos, tanto para el trasformador con vegetación en el tendido eléctrico como para el transformador sin vegetación.

Tabla 34. *Tabla comparativa de mediciones del mes de febrero.*

	TRANSFORMADOR CON VEGETACIÓN	**TRANSFORMADOR SIN VEGETACIÓN**
Factor de utilización	42.66%,	51,13%
Potencia consumida máxima	6.40 kVA	8.27 kVA
Incremento de voltaje	841 muestras (Fase A Y B)	0
Desbalance de carga	41,76%	6,78%
Distorción armónica fase A	16,37%	17,26%
Distorción armónica fase B	16,87%	17,56%
Desbalance de voltaje	0,18	0,11

Fuente: El Autor

En la tabla anterior se puede observar que el transformador sin vegetación tiene mayor tiempo de uso que su alterno, por tanto, la potencia consumida máxima aumentará, sin embargo, el incremento de muestras de variación de voltaje es debido a la vegetación, y su desbalance de carga está fuera de la normativa, en cuanto a las perturbaciones, se presentan menos perturbaciones en el transformador con vegetación.

6. RESULTADOS

En esta sección se exponen cada uno de los resultados que dan respuesta a los objetivos de investigación. Para obtener datos que permitan un posterior análisis fiable, estos deben tener un margen de error mínimo y requieren de un sistema de medición, el cual está conformado por un aparato que analiza diversos parámetros que definen la calidad de la electricidad y su software.

La información obtenida se descarga al software propietario para su posterior análisis e interpretación.

Las mediciones se realizaron en el mes de febrero del 2020, con períodos de integración de 10 minutos, según lo especificado en la norma de referencia.

El instrumento se conectó con 3 puntas de medición, una por cada una de las dos líneas y la restante para el neutro, de modo que se midieron los valores de las tensiones de fase. Las mediciones se realizaron en dos transformadores monofásicos de baja tensión.

La identificación de las especies vegetales presentes en el tendido eléctrico se realizó mediante un pequeño estudio morfológico el cual se incluye en el **Anexo V**, como resultado se obtuvo que las especies observadas en el tendido eléctrico de la ciudad de Loja son las Bromelias: *Tillandsia recurvata*, *Tillandsia straminea y Tillandsia usneoides*, siendo la última la vegetación predominante en el cableado eléctrico.

6.1 Efectos que produce la vegetación en los parámetros eléctricos en las redes aéreas de baja tensión.

Antes de indicar los efectos que produce la vegetación se indica las tablas que corroboran el sector donde se realizaron las mediciones en este caso Zalapa, las tablas que se presentan, son obtenidas del software PQ Log, tanto para el transformador con y sin vegetación en el tendido eléctrico.

6.1.1 Pruebas eléctricas en el transformador con vegetación

La tabla 35 muestra las características del transformador con vegetación en el tendido eléctrico, donde se observa el equipo de medición que se usa (Fluke 1744), entre otras características como la ubicación, el sector, por tanto, se corrobora que la información es real y las mediciones se realizaron en el sector que se estableció.

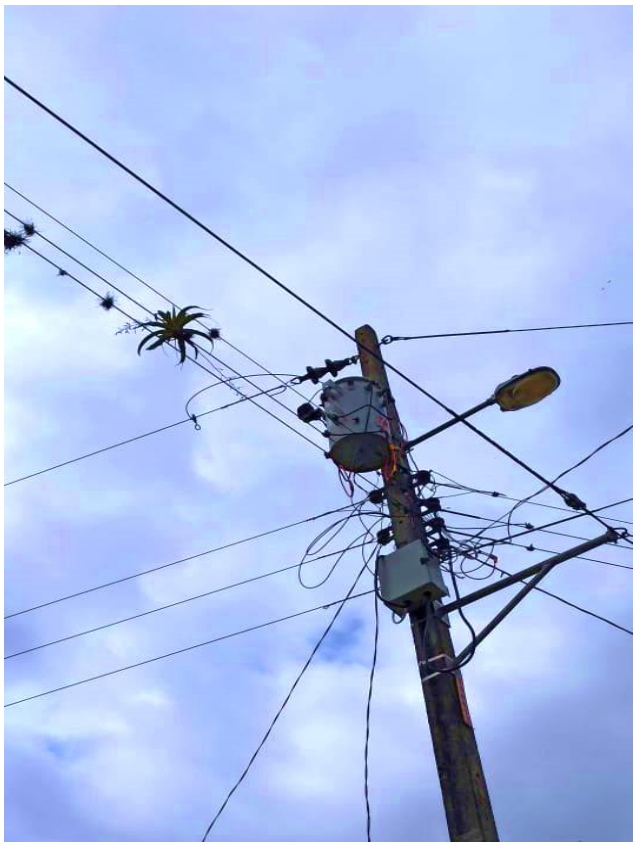
Tabla 35. *Características generales del transformador con vegetación a medir.*

CARACTERÍSTICAS DE LA MEDICIÓN				
Trafo:	14241	**Tipo:**	Monofásico	
Dirección:	Vía a Zalapa	**Potencia:**	15 kVA	
Provincia:	Loja	**Alimentador:**	Motupe	
Cantón:	Loja	**S/E:**	Norte	
Parroquia:	Carigán	**Registrador:**	Fluke 1744	
Sector:	Zalapa	**Tensión:**	240V	fase - fase
Zona:	R (Rural)		120V	fase - neutro
Registro:	145498	**Fase:**	**(a) y (b)**	
Muestras:	1008	**S Promedio:**	*2.13 kVA*	

Fuente: El Autor

El transformador se encuentra en el poste como se muestra en la Figura 19, donde se observa la vegetación presente en las líneas de baja tensión, el instrumento de medición Fluke 1744 estuvo instalado por un lapso de 7 días.

Figura 19. *Poste con tendido eléctrico con vegetación*



Fuente: El Autor

6.1.2 Pruebas eléctricas en el transformador sin vegetación

De igual forma que la tabla 35, la tabla 36 corrobora la información del transformador, se puede observar que tienen las mismas características técnicas, sin embargo, difieren del número de etiquetado para su identificación. Así mismo las muestras que se toman son las mismas para ambos, solamente están en diferentes postes eléctricos.

Tabla 36. *Características generales del transformador sin vegetación a medir.*

CARACTERÍSTICAS DE LA MEDICIÓN				
Trafo:	13448	**Tipo:**	Monofásico	
Dirección:	Vía a Salapa	**Potencia:**	15 kVA	
Provincia:	Loja	**Alimentador:**	Motupe	
Cantón:	Loja	**S/E:**	Norte	
Parroquia:	Carigán	**Registrador:**	Fluke 1744	
Sector:	Zalapa	**Tensión:**	240V	fase - fase
Zona:	R (Rural)		120V	fase - neutro
Registro:	140114	**Fase:**	**(a) y (b)**	
Muestras:	1008	**S Promedio:**	*2.13 kVA*	

Fuente: El Autor

El transformador se encuentra en el poste como se muestra en la Figura 20, donde se observa que no existe vegetación presente en las líneas de baja tensión, el instrumento de medición Fluke 1744 estuvo instalado por un lapso de 7 días.

Figura 20. *Poste con tendido eléctrico sin vegetación.*

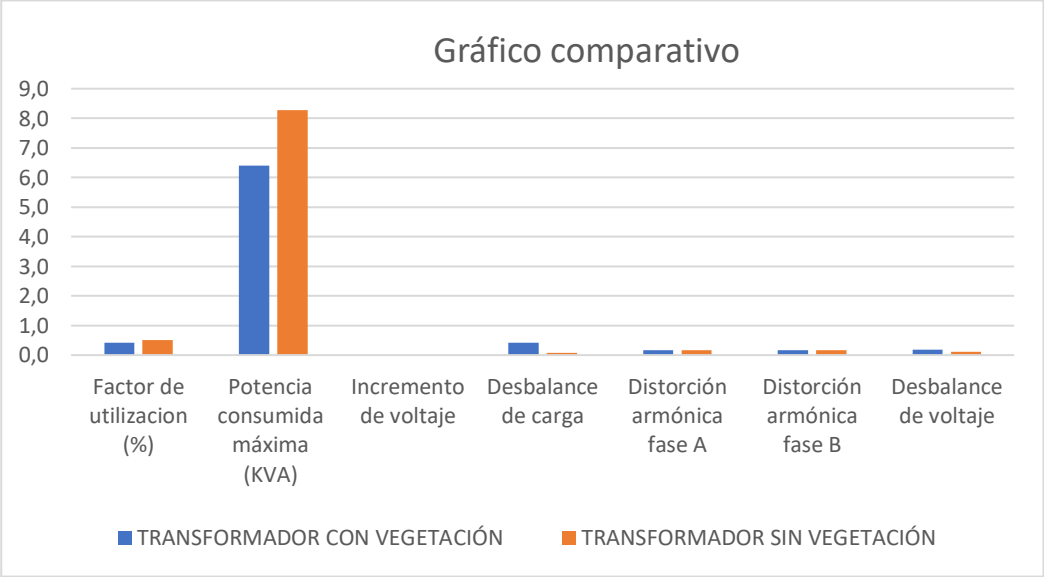
Fuente: El Autor

6.2 Efectos que produce la vegetación en los parámetros mecánicos en las redes aéreas de baja tensión.

Dentro de la presente tesis se efectuaron 6 mediciones con el equipo registrador de calidad de energía en dos transformadores monofásicos, de la cual una red presenta distintas clases de vegetación y la segunda red no presenta vegetación.

Analizando las mediciones en los dos transformadores se observa que en las dos redes existen diversos tipos de perturbación, las mediciones en los bornes de los transformadores presentaron caídas de tensión, incrementos en la corriente, armónicos y flicker que son normales en las redes de distribución.

Figura 21. *Gráfico comparativo de parámetros eléctricos entre los dos transformadores.*



Fuente: El Autor

La figura 21 presenta un gráfico comparativo basado en la tabla 36, el transformador con vegetación tiene un mayor desbalance de carga, este también presentaba mayor cantidad de muestras en el incremento del voltaje.

6.2.1 Resistencia de materiales.

6.2.1.1. Descripción

Cable de Aluminio desnudo 1350-H19, cableados concéntricamente alrededor de un núcleo de Acero Galvanizado. Cable con una alta resistencia a la tensión y al esfuerzo mecánico, adecuada para ser instalados en líneas aéreas en tramos largos, de bajo peso en comparación con cables de cobre, alta capacidad de corriente, de larga duración y bajo mantenimiento

6.2.1.2. Aplicación

Cables de Aluminio desnudo con Alama de Acero Galvanizado, utilizados en líneas aéreas de transmisión y distribución de energía eléctrica, donde se requiere de una alta carga de ruptura. Con diferentes cableados en el núcleo de acero se pueden obtener diferentes cargas de ruptura, sin sacrificar la capacidad de conducción de corriente

Tabla 37. *Conductores de Aluminio Desnudos con Alma de Acero (ACSR)*

Código Producto	Nombre Clave	Calibre AWG o Kcmil	Formación # de alambres	Diámetro Alambre Aluminio mm	Diámetro Alambre Acero mm	Diámetro Final mm	Peso Kg/Km	Amperaje (A)	Colores Disponibles
5-0004	Raven	1/0	6+1	3.37	3.37	10.11	216.06	242	5-0004

Fuente: El Autor

6.2.1.3. Materiales del conductor

Los conductores están fabricados con aluminio y acero.

- El aluminio empleado para la fabricación de los conductores ACSR requiere una pureza mínima de 99.60%.
- El conductor posee un hilo acero en su centro, de ahí su denominación “alma de acero”, es necesario que la obtención y composición de este material cumpla con los requisitos.

6.2.1.4. Formación del conductor

Los conductores de aluminio desnudos con alma de acero (ACSR) 1/0 AWG "RAVEN" posee seis (6) hilos de aluminio alrededor de un hilo de acero (alma de acero) formando una corona única.

6.2.1.5. Temple

Los hilos componentes de los conductores, deben ser fabricados de aluminio con temple H19. (Tratamientos Térmicos)

6.2.1.6. Resistividad

La resistividad máxima permitida para los conductores ACSR a la temperatura de 20ºC debe ser de 0.028264 Ω mm²/m.

6.2.1.7. Capa de zinc

La capa de zinc debe tener espesor uniforme y adherido firmemente al acero. El espesor de la capa de zinc, en gramos por metro cuadrado de superficie del hilo sin el recubrimiento de zinc, no debe ser inferior al indicado

6.2.2. Resistencia Mecánica a la Tracción

La resistencia mecánica mínima a la tracción en los conductores, está indicada en la tabla (38).

Tabla 38: *Resistencia mecánica mínima de los conductores*

Diámetro Nominal (mm)	Para Conductores		Tolerancias (mm)		Tensión Mínima de Resistencia a la Tracción a 1% de Alargamiento		Tensión Mínima de Resistencia a la Tracción		Alargamiento Mínimo en 250 mm (%)	Peso Mínimo de la Capa de Zinc (g/m²)
	Calibre AWG o kcmil	Código	Diámetro Mínimo	Diámetro Máximo	Kgf	Kgf/mm²	Kgf	Kgf/mm²		
2.12	4	Swan	2.08	2.17	473	134	522	148	3.0	214
3.37	1/0	Raven	3.32	3.45	1133	127	1284	144	4.0	259
3.09	266.8	Waxwing	3.04	3.15	421	134	464	144	4.0	259
2.68	477.0	Hawk	2.64	2.73	733	130	812	144	3.5	249

Fuente: El Autor

En los conductores ACSR, la resistencia total mínima a la tracción será calculada por la suma de las resistencias mínimas a la tracción de los hilos de acero a 1% del alargamiento. Para efecto de

verificación, es obligatorio la prueba de resistencia mínima a la tracción en el conductor después del trenzado (ver Tabla 38).

6.2.3. Resistencia Eléctrica

La resistencia eléctrica máxima permitida para los hilos y conductores desnudos están indicados en la tabla (39).

Tabla 39: *Resistencia eléctrica mínima de los conductores.*

Sección Total Real (mm²)	Calibre AWG o kcmil	Código	Tensión Mínima de Resistencia a la Tracción			Alargamiento Mínimo de los Hilos Componentes en 1500 mm (%)	Peso del Conductor (kg/km)	Resistência Eléctrica Máxima 20 ºC (ohm/km)
			Hilos Componentes de los Conductores		Conductor Completo kgf			
			kgf	kgf/mm²				
24.71	4	Swan	67	19.0	830	1.5	85	1.354
62.38	1/0	Raven	156	17.5	1940	1.7	216	0.535
142.57	266.8	Waxwing	93	18.0	3120	1.5	430.8	0.213
281.10	477.0	Hawk	163	17.5	8820	1.7	975	0.120

Fuente: El Autor

6.2.4. Ensayos

6.2.4.1. Tipos de conductores e identificación.

Los conductores de aluminio desnudo reforzados con aleación de aluminio, tipo ACAR, son cableados concéntricamente con alambres de aluminio 1350-H19, sobre un alma de aleación de aluminio, que puede ser un alambre, o varios alambres de aleación de aluminio 6201-T81. Estos dos componentes, en su proceso de fabricación, deben cumplir con las especificaciones de las normas ASTM B230, ASTM B398 y la ASTM B524.

Los conductores de aluminio desnudo reforzados con acero, tipo ACSR, son cableados concéntricamente con alambres de aluminio 1350-H19, sobre un alma de acero, que puede ser un alambre o un cable de acero galvanizado. La fabricación de este conductor y sus componentes se lo realiza bajo el cumplimiento de las siguientes normas ASTM B230, ASTM B232, ASTM B 498 y ASTM B500.

En nuestro caso el cable que se encuentra en la red de distribución es el ACSR.

6.2.4.2. Tipos de Pruebas a realizar

Con las pruebas que se realizan a los cables se puede verificar el comportamiento de los mismos. Existen diferentes tipos de pruebas a las que se les someten a los cables, entre las cuales podemos mencionar tipos de pruebas eléctricas, mecánicas y dimensionales.

Antes de iniciar las pruebas al conductor, se realizarán inspecciones visuales de los hilos, verificando que el conductor no tenga defectos como son: roturas, escorias, humedad, etc., las mismas que pueden ser comprobadas visualmente.

Pruebas al conductor

- Ensayo de medición de diámetro.
- Ensayo para determinar el peso unitario del cable.

6.2.4.3. Ensayo de medición de diámetro

Propósito:

- Establecer los pasos a seguir para la medición del diámetro del conductor completo.
- Medir y determinar si los diámetros del conductor completo cumplen con las especificaciones técnicas, utilizando los equipos y las actividades indicadas.

Equipos:

- Calibrador (para cables o conductores).
- Calculadora.

Actividades:

- Tomar una muestra del conductor completo y, con el calibrador, realizar tres mediciones en diferentes puntos.
- Para el caso de alambres o hilos, tomar una muestra representativa de aproximadamente 350mm de longitud y enderezar la muestra sin someterla a estiramiento.
- Anotar el promedio de las mediciones tanto para el caso de los alambres como para el conductor completo.

Criterios de evaluación:

Los resultados son considerados aceptables, si cumplen con las especificaciones técnicas del producto.

Registro de resultados:

Una vez realizada la prueba, los datos promedio del diámetro del alambre y del conductor completo deben ser incluidos en la tabla.

Tabla 40: *Diámetro de los alambres de aluminio y acero.*

	ALUMINO diámetro conductor nuevo 3,37mm	**ACERO diámetro conductor nuevo 3,37mm**
D prueba 1	3,368	3,37
D prueba 2	3,369	3,37
D prueba 3	3,369	3,37
D prueba 4	3,368	3,37
D prueba 5	3,369	3,37
D prueba 6	3,37	3,37
D Promedio	3,368833	3,37

Fuente: El Autor

$$x = \frac{\text{D AL Promedio x 100\%}}{\text{D AL NUEVO}} \qquad Ec.7$$

$$x = \frac{3{,}368833\text{mm x } 100\%}{3{,}37\text{mm}}$$

$$x = 99{,}965\%$$

$$x = 0{,}035\% \ \textbf{Deformación}$$

El 0,035% es la deformación del cable de aluminio dado por el tiempo de uso, en el caso del conductor de acero no se experimentó ninguna deformación.

$$x = D\ acero + D\ aluminio\ 1 + D\ aluminio\ 2 \qquad Ec.\ 8$$

$$x = 10{,}107mm$$

Con las muestras de diámetro tomadas de los conductores se obtuvo el diámetro nominal del conductor dado en 10.11 mm

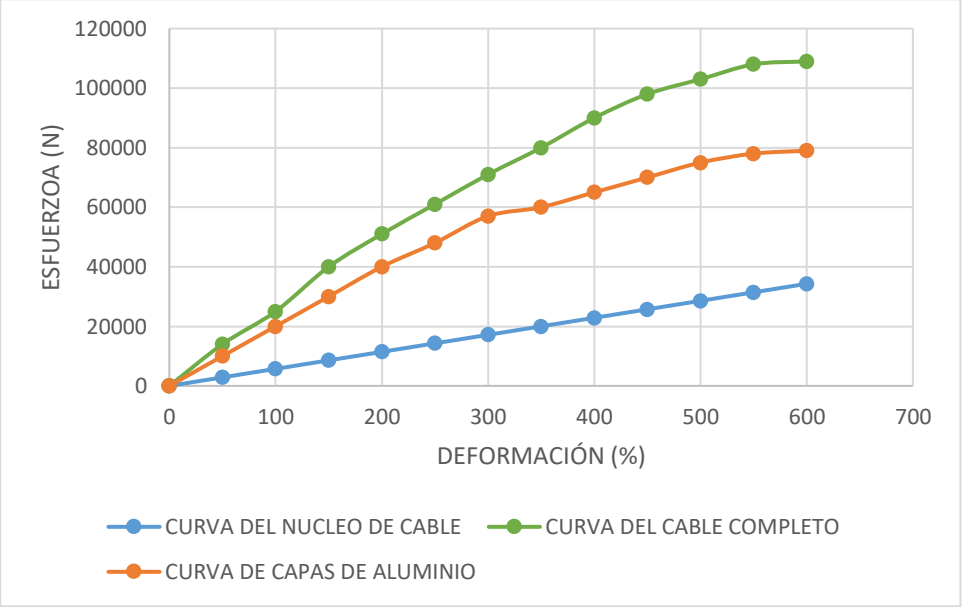
$$x = \frac{10{,}107\text{mm x } 100\%}{10{,}11\text{mm}}$$

$$x = 99{,}970\%$$

$$x = 0{,}030\% \ \textbf{Deformación}$$

Con la suma de las muestras de diámetros del conductor de aluminio más el diámetro de la muestra del conductor de acero da como resultado 0,030%, se puede decir que la deformación que ha experimentado el conductor es normal, véase la Figura 22.

Figura 22. *Comparativo de la resistencia del cable*



Fuente: El Autor

6.2.4.4. Ensayo para determinar el peso unitario del cable

Propósito:

- Medir y determinar si el peso unitario del conductor completo cumple con las normas y/o especificaciones técnicas, utilizando el equipo y las actividades indicadas.

Equipo:

- Balanza.

Actividades:

- Cortar la muestra de un (1) metro de longitud del conductor completo.
- Colocar la muestra sobre la balanza y tome el valor en kg.
- Encontrar el peso unitario.
- El valor obtenido será el peso unitario en kg/m del cable.
- Criterios de evaluación
- Los resultados deben cumplir con la especificación técnica o peso del cable nuevo por 1 metro

Registro de resultados

Tabla 41: *Pesos del mismo conductor para ensayo.*

	CONDUCTOR
Peso Nuevo	0,21605 kg
Peso envejecido 1	0,21612 kg
Peso envejecido 2	0,21611 kg
Peso envejecido 3	0,21609 kg
Peso envejecido promedio	0,21610 kg

Fuente: El Autor

$$x = \frac{\text{P conductor x 100\%}}{\text{P conductor NUEVO}} \qquad Ec.9$$

$$x = \frac{0{,}21610\text{kg x } 100\%}{0{,}21605}$$

$$x = 100{,}023\%$$

$$x = 0{,}023\% \ \textbf{Incremento}$$

La muestra de peso del conductor se puede observar que tuvo un incremento del 0,023% del peso nominal del conductor nuevo este incremento se debe que el conductor esta envejecido con rastros de moho por causa de los Elementos extraños en la red.

7. DISCUSIÓN

Con los resultados de la medición realizada, y en función de lo expuesto en el trabajo a partir del análisis de la literatura, se enfatiza en lo siguiente:

El transformador A con presencia de vegetación mostró problemas de voltaje elevado, la causa no es la vegetación en sus redes, sino, puede ser causa del tap del transformador, también, otro dato importante son los problemas de flicker, mismo que sobrepasó el nivel permitido por ARCONEL, otra anomalía detectada es el desbalance de carga entre sus tensiones superando el 10% entre las fases.

El transformador B sin presencia de vegetación no mostró problemas de voltaje, ni problemas de flicker, el problema detectado son los armónicos, ya que sobrepasaron el nivel permitido por ARCONEL, y no refleja desbalance de carga.

Los datos obtenidos en la presente investigación demuestran que la presencia de vegetación no provoca alguna situación o problemas en las redes de distribución de baja tensión, sin embargo, estos problemas pueden tener diversas causas.

8. CONCLUSIONES

- Por medio de fotografías se pudo constatar que en varios lugares de la ciudad de Loja existe una considerable presencia de vegetación en el tendido eléctrico, lo cual permitió continuar con el desarrollo de los demás objetivos; mediante un estudio morfológico se identificaron 3 especies de Bromelias, de las cuales la que predomina en las redes de baja tensión de la ciudad de Loja es la *Tillandsia usneoides.*

- En el caso de las cargas de los consumidores de energía eléctrica que son los que generan armónicos, se debe efectuar un chequeo en sus instalaciones internas, al igual que revisar conductores mal dimensionados, en mal estado o conexiones flojas, pueden dar lugar a problemas en el funcionamiento de los equipos o artefactos conectados.

- Con el análisis de los parámetros mecánicos, el conductor y los hilos del conductor, en las redes de baja tensión en los dos transformadores tanto con vegetación como sin vegetación, se pudo concluir que los diámetros de estos cables se deformaron en un porcentaje mínimo que no afecta a su vida útil. Con respecto al peso de los conductores se comprobó un incremento en los mismos debido a la presencia de vegetación.

9. RECOMENDACIONES

- Notificar a la EERSSA el requerimiento de realizar mantenimiento y limpieza del tendido eléctrico, ya que existen diversos puntos de la ciudad con vegetación abundante, en caso de no realizar el mantenimiento adecuado podría crecer aún más y ocasionar problemas mayores.

- Revisar los conductores de neutro y medir las resistencias de puesta a tierra en los transformadores, además se debe efectuar una revisión de las conexiones internas de las residencias, puesto que conductores mal dimensionados o en mal estado pueden generar fallas de desbalance de voltajes, elevadas caídas de tensión, etc.

- Verificar que los fabricantes de conductores para redes de distribución cumplan con las normas naciones e internacionales para la producción de este tipo de materiales.

10. BIBLIOGRAFÍA

ARCONEL. (2018). *RESOLUCIÓN Nro. ARCONEL-018/18.* Obtenido de https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/07/018-18-Proyecto-de-Regulacion-Franjas-de-Servidumbre-en-lineas-del-servicio-de-energia-electrica-y-distancias-de-seguridad-entre-las-redes-electricas-y-edificaciones.pdf

CDM. (2012). *Riesgo Eléctrico Bajo Control.* Universidad Politécnica de Madrid-Comunidad de Madrid., Madrid.

CONELEC. (2013). *Plan Nacional de Electrificación.* Quito, Ecuador. Obtenido de https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol2-Estudio-y-gesti%C3%B3n-de-la-demanda-el%C3%A9ctrica.pdf

Conhesa. (2014). *https://www.relsamex.com.* Obtenido de https://www.relsamex.com/wp-content/uploads/2016/02/CATALOGO-CONHESA2014.pdf

Cultura Guaraní. (Martes de Septiembre de 2017). Obtenido de https://rescatando-mi-cultura-guaran.blogspot.com/2017/09/familia-de-plantas-bromelias.html

EERSSA. (2012). *"NORMAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS URBANAS Y RURALES".* EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR., Loja. Obtenido de http://www.eerssa.gob.ec/eerssa/lotaip/2017/noviembre/archivos/a3/Normas_tecnicas_para_el_diseno_de_redes_electricas_urbanas_y_rurales.pdf

EERSSA. (2018). *eerssa.gob.ec.* Obtenido de Historia de la Empresa Elèctrica Regional del Sur S.A.: https://www.eerssa.gob.ec/historia-de-la-empresa-electrica-regional-del-sur-s-a-eerssa/

Flowers, T. (Mayo de 2008). *http://tropicalflowers.la.coocan.jp/.* Obtenido de http://tropicalflowers.la.coocan.jp/Bromeliaceae/Tillandsia%20usneoides/Tillandsia%20usneoides.htm

García Trasancos, J. (s.f.). *Instalaciones Eléctricas en media y baja tensión* (Sexta ed.). Madrid, España: Paraninfo S.A,.

Gonzáles Gonzáles, E. F., Morante Benavides, J. A., & Vicuña Terán, W. F. (Marzo de 2015). *Universidad Politécnica Salesiana.* Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10236/1/UPS-GT001310.pdf

Guerrero, A. M. (27 de Junio de 2019). *UETMM Repositorio.* Obtenido de https://flickr.com/photos/154043720@N05/48553002277/in/photostream/

iDinamic. (2015). *idinamic.com*. Obtenido de https://idinamic.com/es/ingenieria/electrica-y-energetica/proyecto-y-diseno-de-lineas-electricas

IEC 61000-4-15. (s.f.). *Testing and measurement techniques – Flickermeter – Functional and design specifications.*

Juarez. (1995). *Juárez, J. (1995). Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica. México: Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco.*

Juárez. (1995). *Juárez, J. (1995). Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica. México: Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco.*

Martinez, L. (2010). Obtenido de https://es.calameo.com/books/001283276fe9ce1da1762

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (s.f.). *Homologación de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcciòn (UC) del Sistema de Distribución Elèctrica.*

Pérez, B., & Mendoza, A. (2002). Morfología vegetal neotropical. *Biología Tropical, 50*(3-4).

Regulación Eléctrica. (20 de febrero de 2020). *Regulación Eléctrica*. Obtenido de Regulación Eléctrica: https://www.regulacionelectrica.gob.ec/regulaciones/

Roja, J. (2018). "Diseño e implementación de los circuitos de control para cuatro bahías. *Trabajo de titulación de ingeniería eléctrica*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. Obtenido de http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31321/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf

Tecnolisto. (06 de Julio de 2018). *Reparaciones en el hogar*. Obtenido de https://reparacioncasera.blogspot.com/2014/06/tipo-de-cable-para-acometida.html

Tropical Flowers. (Febrero de 2007). *Tsukuba Botanical Garden.* Obtenido de http://tropicalflowers.la.coocan.jp/Bromeliaceae/Tillandsia%20straminea/Tillandsia%20straminea.htm

11. ANEXOS

ANEXOS I. ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO FLUKE 1744

DATOS TÉCNICOS DEL FLUKE 1744.	
4 entradas de tensión (CA/CC) **Fase de entrada** **impedancia**	**L1, L2.L3, N, E** **600VCA/848 VCCL-N** **10KΩ**
4 entrada de corriente (CA/CC) Impedancia	20,48 kHz
Frecuencia de muestreo	20,48 kHz
Frecuencia fundamental de sincronización:	De 45Hz a 65Hz
Intervalo de medición:	libre de 1 segundo a 30 minutos
Memoria tarjeta micro SD	Estándar de 4 GB Opcional de hasta 32 GB
Interfaz:	USB 2.0 TCP/IP de 100Mb
Sincronización temporal	Reloj GPS o DCF77
Dimensiones	202 x181x40mm
peso	1,0kg
Clase de protección IP	IP65
CEI 61000-4-30(ed3):	Clase A

Entrada de corriente y entrad de tensión de presión	<0,1%
Categoría	CAT IV/600V
Sobretensiones	Tensión de impulsos de 12,8kv 5s=7,4kv RMS
Conversor A/D:	24 bits
Temperatura:	Funcionamiento de 20 a 60°C Almacenamiento: de 30 a 80°C
Suministro eléctrico:	Suministro eléctrico: 15v/<10VA

ANEXO II. MEDICIÓN Y FUNCIONES - FLYKE 1744

Estándares de Evaluación y detección automáticas de eventos para:

En 50160 (2011) / (CEI.6100-2-2/ CEI 61000-2-2/ CEI 61000-2-12/ CEI 61000-2-4 (clase 1, 2,3) /nrs048/IEEE519/CEI 61000-4-30 ed. 3, clase A CEI 61000-4-7 y CEI 61000-4-15.

Registro Continuo según el intervalo que defina el usuario con más de 3.500 parámetros: Que incluyen:	
Tensión: valor medio, mínimo y máx.	
Potencia: P,Q,S,PF,cosphi,sinphi,tanphi	
Potencia de distorsión D; potencia fundamental	
Energía: P,Q,P+,P-,Q+Q-, Flicker ($P_{st,}$, $P_{lt,}$, Ps5,)(CE1000-4-15)	
Corriente y Tensión de Desequilibrio	
Armónicos de tensión de desequilibrio	
Armónico de Tensión según en 61000-4-30, clase A (valor medio máximo)	Hasta el orden de 50°
Bandas de frecuencia de Armónicos de corriente de 200Hz (CEI 61000-4-7)	De 2 KHz a 9kHz
Armónicos de corriente (valor medio máximo)	Hasta el orden de 50°
Bandas de frecuencia de armónicos de tensión y de corriente de 200Hz (CEI61000-4-7)	De 2 KHz a 9kHz

Ángulo de fase del armónico de tensión y de corriente	Hasta el orden de 50°
Corriente y tensión de THD;PWHD,PHC.	
Cálculo de FFT para tensiones y corrientes	CC hasta 10KHz
Señal de telemando 100HZ a 3,7kHz	
Frecuencia de 10s, valor, medio, min, Max.	
Modo en línea para una lectura directa	
Registrador del osciloscopio	20,48KHz
Triangulo de potencia 3D para potencia activa, reactiva, aparente, y potencia de distorsión.	
Armónicos de tensión y de corriente	CC hasta 10kHz
Interarmonico(U,I)	CC hasta 10kHz
Dirección y ángulo de la fase de los armónicos	
FUNCIONES DE DISPARO	
Disparo Manual: botón de disparo	
Disparo por nivel de RMS(U,I)	
Disparo por salto de RMS (U,I)	
Disparo por desplazamiento de fase.	
Disparo por envolventes	
Disparo automático	

Disparo por intervalos	
Opción de registrador de tensión de la señal del telemando **(opción R1)**	100Hz a 3,7 KHz

ANEXO III. PARÁMETROS APLICADOS PARA REALIZAR LAS MEDICIONES.

Parámetros de medición	**Límites de error de acuerdo con la norma CEI 61000-4-30 para dispositivos de clase A**
Oscilación fundamental: RMS	±0,1% de U_{din} En 10%~150% U_{din}
Oscilación fundamental: FASE	±0,15° en 50%~150% U_{din} en f_{nom}±15%
2° A 50° Armónico	±5% de lo mostrado en U_m =1% ~16% de U_{din} ±0,05 U_{din} en U_m< 1% de U_{din}
2° a 49° interarmónico	±5% de lo mostrado en U_m =1% ~16% de U_{din} ±0,05 U_{din} en U_m< 1% de U_{din}
Frecuencia	±5mHz en f_{nom}± 15%(f_{nom} =50Hz/60Hz)
Flicker, P_{st}, P_{It},	5% de lo mostrado en 0,02 % ~20% de ΔU/U
Tensión residual de la caída	±0,2% de U_{din} en 10%~ 100% de U_{din}
Duración de la Caída	±20 ms en 10%~ 100% de U_{din}
Tensión Residual de la sobretensión	±0,2% U_{din} 100%~ 150% de U_{din}
Duración de la sobretensión	±20ms en 100% U_{din} 100%~ 150% de U_{din}

Duración de la interrupción	±20 ms en 1%~ 100% de U_{din}
Asimetría de la tensión	±0,15% en 1%~ 5% de lo mostrado
Tensión de telemando	±5% de lo mostrado en U_m =3% ~15% de U_{din} ±0,15 U_{din} en U_m=1% ~3% U_{din} .

ANEXOS IV. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL EQUIPO UTILIZADO.

ANEXOS V. ESTUDIO MORFOLÓGICO DE ESPECIES VEGETALES

INTRODUCCIÓN

La morfología vegetal, es una de las bases de la botánica y tiene por objetivo estudiar y documentar formas y estructuras de las plantas. Es utilizada entre otras cosas, en el auxilio a la clasificación de las plantas y en la fisiología vegetal (Martinez, 2010).

Según Pérez & Mendoza (2002) las plantas ofrecen una gran infinidad de formas particulares y el objetivo de la morfología es descubrir lo que existe de regular y general en el fondo de tal riqueza, asimismo comprender y describir esta diversidad desde varios puntos de vista. Para alcanzar este fin se pueden seguir dos caminos: 1) La morfología puede estudiarse a base de simples observaciones, sin tomar en cuenta criterios de casualidad, mediante el examen comparativo. Mediante suposiciones de muchas formas individuales, en el cual se puede encontrar el plan fundamental o el tipo de un grupo de formas. 2) Es también posible plantearse la cuestión acerca del origen de tales tipos e investigar las causas a las que se deben las concordancias topológicas.

Para la elaboración del presente informe se utiliza el primer método planteado por los autores Pérez y Mendoza, el cual se basa en un examen comparativo, se analiza la forma y estructura externa de las especies vegetales presentes en el cableado eléctrico de la ciudad de Loja. Cabe recalcar que no se realiza un análisis profundo (células) como lo requiere un estudio morfológico a fondo, puesto que, para ello, sería necesario recolectar la muestra, seguir una cadena de custodia y trasladarla a un laboratorio botánico para su posterior análisis.

Debido a que este estudio es requerido para una tesis y su tema principal no es el tipo de especies presentes en el tendido eléctrico, se considera realizar un estudio morfológico superficial, basándose en metodologías sencillas y enfocadas a un reconocimiento de especies de tipo inventario forestal.

OBJETIVO

Identificar el tipo de especies vegetales presentes en la red aérea de baja tensión de la ciudad de Loja.

METODOLOGIA

El presente estudio se realizó siguiendo una metodología sencilla, basada en dos fases: fase de campo y fase de laboratorio.

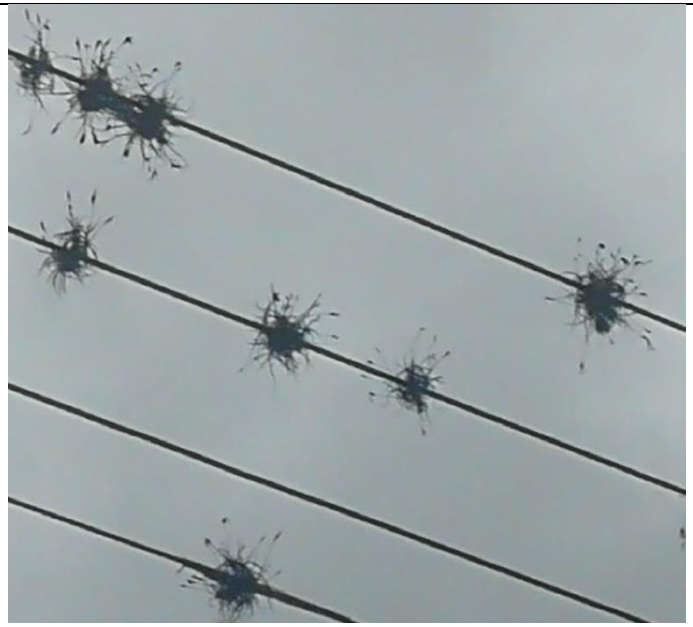
En la fase de campo se visitó lugares en los cuales se observa vegetación en las redes aéreas de baja tensión, sin embargo, debido a la ubicación de las mismas y normas de seguridad no se pudo tomar muestras de la vegetación en estos sectores, por lo cual se realizó identificación *in situ* y se procedió a fotografiar las especies, las mismas que en la fase laboratorio fueron comparadas con especies que según varias fuentes bibliográficas predominan en los cableados eléctricos.

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se realizó recorrido por varios sectores de la ciudad de Loja y se procedió a realizar reconocimiento *in situ* de las especies.

KALUD

Cuadro Comparativo de Imágenes		
Imagen tomada en la ciudad de Loja	**Imagen de fuente bibliográfica**	**Datos**
		Nombre científico: *Tillandsia usneoides* **Nombre común:** Musgo Español o Barba de Viejo **Especie:** *T. usneoides*; (L.) L. **Clasificación superior:** Claveles del aire **Familia:** Bromeliaceae **Reino:** Plantae **Orden:** Poales

		Nombre científico: *Tillandsia straminea* **Clase:** Liliopsida **Subclase:** Commelinidae **Orden:** Poales **Familia:** Bromeliaceae
		**Nombre científico:** *Tillandsia recurvata* **Nombre común:** Heno de Bola **Clasificación superior:** Claveles del aire **Especie:** *T. recurvata* **Familia:** Bromeliaceae **División:** Magnoliophyta

RESULTADO

Se identificaron 3 especies vegetales presentes en el tendido eléctrico de baja tensión de la ciudad de Loja: *Tillandsia recurvata, Tillandsia straminea* y *Tillandsia usneoides*.

Las especies identificadas pertenecen a la familia de Bromelias, son originarias de América latina, son plantas de hábitos terrestres, herbáceas, litófitas, que crecen sobre piedras o bien son epífitas que se desarrollan sobre árboles, cactus, etc. Presentan características morfológicas casi únicas de la familia, como carecimiento de tallo, además del desarrollo de una estructura tipo “tanque", formada por el solapamiento de las bases de las hojas, donde se acumulan agua de lluvia y materia orgánica.

La especie predominante en el cableado eléctrico de baja tensión de la ciudad de Loja es la *Tillandsia usneoides*, la cual puede ser observada con gran facilidad en varios sitios de la ciudad.

BIBLIOGRAFÍA

Martinez, L. (2010). Obtenido de https://es.calameo.com/books/001283276fe9ce1da1762

Pérez, B., & Mendoza, A. (2002). Morfología vegetal neotropical. *Biología Tropical, 50*(3-4).

ESTE INFORME FUE REALIZADO BAJO LA SUPERVISIÓN DE:

Julissa Piedad Salas Solano

Ingeniera en Conservación y Manejo del Medio Ambiente

Registro Senescyt: 1008-2019-2116909